

Leguminosas forrageiras na recuperação de pastagens no Brasil

Forage legumes in pasture recovery in Brazil

Ana Beatriz C. Terra*, Ligiane A. Florentino, Adauton V. de Rezende e Nhayandra C. D. e Silva

*Departamento de Ciências Agrárias, Universidade José do Rosário Vellano, Alfenas, Brasil
(*E-mail: anabeatriz.terra@hotmail.com)*

<https://doi.org/10.19084/rca.16016>
Recebido/received: 2018.12.11
Aceite/accepted: 2019.02.24

RESUMO

Práticas agropecuárias intensivas vêm ocasionando alterações nas características e qualidade do solo, surgindo a necessidade de adoção de técnicas de manejo sustentáveis. O Brasil é o maior exportador de carne bovina do mundo, porém devido às práticas de manejo inadequadas, cerca de 50% das pastagens encontram-se degradadas. As leguminosas forrageiras têm ganhado destaque como alternativa sustentável para alimentação animal, não só por apresentar elevado valor nutritivo, como pela capacidade em estabelecer relações simbióticas e associativas com bactérias fixadoras de nitrogénio e promotoras de crescimento vegetal, as quais conseguem suprir total ou parcialmente o nitrogénio utilizado pelas culturas. O objetivo desse trabalho foi apresentar técnicas de recuperação de pastagens degradadas envolvendo o uso de leguminosas forrageiras e a associação com bactérias fixadoras de nitrogénio com o intuito de aumentar a produtividade das pastagens, tornando o sistema sustentável.

Palavras-chave: Fixação biológica de nitrogénio, pastagem no Brasil, sustentabilidade.

ABSTRACT

Intensive farming practices have been causing alterations in the characteristics and quality of the soil, arising the need to adopt sustainable management techniques. Brazil is the largest exporter of beef in the world, but due to inadequate management practices, around 50% of these areas are degraded. Forage legumes have gained prominence as a sustainable alternative for animal feeding, not only because they present high nutritional value, but also because of their ability to establish symbiotic and associative relationships with nitrogen – fixing bacteria and plant growth promoters, which can partially or totally supply nitrogen demanded by the crops. The objective of this work was to present techniques to recover degraded pastures involving the use of forage legumes and the association with nitrogen – fixing bacteria in order to increase pasture productivity, making the system sustainable.

Keywords: Biological fixation of nitrogen, Brazilian pasture, sustainability

INTRODUÇÃO

O solo pode ser considerado um dos mais complexos sistemas biológicos do planeta, sendo fundamental para o funcionamento do ecossistema terrestre. Práticas agropecuárias intensivas têm ocasionado alterações nas características e na qualidade do solo, surgindo a necessidade de adoção de técnicas de manejo sustentáveis.

Segundo dados da FAO (2015), 33% dos solos do mundo encontram-se em processo de degradação. A perda da produtividade e fertilidade do solo prejudica a produção de alimentos, que deverá suprir uma demanda 60% maior até 2030 (FAO, 2015). No Brasil, estima-se que 50% das áreas de pastagens estejam degradadas (Macedo *et al.*, 2014), tornando-se incapazes de sustentar as exigências para a produtividade animal (Vilela *et al.*, 2017). O microbioma do solo é responsável por diversos mecanismos que contribuem para a recuperação de áreas degradadas e melhorias nas características físico-químicas do solo.

Dentre os grupos que se destacam no microbioma do solo, encontram-se as bactérias diazotróficas, responsáveis pela fixação biológica de nitrogênio (FBN), (Moreira e Siqueira, 2006), reduzindo, ou até mesmo eliminando, a necessidade de utilização de fertilizantes nitrogenados, os quais contribuem para o processo de contaminação de cursos de água.

Estudos relacionados com a diversidade dessas bactérias para leguminosas forrageiras são incipientes, sendo assim, o conhecimento sobre as estirpes mais adaptadas aos diferentes tipos de solo e os seus mecanismos de atuação são essenciais para garantir o aumento da produtividade da área.

Nesse sentido, técnicas de co inoculação, com bactérias diazotróficas simbióticas e associativas, vêm sendo trabalhadas com o intuito de produzir um efeito sinérgico e podem ser consideradas componentes-chaves para programas de recuperação de pastagens degradadas ao proporcionar um maior acúmulo de nitrogênio na biomassa (Hungria *et al.*, 2016).

No Brasil ocorre um período de escassez na produção das pastagens, dessa forma o consórcio de gramíneas/leguminosas tem se apresentado como alternativa para esse período, uma vez que

as leguminosas podem apresentar elevado valor nutritivo. Devido à grande importância das leguminosas para a alimentação animal, torna-se fundamental o estudo das bactérias fixadoras de nitrogênio consorciadas a estas e o seu papel para o aumento da produtividade agrícola.

O objetivo desse trabalho foi apresentar técnicas de recuperação de pastagens degradadas envolvendo o uso de leguminosas forrageiras e a sua associação com bactérias fixadoras de nitrogênio com o intuito de aumentar a produtividade das pastagens, tornando o sistema de manejo mais sustentável.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Produção animal no Brasil

O setor agropecuário brasileiro tem evoluído ao longo das últimas décadas. Dados do IBGE (2017) mostram que esse setor ocupa uma área de cerca de 350 milhões de hectares, dos quais aproximadamente 172 milhões de hectares são destinados a pastagens (IBGE, 2006), estimando-se que 50% dessas áreas encontram-se em algum estado de degradação (Macedo *et al.*, 2014).

O Brasil está entre os maiores exportadores de carne bovina do mundo (Dias-Filho, 2014). Em 2016, o produto interno bruto (PIB) do agronegócio no Brasil chegou a R\$1,26 trilhão, representando 21% do PIB total brasileiro, sendo a pecuária responsável por 30% desse valor (ABIEC, 2016). O Brasil foi, em 2016, o quarto maior produtor de leite do mundo, produzindo cerca de 34,23 milhões de toneladas de leite (IFCN, 2018).

Dados apresentados no relatório da ABIEC (2016) mostram que de 1990 a 2015 houve uma redução na área de pastagens de cerca de 20 milhões de hectares. No entanto, a produtividade aumentou 4 vezes, indicando que com a modernização e um manejo mais adequado houve um aumento na produtividade por hectare ao ano.

Pecuária extensiva

No Brasil, a atividade mais utilizada para ocupação de área de fronteira agrícola é a criação de bovinos a pasto, devido ao baixo custo e maior eficiência

para assegurar a posse de grandes extensões de terra (Dias-Filho, 2011a). A pecuária extensiva é responsável por cerca de 93% do rebanho bovino, tendo nas pastagens sua principal fonte alimentar.

Quando produzida de forma extensiva, a produtividade da pecuária é reduzida, devido à ausência de preparação/mobilização do solo (Dias-Filho, 2011a), fazendo com que o aumento ou a manutenção da produção só seja atingida por meio da expansão de novas áreas de cultivo, ocasionando grandes prejuízos econômicos e ambientais (Dias-Filho, 2007).

Nos últimos anos, a pecuária extensiva no Brasil tem sofrido diversas transformações, principalmente devido às crescentes pressões pela redução do desmatamento e maior disponibilidade de tecnologia para o aumentar a produtividade das pastagens (Dias-Filho, 2011a).

O atual cenário da agropecuária no Brasil indica uma maior consciencialização de governantes e da sociedade com as questões ambientais. Nesse sentido, o grande desafio para a produção animal a pasto será o aumento da eficiência por meio do uso de tecnologias mais intensivas de manejo da pastagem (Dias-Filho, 2010).

Degradação de pastagens

Degradação de pastagens é um processo evolutivo de perda de vigor e produtividade forrageira, onde não há possibilidade de recuperação natural, afetando a produção e o desempenho animal e culminando na degradação do solo e dos recursos naturais em função de manejos inadequados (Macedo et al., 2000).

No Brasil, a degradação das pastagens tem sido um grande problema para a pecuária, afetando diretamente a sustentabilidade do sistema produtivo (Peron e Evangelhista, 2004). Estima-se que 80% das pastagens cultivadas no Brasil Central, responsáveis por mais de 55% da produção de carne nacional, estão em algum estado de degradação (Peron e Evangelhista, 2004).

Pode-se classificar as causas de degradação em: práticas inadequadas de pastoreio, como o uso de taxas de lotação ou períodos de descanso que desconsideram o ritmo de crescimento do pasto e práticas inadequadas de manejo da pastagem, não havendo reposição adequada de nutrientes, além do uso de fogo. Fatores bióticos (ataques de insetos e patógenos) e abióticos (excesso ou ausência de chuvas, baixa fertilidade e drenagem deficiente do solo) podem contribuir para o processo de degradação (Dias-Filho, 2011a).

Não existe uma metodologia uniforme para caracterizar os indicadores de degradação das pastagens. De acordo com Dias-Filho (2014) a caracterização dos indicadores de degradação deve ser relativo à produtividade ideal da área. O Quadro 1 estabelece uma classificação de degradação de pastagens em quatro níveis.

Exemplo de lotação elevada e determinante na degradação das pastagens foi observado por Euclides (2001), nas pastagens de capim-colônião e capim-tanzânia, na ausência de adubação de manutenção na qual houve queda na capacidade de lotação e no ganho animal. A redução de ganho animal por área foi de 26% e 18%, respectivamente, no 4º ano em relação aos três anos iniciais.

Quadro 1 - Estádios de degradação (ED) de pastagens segundo parâmetros limitantes, queda temporal na capacidade de suporte (QCS) e nível de degradação (Nível)

ED	Parâmetros Limitantes	QCS (%)	Nível
1	Vigor e solo descoberto	Até 20	Leve
2	Estádio 1 agravado + plantas invasoras	21 - 50	Moderado
3	Estádio 2 agravado (degradação agrícola)	51 - 80	Forte
4	Solo descoberto + erosão (degradação biológica)	> 80	Muito forte

Dias-Filho (2011b).

Identificar as causas e entender os processos de degradação é fundamental para o sucesso do programa de recuperação ou da manutenção da produtividade de pastagens ainda produtivas (Dias-Filho, 2011a).

Práticas de recuperação de pastagens

A recuperação de pastagens degradadas é uma das alternativas tecnológicas que compõem os compromissos voluntários assumidos pelo Brasil na COP-15 e que preveem a redução das emissões de gases do efeito estufa da ordem de 1 bilhão de toneladas de CO₂ equivalente até 2020. A recuperação dessas áreas também está prevista pelo plano ABC (Agricultura de baixa emissão de carbono), instituído pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA).

Segundo Macedo *et al.* (2000), a degradação pode ser evitada com o uso de tecnologias que mantenham a produção no patamar desejado. Ainda segundo esses autores, a recuperação ou renovação pode ser realizada de forma direta ou indireta.

Os métodos diretos são utilizados quando as pastagens estão em grau inicial de degradação e as técnicas consistem na utilização de práticas mecânicas e químicas sobre a área (Carvalho *et al.*, 2017). As técnicas indiretas podem ser utilizadas em pastagens com graus elevados de degradação, e consistem em consociar a pastagem com outras culturas de modo a viabilizar economicamente a sua recuperação (Aguirre *et al.*, 2014). E por fim, temos os sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (silvipastoril), que são utilizados também sobre pastagens muito degradadas (Naranjo *et al.*, 2012).

Santini *et al.* (2015) avaliaram o efeito de diferentes técnicas de manejo sobre a recuperação de pastagens degradadas, verificando que a associação de calagem com as diferentes adubações não influenciou a composição química da pastagem, no entanto, proporcionaram maior produção de matéria seca. Já Santos *et al.* (2016), realizaram estudos com a associação de diferentes gramíneas com técnicas de recuperação direta, avaliando a recuperação de pastagem de *Brachiaria decumbens* e observaram que a associação de estilosantes (*Stylosanthes*

spp. cv. Campo Grande) com aração e gradagem promoveu a recuperação mais rápida da pastagem do que quando utilizado adubação fosfatada.

A recuperação indireta de pastagens degradadas pode ser compreendida como aquela efetuada por meio de práticas mecânicas, químicas e culturais (Macedo, 2005). A utilização de leguminosas para recuperar áreas degradadas apresenta várias vantagens, destacando-se a capacidade de associação com bactérias fixadoras de nitrogênio, reduzindo, ou até mesmo eliminando a necessidade de utilização de fertilizantes químicos nitrogenados (Azevedo *et al.*, 2007). O nitrogênio fixado pela leguminosa dá suporte à produtividade de forragem e amplia a vida útil da pastagem (Barcellos *et al.*, 2008).

As estratégias de recuperação de pastagens degradadas devem ser planejadas com base no conhecimento das principais causas de degradação (Dias-Filho, 2011a). Segundo esse autor, as estratégias podem ser classificadas em três linhas principais: renovação da pastagem, implantação de sistemas agrícolas e agroflorestais e pousio da pastagem.

Fixação biológica de nitrogênio

O nitrogênio (N₂) é um dos nutrientes que mais limitam o crescimento das plantas e a fixação biológica de nitrogênio (FBN) é a principal via de inclusão do N atmosférico no sistema solo-planta (Peoples e Craswell, 1992), sendo considerada o segundo processo biológico mais importante do planeta, depois da fotossíntese (Moreira e Siqueira, 2006). A FBN é realizada por meio de um complexo enzimático denominado nitrogenase, presente em alguns microrganismos conhecidos como diazotróficos (Moreira e Siqueira, 2006).

Na interação simbiótica com leguminosas, a bactéria é denominada de rizóbio, formando nódulos radiculares na planta hospedeira. As bactérias diazotróficas associativas contribuem para o crescimento vegetal não só pelo fornecimento de nitrogênio, mas também por mecanismos como produção de fito-hormonas, solubilização de fosfatos, antagonismo a fitopatógeno, entre outros (Moreira *et al.*, 2010).

O processo de FBN pode ser afetado por fatores ambientais como: acidez do solo, salinidade, deficiência/excesso de minerais e quantidade de N inorgânico no solo (Barcellos *et al.*, 2008). As leguminosas se destacam por formarem associações simbióticas com bactérias fixadoras de N₂, resultando no aporte de quantidades expressivas deste nutriente ao sistema solo-planta.

A simbiose das leguminosas com bactérias do solo já é bem caracterizada e pode ser maximizada através da inoculação com estirpes mais eficientes (Alves *et al.*, 2000). O uso de inoculantes específicos auxilia na redução de custos com a produção, tornando menor o consumo de fertilizantes químicos (Fernandes e Rodrigues, 2012). O Quadro 2 indica exemplos de leguminosas nodulíferas com suas respectivas taxas de FBN (Simioni *et al.*, 2014).

Quadro 2 - Leguminosas nodulíferas com suas respectivas taxas de fixação biológica de nitrogênio

Leguminosas	Kg/ha/ano
Alfafa (<i>Medicago sativa</i>)	123-333
Caupi (<i>Vigna unguiculata</i>)	73-240
Crotalária (<i>Crotalaria juncea</i>)	197-249
Estilosantes (<i>Stylosanthes</i> sp.)	20-263
Guandu (<i>Cajanus cajan</i>)	7-235
Leucena (<i>Leucaena leucocephala</i>)	400-900
Soja (<i>Glycine max</i>)	17-450

Adaptada: Simioni *et al.*, 2014.

Alves *et al.* (2000), avaliaram a rotação soja/trigo/soja/tremoço/milho/aveia, e os resultados indicaram que a contribuição do N derivado da FBN para o tremoço poderia compensar as perdas do nutriente provocadas pelas demais culturas. Foi apresentado que a cultura do tremoço chegou a acumular uma média de 230 kg/ha de nitrogênio, dos quais metade foi transferida pelo sistema, após decomposição.

Correa *et al.* (2014), avaliando os sistemas de monocultura do milho e a consorciação do milho com a crotalária, observaram que, quando consorciado, houve uma maior acumulação de N no sistema, sendo que cerca de 54% (78kg/ha) do nitrogênio foi obtido por meio da FBN.

Leguminosas forrageiras na alimentação animal

As leguminosas por apresentarem um melhor valor nutricional e capacidade de fixação simbiótica de nitrogênio tornam-se uma alternativa eficiente para aumentar a qualidade e a quantidade de forragem para os animais (Macedo *et al.*, 2014), despertando o interesse de produtores que visam o avanço tecnológico, a necessidade de redução de custos de produção e, principalmente, a busca de fontes mais eficientes de uso do nitrogênio para recuperação de pastagens degradadas.

As leguminosas forrageiras podem contribuir significativamente para reduzir o efeito estufa, pois reduz a necessidade de fertilizantes nitrogenados, resultando em uma menor emissão de N₂O, além de reduzir as emissões de metano por ruminantes devido ao melhor desempenho animal (Macedo *et al.*, 2014).

Para a produção animal, além do maior teor de proteína bruta, em geral, as leguminosas apresentam menor proporção de parede celular, e a digestibilidade da matéria seca é semelhante ou maior que a registrada nas gramíneas tropicais, para um mesmo estágio de desenvolvimento e condição de cultivo (Barcellos *et al.*, 2008).

Em estudo realizado por Valle *et al.* (2001) foi verificado que pastagens recuperadas com leguminosa permitiram que os animais ganhassem aproximadamente três arrobas a mais por ano que os animais nos pastos recuperados sem o uso da leguminosa.

A contribuição direta das leguminosas para a produção animal decorre da mudança no perfil quantitativo e qualitativo da dieta, com o efeito mais marcante sobre o desempenho animal (produção/animal/dia), a qual apresenta uma relação inversa com a taxa de lotação (animais/áreas) e direta com a oferta de forragem (kg de forragem/animal/dia) (Barcellos *et al.*, 2008).

Dentre as cultivares ou gêneros botânicos com maior quantidade de informações na literatura, destacam-se os estilosantes (*Stylosanthes* spp.), o amendoim forrageiro (*Arachis pintoi*) e a leucena (*Leucaena* spp.), por serem os mais cultivados e/

ou mais promissores (Barcellos *et al.*, 2008). A adoção de leguminosas na formação de pastagens, em consórcio ou exclusivas, é orientada pela escolha da cultivar mais adequada às condições ambientais, à natureza da exploração, à capacidade de intervenção e à disponibilidade de recursos, dentre outros.

Consortiação de gramíneas e leguminosas forrageiras

Tem sido crescente o reconhecimento de que a produção bovina em pastos consorciados (leguminosas + gramíneas) é mais sustentável para o sistema (Luscher *et al.*, 2014). A introdução de leguminosas visa a solução de problemas como a baixa disponibilidade de nitrogênio nos solos tropicais sob gramíneas (Andrade *et al.*, 2015) e os baixos teores de proteínas na dieta dos animais (Shelton *et al.*, 2005).

Segundo Cadish *et al.* (1994), em regiões tropicais, a proporção ideal de leguminosas em áreas consorciadas situa-se na faixa de 20 a 45%, potencializando os efeitos benéficos da inclusão dessas espécies em termos de FBN, nutrição animal e diversidade da pastagem (Andrade *et al.*, 2015).

A interação entre as plantas pode gerar reflexos positivos (complementaridade) e negativos (competição) (Townsend *et al.*, 2006). No caso das pastagens consorciadas, a complementaridade decorre da capacidade da leguminosa em aceder a recursos poucos disponíveis para as gramíneas, da transferência de nitrogênio fixado pela leguminosa e do intervalo entre o processo de FBN e a sua disponibilidade para o sistema solo-planta (Fornara e Tilman, 2008). Sendo que, quanto maior a compatibilidade do consórcio, mais eficientes as espécies serão em assegurar a produtividade e estabilidade das pastagens.

Barcellos *et al.* (2008) relatam que no ecossistema de Mata Atlântica, a consortiação da humidícola (*Brachiaria humidicola*) com o amendoim forrageiro (*Arachis pintoi* cv. Belmonte) ou desmódio (*Desmodium ovalifolium* cv. Itabela) tem apresentado grande estabilidade. Paciullo *et al.* (2003), avaliando as características produtivas e qualitativas de

pastagem em monocultivo e consorciada com *S. guianensis* cv. Mineirão, observaram que a leguminosa contribuiu no aumento da quantidade e na melhoria da qualidade da forragem disponível na pastagem.

Apesar da grande contribuição para a produção a pasto, o uso de leguminosas forrageiras em pastagens no Brasil ainda é muito limitado. Segundo Barcellos *et al.* (2008), essa limitação pode ocorrer por fatores como: portfólio de cultivares pequeno, custo elevado, a persistência sob pastejo é limitada, o estabelecimento é lento ou, principalmente, porque o real papel que elas podem desempenhar nos sistemas de produção é desconhecido.

Diversidade de rizóbios em leguminosas

A biodiversidade do solo é responsável pela capacidade de recuperação do ecossistema. Compreender a diversidade do microbioma do solo pode auxiliar o desenvolvimento de estratégias que visem aumentar a sustentabilidade dos agrossistemas (Odum, 1988).

A caracterização fenotípica rizobial contribui para o conhecimento da sua diversidade e utilização posterior em sistemas agrícolas (Freitas Chagas Junior *et al.*, 2010), favorecendo o manejo e conservação das pastagens (Florentino *et al.*, 2014). Os gêneros mais estudados são: *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Sinorhizobium/Ensifer*, *Azorhizobium*, *Mesorhizobium* e *Allorhizobium*. Shamseldin *et al.* (2017), classificam os rizóbios já descritos e capazes de nodular com leguminosas em duas classes distintas: α -proteobacteria e β -proteobacteria

Os gêneros *Rhizobium*, *Allorhizobium*, *Sinorhizobium/Ensifer* e *Azorhizobium* podem ser, de modo geral, considerados como rizóbios de crescimento rápido, o gênero *Mesorhizobium*, como de crescimento intermediário, e o gênero *Bradyrhizobium*, como de crescimento lento a muito lento (Straliotto, 2006).

O Quadro 3 indica as cepas autorizadas (SEMIA) para a produção de inoculantes no Brasil para leguminosas forrageiras.

Quadro 3 - Cepas autorizadas (SEMIA) para produção de inoculantes para leguminosas forrageiras no Brasil de acordo com a Instrução Normativa DAS nº 13 de 24 de março de 2011

LEGUMINOSA	NOME COMUM	SEMIA	GÊNERO/ESPÉCIE
<i>Medicago sativa</i>	Alfafa	116; 134; 135	<i>Sinorhizobium melioli</i>
<i>Cajanus cajan</i>	Feijão-Guandu	6156	<i>Bradyrhizobium</i> sp.
<i>Vigna unguiculata</i>	Feijão caupi	6461; 6462; 6463; 6464	<i>Bradyrhizobium</i> sp.
<i>Crotalaria spectabilis</i>	Crotalária	6156	<i>Bradyrhizobium</i> sp.
		6158	<i>Bradyrhizobium elkanii</i>
<i>Lupinus</i> sp.	Tremoço	928	<i>Bradyrhizobium</i> sp.
		938	<i>Bradyrhizobium elkanii</i>
<i>Arachis pintoi</i>	Amendoim Forrageiro	6439	<i>Bradyrhizobium japonicum</i>
		6440	<i>Bradyrhizobium</i> sp.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pecuária exerce um papel importante para a economia brasileira, fazendo-se necessário que a intensificação na produção em regime de pastagem seja baseada pelo uso eficiente dos recursos ambientais e financeiros, de forma a tornar a prática cada vez mais sustentável. O uso de leguminosas forrageiras sustenta essas premissas que levam sustentabilidade à produção pecuária, auxiliando no processo de recuperação das áreas degradadas, devido à capacidade dessas espécies em se associarem às bactérias fixadoras de nitrogênio, estimulando o desenvolvimento das gramíneas, bem como elevando o teor proteico na dieta animal.

A associação entre leguminosas e as bactérias diazotróficas ainda contribuem para redução de emissão de gases causadores do efeito estufa e da

utilização de fertilizantes químicos nitrogenados. Conhecer a diversidade dos rizóbios e a relação com as leguminosas é fundamental para que se tenha uma maior eficiência na produção, devendo-se considerar também a interação entre as leguminosas e gramíneas e seus níveis de complementaridade e competição, para que o sistema consiga manter a capacidade produtiva e a qualidade das pastagens.

As pastagens consorciadas já estão sendo adotadas em diversas regiões do país e a tendência do mercado é que a técnica alcance maior grau de importância pelos benefícios que vem sendo apresentados em diversos estudos. No entanto, ainda há necessidade de se intensificar pesquisas com a utilização de culturas mistas de forma a deixar o produtor seguro das vantagens que o sistema fornece para o desempenho animal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABIEC (2016) – *Perfil da Pecuária no Brasil. Relatório anual 2016*. Associação Brasileira da Indústria Exportadoras de Carne. Aguirre, P.F.; Olivo, C.J.; Simonetti, G.D.; Nunes, J.S.; Silva, J.O.; Santos, M.S. & Anjos, A.N.A. (2014) – Produtividade de pastagens de Coastcross-1 em consórcio com diferentes leguminosas de ciclo hibernal. *Ciência Rural*, vol. 44, n. 12, p. 2265-2272. <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20140156>
- Alves, B.J.R.; Zotarelli, L.; Lara-cabezas, W.A.R.; Torres, E.; Hungria, M.; Urquiaga, S. & Boddey, R.M. (2000) – Benefit of legume fixed N in crop rotations under zero tillage. In: Pedrosa, F. et al. (Eds.) – *Nitrogen Fixation: From molecules to Crop Productivity*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, p. 533-534.
- Andrade, C.M.S.; Assis, G.M.L.; Ferreira, A.S. (2015) – Eficiência de longo prazo da consorciação entre gramíneas e leguminosas em pastagens tropicais. In: *Congresso Brasileiro de Zootecnia*, Fortaleza, 31 p.
- Azevedo, R.L.; Ribeiro, G.T. & Azevedo, C.L.L. (2007) – Feijão Guandu: uma planta multiuso. *Revista da Fapese*, vol. 3, n. 2, p. 81-86.

- Barcellos, A.O.; Ramos, A.K.B.; Vilela, L. & Martha Junior, G.B. (2008) – Sustentabilidade da produção animal baseada em pastagens consorciadas e no emprego de leguminosas exclusivas, na forma de banco de proteína, nos trópicos brasileiros. *Revista Brasileira de Zootecnia*, vol. 37, n. spe., p.51-67. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982008001300008>
- Cadisch, G.; Schunke, R.M. & Giller, K.E. (1994) – Nitrogen cycling in a pure grass pasture and a grass-legume mixture on a red latosol in Brazil. *Tropical Grasslands*, vol. 28, n. 1, p. 43-52.
- Corrêa, A.L.; Abboud, A.C.S.; Guerra, J.G.M.; Aguiar, L.A. & Ribeiro, R.L.D. (2014) – Adubação verde com crotalária consorciada ao minimilho antecedendo a couve-folha sob manejo orgânico. *Revista Ceres*, vol. 61, n. 6, p. 956-963. <http://dx.doi.org/10.1590/0034-737X201461060010>
- Dias-Filho, M.B. (2007) – *Degradação de pastagens: processos, causas e estratégias de recuperação*. 3. ed. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 190 p.
- Dias-Filho, M.B. (2010) – Produção de bovinos a pasto na fronteira agrícola. In: Rodrigues, K.F.; Ferreira, W.M. & Macedo Jr., G.L. (Orgs.) – *Zootec 2010 – XX Congresso Brasileiro de Zootecnia, 2010*, Palmas. Anais... Palmas: Editora. p.131-145.
- Dias-Filho, M.B. (2011a) – Os desafios da produção animal em pastagens na fronteira agrícola brasileira. *Revista Brasileira de Zootecnia*, vol.40, p. 243-252.
- Dias-Filho, M.B. (2011b) – *Degradação de pastagens: processos, causas e estratégias de recuperação*. 4.ed. Rev. atual. e ampl. Belém: Ed. do Autor. 216p.
- Dias-Filho, M.B. (2014) – *Diagnóstico das pastagens no Brasil*. Embrapa, Amazônia Oriental. Belém, PA.
- Euclides, V.P.B. (2001) – Manejo de pastagens para bovinos de corte. In: *Curso de pastagens, 2001*. Palestras apresentadas. Campo Grande. Embrapa Gado de Corte, 21 p.
- FAO (2015) – *Status of the world's soil resources (SWSR) – main report*. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).
- Fernandes, J.R.C. & Rodrigues, P. (2012) – Importância da inoculação com bactérias *rhizobium* e *bradyrhizobium* na produção de leguminosas e o uso do azoto. *Agrotec*, n.3.
- Florentino, L.A.; Rezende, A.V.; Mesquita, A.C.; Lima, A.R.S.; Marques, D.J. & Miranda, J.M. (2014) – Diversidade e potencial de utilização dos rizóbios isolados de nódulos de *Gliricidia sepium*. *Revista de Ciências Agrárias*, vol. 37, n. 3, p. 320-338. <https://doi.org/10.19084/rca.16831>
- Fornara, D.A. & Tilman, D. (2008) – Plant functional composition influences rates of soil carbon and nitrogen accumulation. *Journal of Ecology*, vol. 96, n. 2, p. 314-322. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2007.01345.x>
- Freitas Chagas Junior, A.; De Oliveira, L. A. & Nascimento de Oliveira, A. (2010) – Caracterização fenotípica de rizóbio nativos isolados de solos da Amazônia e eficiência simbiótica em feijão caupi. *Acta Scientiarum. Agronomy*, vol. 32, n. 1, p. 161-169. <http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v32i1.90010.4025/actasciagron.v32i1.900>
- Hungria, M.; Nogueira, M.A. & Araujo, R.S. (2016) – Inoculation of *Brachiaria* spp. with the plant growth-promoting bacterium *Azospirillum brasilense*: An environment-friendly component in the reclamation of degraded pastures in the tropics. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, vol. 221, p. 125-131. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.01.024>
- IBGE (2006) – *Censo agropecuário – Pesquisa pecuária municipal*. IBGE.
- IBGE (2017) – *Censo agropecuário – Pesquisa pecuária municipal*. IBGE.
- IFCN (2018) – *IFCN Dairy Report 2018*. IFCN Dairy Research Network, 224p.
- Luscher, A.; Mueller-Harvey, I.; Soussana, J.F.; Rees, R.M. & Peyrand, J.L. (2014) – Potencial of legume-based grassland-livestock systems in Europe: a review. *Grass and Forage Science*, vol. 69, n. 2, p. 206-228. <https://doi.org/10.1111/gfs.12124>
- Macedo, M.C.M. (2005) – Degradação de pastagens: conceitos, alternativas e métodos de recuperação. *Informe Agropecuário*, vol. 26, p. 36-42.
- Macedo, M.C.M.; Zimmer, A.H.; Kichel, A.N.; Almeida, R.G. de & Araujo, A.R. de (2014) – Degradação de pastagens, alternativas de recuperação e renovação, e formas de mitigação. In: *Anais de Congresso*, Ribeirão Preto, SP, Embrapa Gado de Corte. p. 158–181.
- Macedo, M.C.M.; Kicher, A.N. & Zimmer, A.H. (2000) – Degradação e alternativas de recuperação e renovação de pastagens. *Embrapa Gado de Corte*, n. 62, p. 1-4.

- Moreira, F.M.S.; Silva, K.; Nóbrega, R.S.A. & Carvalho, F. (2010) – Bactérias diazotróficas associativas: diversidade, ecologia e potencial de aplicações. *Comunicata Scientiae*, vol. 1, n. 2, p. 74-99.
- Moreira, F.M.S. & Siqueira, J.O. (2006) – *Microbiologia e bioquímica do solo*. 2ª edição, Lavras, editora UFLA, 729 p.
- Naranjo, J.F.; Cuartas, C.A.; Murgueitio, E.; Chará, J. & Barahona, R. (2012) – Balance de gases de efeito estufa em sistemas silvopastoriles intensivos con *Leucaena leucocephala* en Colombia. *Livestock Research for Rural Development*, vol. 24, p. 15.
- Odum, E.P. (1988) – *Fundamentos de ecologia*. 4.ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian. 927 p.
- Paciullo, D.S.C.; Aroeira, L.J.M.; Alvim, M.J. & Carvalho, M.M. (2003) – Características produtivas e qualitativas de pastagem de braquiária em monocultivo e consorciada com estilosantes. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, vol. 38, n. 3, p. 421-426. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2003000300012>
- Peoples, M.B. & Craswell, E.T. (1992) – Biological nitrogen fixation: investments, expectations and actual contributions to agriculture. *Plant and Soil*, vol. 141, n. 1-2, p. 13-40. <https://doi.org/10.1007/BF00011308>
- Peron, A.J. & Evangelista, A.R. (2004) – Degradação de pastagens em regiões de cerrado. *Ciência e Agrotecnologia*, vol. 28, n. 3, p. 655-661. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542004000300023>
- Santini, J.M.K.; Buzetti, S.; Galino, F.S.; Dupas, E. & Coaguila, D.N. (2015) – Técnicas de manejo para recuperação de pastagens degradadas de capim-braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf cv. Basilisk). *Boletim de Indústria Animal*, vol. 72, n. 4, p. 331-340.
- Santos, D.C.; Júnior, R.G.; Vilela, L.; Pulrolnik, K.; Bufon, V.B. & Souza, A.F.F. (2016) – Forage dry mass accumulation and structural characteristics of Piatã grass in silvopastoral systems in the Brazilian savannah. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, vol. 233, p. 16-24. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.08.026>
- Shamseldin, A.; Abdelkhalek, A. & Sadowsky, M.J. (2017) – Recent changes to the classification of symbiotic, nitrogen-fixing, legume-associating bacteria: a review. *Symbiosis*, vol. 71, n. 2, p. 91-109. <https://doi.org/10.1007/s13199-016-0462-3>
- Shelton, H.M.; Franzel, S. & Peters, M. (2005) – Adoption of tropical legume technology around the world: analysis of success. In: McGilloway, D.A. (Org) – *Grassland: a global research*. Wageningen: IGC, p. 149-166.
- Simioni, T.A.; Gomes, F.J.; Teixeira, U.H.G.; Fernandes, G.A.; Botini, L.A.; Mousquer, C.J.; Castro, W.J.R. & Hoffmann, A. (2014) – Potencialidade da consorciação de gramíneas e leguminosas forrageiras em pastagens tropicais. *PUBVET*, vol. 8, n. 13, p. 1551-1697.
- Straliotto, R. (2006) – Diversidade do rizóbio – evolução dos estudos taxonômicos. In: Aquino, A.M. de & Assis, R.L. de (Eds.) – *Processos biológicos no sistema solo-planta: ferramentas para uma agricultura sustentável*. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Seropédica: Embrapa Agrobiologia, cap. 9. p. 221-255.
- Townsend, C.R.; Begon, M.; Harper, J.I. (2006) – *Fundamentos em ecologia*. 2ed. Porto Alegre: ArtMed, 592p.
- Valle, L.C.S.; Silva, J.M. & Schunke, R.M. (2001) – Ganho de peso de bovinos em pastagens de *Brachiaria decumbens* pura e consorciada com *Stylosanthes* spp. cv. Campo Grande. In: *Reunião Anual Da Sociedade Brasileira De Zootecnia, Piracicaba*. Anais... Piracicaba: FEALQ, p. 175-176.
- Vilela, W.T.; Minighin, D.C.; Gonçalves, L.C.; Villanova, D.F.Q.; Maurício, R.M. & Pereira, R.V.G. (2017) – Pastagens degradadas e técnicas de recuperação: Revisão. *PUBVET*, vol. 11, n. 10, p. 1036-1045.