

# USO DE LEGUMINOSAS NA DIETA DE RUMINANTES: ADAPTAÇÃO ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS E MITIGAÇÃO DA EMISSÃO DE GASES DE EFEITO ESTUFA

Paulo Henrique Mazza Rodrigues<sup>1</sup>, Patrícia Perondi Anchão Oliveira<sup>4</sup>, Alexandre Berndt<sup>4</sup>, Luciana Gerdes<sup>3</sup>, Waldssimiler Teixeira de Mattos<sup>3</sup>, Althieres Jose Furtado<sup>1</sup>, Analisa Vasques Bertoloni<sup>2</sup>, Ana Laura Januário Lelis<sup>2</sup>, Annelise Aila Gomes Lobo<sup>2</sup>, Bruna Zanini Uzan<sup>3</sup>, Flavio Perna Junior<sup>1</sup>, Gabriela Bagio Oliveira<sup>1</sup>, Gabriele Voltareli da Silva<sup>1</sup>, Rolando Pasquini Neto<sup>1</sup>, Stela Soares Zamboin<sup>3</sup>, Willian Rufino Andrade<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo (FMVZ/USP), Pirassununga – SP.

<sup>2</sup>Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo (FZEA/USP), Pirassununga – SP.

<sup>3</sup>Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios – Instituto de Zootecnia – (APTA/IZ), Nova Odessa – SP. <sup>4</sup>Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA Pecuária Sudeste, São Carlos – São Paulo

## RESUMO

Frente aos evidentes sinais de mudanças climáticas, o uso de leguminosas forrageiras na dieta de ruminantes torna-se de grande relevância para a otimização da produção animal, o uso racional dos recursos naturais e a manutenção do meio ambiente. Ao longo deste capítulo serão abordadas as características de cultura e de desempenho animal referente, principalmente, ao consórcio de gramíneas com as leguminosas macrotiloma ou feijão guandu. Observou-se que ambas as leguminosas, quando consorciadas, demonstraram serem eficientes em reduzir a emissão de metano quando levado em consideração o desempenho animal (dados preliminares), sendo, portanto, uma boa estratégia para mitigação das emissões de gases de efeito estufa.

## 1. Introdução

As atividades antrópicas são apontadas como uma das principais causas das elevadas emissões de poluentes na atmosfera e do aquecimento global. Se considerado as emissões

globais de gases de efeito estufa (GEE), o que compreende, além de emissões antrópicas, as emissões dos sistemas naturais, estima-se que apenas a fonte antrópica contribua com cerca de 47,9 a 66,6% do total de GEE emitidos a atmosfera (Yue & Gao, 2018). Contudo, analisando mais profundamente esses dados, com enfoque nas atividades antrópicas, a pecuária tem sido citada como um dos maiores contribuintes do aquecimento global, uma vez que é responsável por cerca de 14,5 a 18% dessas emissões anuais de GEE (Moran & Wall, 2011; Gerber et al. 2013), sendo a bovinocultura responsável por cerca de 64 a 78% dessas emissões (Gerber et al. 2013; Herrero et al., 2016). Uma parcela desses gases liberados na atmosfera é proveniente da fermentação entérica, que, de acordo com dados de Gerber et al. (2013) e Herrero et al. (2016), podem representar cerca de 22 a 44% do CH<sub>4</sub> antropogênico emitido anualmente.

Gases de efeito estufa são compostos prejudiciais ao meio ambiente quando liberados em taxas superior à capacidade de assimilação do ambiente. Sabe-se que a sua mitigação, em especial a do metano entérico, são palpáveis, uma vez que diversos estudos demonstram efeitos positivos quando aplicadas diferentes técnicas de manejo nutricional voltadas à melhoria de desempenho e modificação do metabolismo ruminal.

A emissão de GEE pela pecuária brasileira, em especial de metano entérico por bovinos de corte, tem como principal fonte o rebanho comercial, que são mantidos em sistemas de pastejo (Malafaia & Canella Filho, 2019), e tal fato representa uma problemática no espectro ambiental. Contudo, além de questões ambientais, limitações que vão desde aspectos climáticos a nutricionais podem restringir a eficiência do sistema de produção de bovinos a pasto, especialmente em regiões tropicais, fazendo com que o sistema seja não só pouco produtivo, mas também mais poluente por arroba ou quilo de produto gerado. De acordo com relatório apresentado por Gerber et al. (2013), quando a emissão de GEE é expressa por kg de proteína gerada, ou seja, kg de CO<sub>2</sub>-eq/kg de proteína, a bovinocultura de corte apresenta a maior intensidade de emissão comparado com outras culturas.

No Brasil, uma das preocupações relacionadas à rentabilidade dos sistemas é a melhoria de índices zootécnicos relacionados ao desempenho, principalmente em condições de pastejo durante a estação seca, período caracterizado por apresentar pastos com baixa disponibilidade de proteína e menor digestibilidade (Poppi & McLennan, 2010). A introdução de leguminosas em sistemas de pastejo pode ser uma alternativa com o intuito de amortizar a problemática de pastos com baixa qualidade nutricional ao longo das diferentes estações do ano (Greenwood, 2021). Tecnicamente, o consórcio entre gramíneas e leguminosas representa uma alternativa para a melhoria da qualidade físico-química do solo e que, por consequência, incrementa a produção vegetal. Em sistemas de produção de bovinos a pasto, o rebanho passa

a ser nutricionalmente favorecido pela combinação da produtividade proveniente do sistema consorciado, devido ao maior aporte de proteína bruta, amortizando, assim, os efeitos negativos comumente observados em sistemas de pastejo convencionais baseado em monocultura, que geralmente apresentam baixa produtividade e baixa qualidade durante o período seco (Castro Montoya & Dickhoefer, 2020). Ainda, de acordo com Mwangi et al. (2021), a integração de leguminosas em sistemas de pastejo visa a adoção e oferta de uma fonte proteica economicamente efetiva, não apenas por incrementar o aporte nutricional, mas também em seu aspecto econômico quando comparado com a inclusão de outras fontes proteicas na dieta.

O pastejo consorciado vai além de contribuir com as condições físico-químicas do solo, realizar incremento de PB no pastejo e melhorar o desempenho produtivo animal. Leguminosas podem ser utilizadas como uma ferramenta com elevado potencial para mitigação da geração de metano entérico, uma vez que essas forrageiras apresentam taninos em sua composição, os quais possuem polímeros polifenólicos com elevado potencial anti-metanogênico (Ku-vera et al., 2020). Esses componentes, quando incluídos na dieta de ruminantes, estão diretamente relacionados com a redução da metanogênese, não só por via direta, inibindo metanogênicas, mas também por suprimir a população de bactérias celulolíticas e, por consequência, sua ação sobre fibra, o que reflete diretamente na redução de precursores para a geração do metano em ambiente ruminal (Ku-vera et al., 2020). Não obstante, os taninos ainda apresentam efeitos não muito bem descritos na literatura sobre a população de protozoários ciliados (Bhatta et al., 2013). Possivelmente, esta redução está ligada à indisponibilidade da fibra, que se complexa com os componentes fenólicos, inibindo a adesão de microrganismos em sua superfície.

Considerando o amplo espectro dos benefícios que a consorciação com leguminosas pode trazer, entende-se que o alcance de alguns aspectos que tangem a sustentabilidade pode ser atingido em sistemas de produção de bovinos a pasto que fazem adoção de pastejo consorciado com leguminosas.

## **2. Vantagens e limitações das leguminosas**

### **2.1. Vantagens do uso de leguminosas na dieta de ruminantes**

As leguminosas oferecem alternativas significativas para produção animal sustentável em pastagens, pois podem contribuir em importantes desafios, como: 1) aumentar produção e qualidade da forragem; 2) substituição de insumos fertilizantes nitrogenados por fixação

simbiótica de nitrogênio (FBN); 3) mitigação de gases de efeito estufa; 4) contribuir com a adaptação às mudanças climáticas, 5) bem como aumentar o valor nutritivo e eficiência da conversão de forragem em proteína animal (Lüscher et al., 2014).

O nitrogênio 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 nitrogênio atmosférico no sistema solo-planta (Peoples e Craswell, 1992), pois é considerada o segundo processo biológico mais importante do planeta, sendo a fotossíntese o primeiro (Moreira & Siqueira, 2006).

O uso de leguminosas propicia a recuperação de áreas degradadas, maior cobertura de solo e melhor proteção, sendo um processo não poluente e sustentável. A utilização de leguminosas para recuperar áreas degradadas apresenta vários benefícios, como capacidade de FBN no solo, por meio de associações simbióticas entre leguminosas e bactérias fixadoras de nitrogênio. Isso resulta no aporte de quantidades expressivas deste nutriente ao sistema solo-planta (Terra et al., 2019), reduzindo, ou até mesmo eliminando, os custos com 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). Valle et al. (2001), avaliando pastagens recuperadas com leguminosa, observaram que os animais ganharam aproximadamente três arrobas a mais por ano que os animais nos pastos recuperados sem o uso da leguminosa.

As leguminosas forrageiras também podem contribuir significativamente para a redução das emissões de gases de efeito estufa, pois reduzem a necessidade de fertilizantes químicos nitrogenados, resultando em menor emissão de óxido nitroso, além de reduzirem as emissões de metano por ruminantes devido ao melhor desempenho animal (Macedo et al., 2014). O melhor desempenho animal, evidenciado com o uso de leguminosas, é devido ao maior teor de proteína bruta e à menor proporção de parede celular, sendo que a digestibilidade da matéria seca é semelhante ou mesmo elevada quando comparada às gramíneas tropicais, considerando um mesmo estágio de desenvolvimento ou condições de cultivo (Barcellos et al., 2008).

O consórcio de leguminosas forrageiras com gramíneas desempenha papel significativo na produção animal sustentável, de forma que as leguminosas contribuem na adaptação às mudanças climáticas, reduzindo a degradação do solo (física e química), além de melhorar a fertilidade através da fixação de nitrogênio, reduzindo a prevalência de plantas invasoras, pragas e doenças (Hassen et al., 2017).

Novilhos da raça Charolês em pastejo de capim elefante anão (*Pennisetum purpureum* Schum. cv. BRS Kurumi) com acesso a fontes de amendoim forrageiro (*Arachis pintoi* Krapov. cv. Amarillo) obtiveram acréscimos de 38% no ganho médio diário comparado aos animais que receberam apenas pastagem de capim elefante anão. Os autores também observaram menor tempo de pastejo, sem aumento da produção de metano em gramas por quilo de matéria seca ingerida (Andrade et al., 2014).

Pereira et al. (2020) observaram que a consorciação de amendoim forrageiro com capim-marandu manteve significativamente maior produção anual de bovinos de corte (789 kg.ha<sup>-1</sup>) quando comparados com a monocultura de gramíneas fertilizadas com nitrogênio (655 kg.ha<sup>-1</sup>).

Tem sido crescente o reconhecimento de que a produção de bovinos de corte em pastagens consorciadas (leguminosas + gramíneas) é mais sustentável para o sistema produtivo (Lüscher 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).

## **2.2. Limitações do uso de leguminosas em pastagens consorciadas**

Embora o uso de leguminosas em pastagens gere grande contribuição para a produção a pasto, sua utilização ainda é muito limitada no Brasil (Simioni et al., 2014). De acordo com Barcellos et al. (2008), há fatores que limitam a adoção de leguminosas em sistemas de produção a pastos, como o pequeno portfólio de cultivares, o custo elevado de implantação, a persistência sob pastejo limitada, o estabelecimento lento ou, principalmente, o fato de que o real papel que elas podem desempenhar nos sistemas de produção não é totalmente descrito. Isso corrobora com Castilho (2001), que cita o estabelecimento lento e as dificuldades de manejo como principais entraves para a adoção de leguminosas em sistemas produtivos.

O cultivo e o manejo de pastagens consorciadas de gramíneas e leguminosas podem se tornar dificultosos devido às diferenças fisiológicas acentuadas, que, tem a via de fixação de carbono (ciclos C3 e C4) com principal exemplo (Silva & Pereira, 2013). As gramíneas possuem uma eficiência fotossintética mais alta, resultando em taxa de crescimento e potencial de produção de forragem superior ao das leguminosas, sendo também mais eficientes na utilização de água e de nutrientes (Nascimento Jr. et al., 2002). Sendo assim, o estabelecimento do consórcio deve ser direcionado para favorecer as leguminosas, com redução de 30 a 40% no estabelecimento das gramíneas da área, levando em consideração as vantagens competitivas das gramíneas em relação às leguminosas (Zimmer, 1994). No

entanto, faz-se necessário escolher uma associação compatível entre as espécies a serem consorciadas para que as condições climáticas não sejam limitantes e seja possível assegurar um suprimento adequado de nutrientes, otimizando o crescimento da leguminosa forrageira, sem comprometer a produtividade da gramínea (Simioni et al., 2014). Por apresentarem menor eficiência quanto ao uso dos recursos que subsidiam o crescimento (água, luz e temperatura), as leguminosas, quando associadas ou combinadas às gramíneas em áreas de pastagens, acabam, normalmente, apresentando desvantagem competitiva durante a rebrotação em pastos consorciados, ocasionando diminuição da sua produção ao longo do tempo, fazendo com que o pasto consorciado seja dominado pela gramínea em um curto período (Silva & Pereira, 2013).

Outra vertente é que, para garantir a persistência do sistema, é essencial levar em consideração o manejo de entrada e saída dos animais com o intuito de possibilitar que tanto gramínea como leguminosa revigorem e possam crescer sem interferência do intenso pastejo. A consorciação tem como uma de suas características o fato de não suportar elevadas taxas de lotação, inviabilizando uma exploração mais intensiva no sistema e, portanto, tal parâmetro deve ser controlado, uma vez que a intensa pressão de pastejo pode comprometer a rebrota e até mesmo suprimir a leguminosa (Simioni et al., 2014). A persistência da leguminosa também é influenciada pela seletividade exercida pelo animal sobre ela (Simioni et al., 2014). Experimentos mostram que determinadas espécies não suportam taxas de lotação acima de 2 novilhos/ha, nem mesmo em sistemas rotacionados, onde a leguminosa não consegue persistir por mais de 3 anos na pastagem (Pereira, 2002).

A palatabilidade da leguminosa em pastagens consorciadas também é uma questão importante (Peres, 1988). Segundo o autor, na fase de maior crescimento das pastagens a leguminosa não deve ser mais palatável do que a gramínea, pois é nessa fase que a gramínea tem o máximo desenvolvimento, assegurando à leguminosa a capacidade de competição, sem correr o risco de serem eliminadas com o passar do tempo.

Além disso, por possuírem substâncias adstringentes em sua composição, como taninos e outros compostos secundários do metabolismo vegetal, normalmente as leguminosas são consumidas pelos animais em quantidades relativamente menores do que das gramíneas, pois essas substâncias limitam fortemente o consumo e/ou diminuem o aproveitamento do alimento por parte dos animais (Silva & Pereira, 2013). Em decorrência dos efeitos antinutricionais causados pela presença dos taninos nas leguminosas, o uso dessas plantas na dieta de ruminantes foi considerado, por muitas vezes, um fator limitante. De acordo com a

literatura, a presença de taninos na dieta, acima de 40 g/kg da MS, pode proporcionar efeitos indesejáveis sobre o metabolismo animal (Frutos et al., 2002).

Sendo assim, para Silva (2008) é preciso reconhecer que o grande desafio da pesquisa e do desenvolvimento tecnológico nessa área do conhecimento virá de progressos no entendimento e compreensão de aspectos do processo de crescimento e desenvolvimento de comunidades mistas de plantas forrageiras, sendo necessário revisar conceitos e mudar paradigmas relativos às plantas forrageiras tropicais, como gramíneas e leguminosas.

### **3. Espécies forrageiras disponíveis**

#### **3.1 Leguminosa Macrotiloma**

A leguminosa Macrotiloma pertence à família *Fabaceae* (*Leguminosae*). É uma planta herbácea, perene, trepadora volúvel, que apresenta ramos finamente pubescentes e cilíndricos, folhas trifoliadas, pecíolos medindo em média 5,2 cm e folíolos elípticos medindo em média 3,5 cm de largura e 6 cm de comprimento (Bufarah et al., 1981; Alcantara & Bufarah, 1979). De acordo com Cameron (1986) e Alcântara & Bufarah (1979), esta leguminosa apresenta rápido crescimento, boa tolerância à baixa fertilidade do solo, é moderadamente tolerante à seca e possui bom desenvolvimento em regiões com precipitação acima de 1000 mm. Entretanto, não resiste a geada rígida e alagamento.

A *Macrotyloma axillare* (E. Meyer) Verdc. (Macrotiloma) é originária do Sri Lanka, Madagascar e África Tropical. No Brasil, essa leguminosa foi introduzida em 1960, a qual foi repassada ao Instituto de Zootecnia pelo IBEC Research Institute (IRI) (Rocha, 1988; Paulino et al., 2008). Na década de 1960, de acordo com Fialho (2015), a existência de novos bancos de germoplasma de leguminosas tropicais motivou pesquisadores a obterem novos gêneros e espécies (Pereira, 2001).

Em 1994, o Instituto de Zootecnia liberou a *Macrotyloma axillare* cv. Guatá (Araujo et al., 2008). Em 1997, Veasey et al. (1999) realizaram estudos com 96 acessos de diversos gênero, dentre eles a leguminosa Macrotiloma, com objetivo de obter alta produção, boa produção de biomassa, época de florescimento precoce e tolerância a pragas e doenças. Em continuação a estas pesquisas, Colozza et al. (2002) utilizaram 25 acessos de diversos gêneros e espécies, quais foram analisados em consorciação, sob pastejo com a gramínea *Megathyrsus maximum* Jacq. cv. Aruana. Três espécies de *Macrotyloma axillare*, juntamente com espécies de *Calopogonium mucunoides*, foram encontradas maior frequência de ocorrência e velocidade de estabelecimento em consorciação. Também foi relatada maior produção de

massa seca, fixação de nitrogênio, resistência a doenças, produção de sementes e persistência em relação a outras leguminosas, apresentando-se, portanto, como uma leguminosa promissora (Veasy et al., 1999; Colozza et al. 2002; Gerdes et al., 2009).

Ao longo dos anos, o Instituto de Zootecnia vem realizando diversas pesquisas envolvendo a leguminosa Macrotiloma, em consorciação com gramínea forrageira. O estudo de Gerdes et al. (2020) avaliou quatro acessos de leguminosas com capim Aruana em pastejo com ovinos e constataram que a leguminosa Macrotiloma apresentou proporção de 43,2%, o que correspondeu a contribuição da leguminosa dentro do consórcio na massa de forragem total, ou seja, a quantidade de leguminosa dentro dos componentes botânicos (gramínea, leguminosa e material morto). A estrutura do dossel e massa de forragem de pastos de capim-marandu consorciados com a leguminosa Macrotiloma foi avaliado por Zamboin (2020) e a influência da adubação com a caracterização morfogênica e estrutural de leguminosas forrageiras submetidas à adubação nitrogenada foi avaliada por Colanigo (2020). Além disso, combinações de doses de fósforo e cálcio para a leguminosa Macrotiloma foram avaliadas por Barbosa et al. (2019). No estudo realizado por Uzan (2019), utilizando o consórcio entre leguminosa Macrotiloma e a gramínea *Uruchloa brizantha* cv. Marandu, foram avaliadas as emissões de gases *in vitro*, o valor nutritivo em diferentes frequências e severidades de desfolhação, onde foi observado que a presença da leguminosa na pastagem elevou o valor nutritivo. No entanto, houve maior emissão de metano, devido possivelmente a maior degradabilidade da pastagem consumida. Entretanto, espera-se que a alimentação de melhor qualidade possa converter em maior ganho de peso ou produção de leite, diminuindo, assim, intensidade de emissão de metano.

### **3.2 Feijão Guandú**

O *Cajanus cajan* (L.) Millspaugh da família Fabaceae, subfamília Faboideae, tribo Phaseoleae e subtribo Cajaninae (Santos, 2000), popularmente conhecido como feijão guandú, andu ou guandu, tem origem possivelmente africana, tendo sido trazido pelos navios negreiros. Esta espécie possui resistência à seca, é adaptado a altas temperaturas, mas não tolera geadas (Seiffert & Thiago, 1983). Segundo Bodgan (1977), esta leguminosa é uma planta semiperene, anual e arbustiva com altura entre dois a três metros. Apresenta adequado desenvolvimento quando em precipitação entre 500 mm e 1500 mm e temperatura entre 20 a 40°C. Sua raiz pode alcançar 3 metros de profundidade, possuindo o sistema radicular pivotante. Possui folhas de coloração verde clara com 2,5 a 9 cm e estas são trifoliadas arrançadas espiralmente. As flores possuem de 5 a 12 ráceros axilares, de coloração púrpura,

amarela ou laranja e frutos do tipo legume com sementes na coloração de branco a preto. As sementes possuem teor proteico por volta de 21% (Passos, 2012).

O feijão guandu possui grande diversidade de utilidades; é amplamente utilizado como adubação verde, motivado pela alta produção de fitomassa, elevado acúmulo de nutrientes e boa taxa de mineralização do solo (Fernandes Junior, 2009). Alguns trabalhos indicam aptidão dessa leguminosa em cultivo consorciado, como no trabalho realizado por Abbado Neres et al. (2012). Utilizando o consórcio entre os capins Piatá e Tifton 85 e a leguminosa Feijão Guandu ou adubado com N, estes autores avaliaram as características estruturais, bromatológicas e de produção de forragem, sendo observados resultados de aumento da produção de matéria seca total e de proteína bruta, bem como de diminuição dos teores de fibra detergente neutro. Silva et al. (2018) avaliaram a viabilidade de recuperação de pastagem degradada utilizando o consórcio milho, braquiária e Feijão Guandu e demonstraram que não houve perdas na produtividade do milho, tanto para produção de silagem como para pastagem remanescente, elevando a produtividade da forrageira e disponibilidade de alimento aos animais.

#### **4. Formação da cultura**

As leguminosas podem ser usadas em pré-plantio, rotação de culturas, consórcios e faixas intercalares, inclusive em conjunto com diversas culturas, podendo ser usadas por um certo período de tempo ou durante o ano todo.

O feijão Guandu é uma leguminosa de origem africana adaptada à região tropical, mas tolera geada leve e cresce numa ampla faixa de precipitações, que vai de 500 mm a 1500 mm/ano, preferindo solos bem drenados. Embora aceite pH entre 5 a 8, apresenta melhor desempenho em solos aproximadamente neutros. Nestes solos, produz até 14 toneladas de matéria seca por ano, com um conteúdo de 2000 kg de proteína bruta (Seiffert, 1983). O guandu se encontra associado a uma bactéria que forma nódulos em suas raízes. Estas bactérias (*Rhizobium*) são capazes de fixar nitrogênio atmosférico e são indispensáveis para a formação das proteínas da leguminosa, cujo teor é elevado no guandu, situando-se em torno de 14 a 20%. Por esta razão, embora muitas vezes já existam bactérias no solo, é recomendável efetuar-se a inoculação das sementes, o que se obtém umedecendo-as com água e adicionando o conteúdo do pacote de inoculantes (Seiffert & Thiago, 1983). Seu rendimento de massa verde varia entre 12 a 15 toneladas por hectare e pode sofrer de 3 a 4 cortes por ano, enquanto que a produção de grãos, que é utilizado na alimentação animal, pode variar de 1,0 a

1,2 toneladas por hectare (Balaraman, 1980).

A melhor época para plantio é no período chuvoso, entre novembro e dezembro. Para favorecer a formação de legumineiras (bancos de proteína), que são usadas em pastejo direto durante a estação seca, emprega-se espaçamento de 2 a 3 m entre linhas e seis sementes por metro linear (Seiffert, 1983). Neste espaçamento são empregados 4,5 kg de sementes por hectare. Podem ser usados plantios mais densos, usando-se 1,5 m entre linhas e 8 a 10 kg de sementes por ha. São necessárias duas capinas após o plantio, mas dentro de 50 a 60 dias as plantas já estarão com desenvolvimento suficiente para competirem com as ervas daninhas. A produção total da leguminosa pode atingir 14 toneladas de matéria seca por hectare, mas, em solos de cerrado, a produção de forragem (folhas, vagens e hastes finas) situa-se em torno de 4 toneladas de matéria seca, com cerca de 14,8% de proteína bruta, o que representa 600 kg de proteína bruta por ha (Lima Filho et al., 2014).

Outro sistema de emprego do guandu que desperta grande interesse é a introdução desta leguminosa em pastagens de gramíneas já existentes. Desta forma, além de se produzir forragem extra para o gado, estará sendo feita a recuperação do solo. Para se introduzir o guandu, estes pastos são adubados e arados em faixas com 2 m de largura, espaçadas por faixas de 4 a 5 m da pastagem. Na faixa arada, são semeadas duas linhas de guandu, espaçadas de 1 m entre linhas com seis sementes por metro linear. O plantio poderá ser efetuado em pastagens decadentes, de novembro a dezembro, que ficarão vedadas durante o verão e o outono. Na estação seca, a área é liberada para pastejo, com uma lotação de até 1,8 novilhos por hectare (Bonamigo, 1999).

Na sequência, o pecuarista deve semear o feijão guandu com plantio direto, usando a adubação de correção recomendada de acordo com a análise de solo (P, K, S e micronutrientes), dispensando a adubação nitrogenada, visto que o guandu é uma planta leguminosa com capacidade de fixar nitrogênio da atmosfera. O plantio deve ser realizado na profundidade de dois a cinco centímetros, com espaçamento entre linhas de 70 a 80 cm e população de plantas de 62,5 a 75 mil plantas/ha. Com valor cultural das sementes de 50%, será necessário utilizar aproximadamente 10 plantas por metro linear e taxa de semeadura aproximada de 20 kg/ha. A semeadura deve ser realizada no período das águas, do início da estação chuvosa até a primeira quinzena de janeiro. O controle de formigas é muito importante para o sucesso do estabelecimento do feijão guandu. Caso ocorram problemas na semeadura, é necessário avaliar a população de plantas e, se estiver abaixo de 40.000 plantas/ha, recomenda-se o replantio, visto que essa é a população mínima recomendada por Souza et al. (2007).

Um ano após o plantio do guandu, no início da estação das águas, a leguminosa deve ser roçada e o material remanescente deve ficar sobre a superfície da pastagem, funcionando como adubação verde. As plantas roçadas rebrotam e inicia-se outro ciclo, em que todas as operações (análise do solo, adubação, calagem) devem ser repetidas, inclusive a roçada.

A persistência do guandu na área é de aproximadamente três anos. Depois disso, torna-se necessário um novo plantio, pois, ao fim desse período, o estande (número de plantas/ha) do guandu estará muito abaixo das 40 mil plantas/ha, preconizado por Souza et al. (2007) como estande mínimo. Dessa forma, para cada plantio de guandu, haverá duas roçadas, que equivalem a duas adubações verdes e três anos de uso sob pastejo.

Dentre as diversas espécies para consócio gramínea-leguminosa, tem-se a *Macrotyloma axillar*, membro da família das *Fabacea*, com origem no continente africano e introduzida no Brasil nos anos 60. É uma planta perene, herbácea, de comportamento rasteiro, que apresenta raízes fortes sem tendência de produzir raízes adventícias (Zamboin, 2020). Apresenta rápido crescimento e boa tolerância à baixa fertilidade do solo, sendo relativamente tolerante à seca, porém não resiste ao alagamento, nem à geada rígida (Barbosa, 2016).

Veasey et al. (1999) avaliaram os caracteres morfológicos, fenológicos e agronômicos de leguminosas forrageiras e apontaram o acesso NO 279 de *Macrotyloma axillare* como promissor por apresentar maior produção de sementes, desenvolvimento vegetativo e tolerância a pragas e doenças. Segundo Miguel (2017), a *Macrotyloma axillar* NO 279 possui alta velocidade de germinação, emergindo 3 dias após o plantio e um alto número de plantas germinadas. Em termos de massa forrageira, Gerdes et al. (2020) observaram que a leguminosa macrotiloma foi responsável por 42,2% da massa de forragem com capim-aruaana (*Panicum maximum* cv. Aruana), o que representa um volume expressivo quando da ingestão de matéria seca diária.

Técnicas para favorecer a leguminosa podem ser adotadas, como a semeadura em faixas alternadas ou linhas alternadas da gramínea e leguminosa ou, ainda, a semeadura posterior da gramínea, uma vez que esta (esta quem?) é exigente em preparo e adubação do solo (ZIMMER et al., 2007). Em relação à calagem e adubação, Gontarski (1991) estudou os efeitos da calagem e adubação para o cultivo da *Macrotyloma axillare* e observou que houve decréscimo da produção de massa de matéria seca e da nodulação na ausência da calagem, verificando também que o fósforo foi o nutriente mais limitante para o estabelecimento, produção e nodulação desta forrageira. Mais recentemente, Bonfim-Silva et al. (2011), trabalhando com *Macrotyloma axillare* cv. Java submetida à adubação fosfatada, observaram que as doses de 167 a 238 mg.dm<sup>3</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> proporcionaram maior produção e nodulação.

Independente da dose de N utilizada, houve diferenças marcantes nas características morfológicas e estruturais entre espécies. O fornecimento de nitrogênio (N) no plantio pode influenciar o crescimento das plantas e a morfologia de raízes. O conhecimento das respostas morfofisiológicas de leguminosas decorrentes do fornecimento de nutrientes pode proporcionar subsídios e auxiliar no uso e manejo dessas plantas (Colanigo, 2020).

Ademais, no âmbito da resposta animal, Lima et al. (2018) avaliaram os efeitos dos taninos da leguminosa macrotiloma sobre a produção de CH<sub>4</sub>, bem como sobre os parâmetros de fermentação ruminal. Os resultados obtidos indicaram que a macrotiloma tem potencial para uso como alimento para ruminantes e pode ser utilizada como manipulador da fermentação ruminal com potencial antimetanogênico, que é a capacidade do alimento ou de compostos inibirem ou diminuírem a produção CH<sub>4</sub> entérico.

## **5. Resultados encontrados com o uso de leguminosas**

Os resultados parciais apresentados a seguir são oriundos de pesquisas em andamento, as quais fazem parte do Projeto Temático FAPESP (2017/20084-5), “Strategic practices for mitigating greenhouse gas emissions in grassland systems of the Brazilian Southeast”, tendo como parceiros a Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia (FMVZ/USP – Pirassununga/SP), o Instituto de Zootecnia (IZ - Nova Odessa/SP) e a Embrapa Pecuária Sudeste (São Carlos/SP).

### **5.1 Uso de macrotiloma para pastejo**

O estudo em andamento, com parceria entre o Laboratório de Nutrição de Ruminantes (LNR /FMVZ/USP) e o Instituto de Zootecnia de Nova Odessa/SP, tem como objetivo avaliar a emissão de metano entérico de vacas Jersey sob pastejo contínuo, em pasto consorciado de Capim Marandu e Leguminosa Macrotiloma e em pastos exclusivos de Capim Marandu, com ou sem suplementação proteica, por dois anos. Até o presente momento, os dados referentes ao primeiro ano não demonstraram diferenças significativas para as emissões diárias de metano e emissões de metano por peso vivo dos animais entre os sistemas. Do mesmo modo, não houve diferença significativa para as emissões de metano por hectare entre os sistemas. Para as estações do ano, as emissões de metano por peso vivo foram maiores no inverno (Tabela 1).

O ganho de peso médio diário (GPMD) dos animais durante o período experimental foi: gramínea capim Marandu sem suplementação (G) = 0,310 kg/dia, gramínea capim Marandu com suplementação (GP) = 0,590 kg/dia e para consórcio capim Marandu e leguminosa Macrotiloma (GL) = 0,540 kg/dia. Deste modo, quando calculamos a emissão de metano pelo GPMD (Tabela 1) observamos que o tratamento consorciado (GL) diminuiu a produção de metano em 66,24% quando comparado ao tratamento exclusivo de capim Marandu sem suplementação, ou seja, reduzindo a unidade de metano por quilo de produto gerado.

**Tabela 1.** Emissão de metano entérico (CH<sub>4</sub>) de vacas em pastagem exclusiva de gramínea capim Marandu (G), pastagem exclusiva de capim Marandu com suplementação proteica (GP) e pastagem consorciada de capim Marandu e leguminosa Macrotiloma (GL) nas diferentes estações do ano.

Tratamentos <sup>1</sup>	Estação <sup>2</sup>	Emissão de metano entérico (CH <sub>4</sub> ) <sup>3</sup>				
		CH <sub>4</sub> /Ani		CH <sub>4</sub> /GPMD*	CH <sub>4</sub> /PV	CH <sub>4</sub> /ha
		g/dia	kg/dia	g/kg/dia	g/kg PV	g/ha/dia
G		414,1	0,42	1335,8*	0,84	828,2
GP		266,0	0,27	450,9*	0,61	532,1
GL		320,9	0,32	594,4*	0,67	641,9
	Primavera	264,1	0,27	326,0*	0,58B	528,2
	Verão	261,9	0,26	315,5*	0,61B	523,8
	Outono	307,0	0,31	614,0*	0,61B	614,0
	Inverno	501,7	0,50	-	1,02A	1003,5
Dados Médios <sup>4</sup>						
Média		333,7	0,33	793,7	0,70	667,4
EPM		49,67	0,04	-	0,09	93,25
Probabilidades Estatísticas <sup>5</sup>						
Tratamento		NS	NS	-	NS	NS
Estação		NS	NS	-	0,02	NS
Tratamento* Estação		NS	NS	-	NS	NS

<sup>1</sup>G: pastagem exclusiva de gramínea (*Urochloa brizantha* cv. Marandu); GP: pastagem exclusiva de gramínea (*Urochloa brizantha* cv. Marandu) com suplementação proteica; GL: consórcio gramínea (*Urochloa brizantha* cv. Marandu) e leguminosa (*Macrotyloma axillare*; NO 279). <sup>2</sup>Primavera 2020; Verão 2021; Outono 2021 e Inverno 2021. <sup>3</sup>CH<sub>4</sub>: Metano entérico; GPMD: Ganho de peso médio diário; PV: Peso vivo; ha: Hectare. <sup>4</sup>EPM: Erro padrão da média. <sup>5</sup>Médias seguidas de diferentes letras maiúsculas nas colunas diferem entre si (Teste LSD P<0,05); NS: Não significativo; \* Dados médios sem análise estatística.

Efeitos da leguminosa Macrotiloma sobre os parâmetros de fermentação ruminal já foram relatados na literatura, como o aumento na concentração de ácidos graxos de cadeia curta totais e de ácido butírico (Lima et al., 2017; Lima et al., 2019). Estes dados estão sendo analisados e farão parte deste estudo.

Quando empregados em sistemas de consórcio, as leguminosas fornecem uma importante fonte de nitrogênio para as gramíneas e favorecem o aumento da produtividade das pastagens (Gerdes et al., 2020). Além disso, a melhoria da dieta devido ao consumo da leguminosa é uma função decorrente da consorciação (Werner et al., 2001) e muito importante. A inclusão da leguminosa *Macrotyloma axillare* em consórcio com gramíneas forrageiras tropicais proporcionou maior aumento na proteína bruta e a diminuição nos teores de fibra quando comparada a inclusão de outras leguminosas forrageiras (LIMA et al. 2018; GERDES et al., 2020). Em estudo realizado por Lima et al. (2018), os animais alimentados com a *Macrotiloma* apresentaram maior consumo e maior digestibilidade da proteína bruta quando comparados aos animais que não consumiram a leguminosa. Logo, a consorciação em pastagens é uma forma de suplementação alimentar para os animais, aumentando o valor nutritivo do sistema de produção (Werner et al., 2001), de uma maneira econômica, sustentável e compensatória para o produtor.

A maior qualidade nutricional e digestibilidade da *Macrotiloma* podem explicar o aumento de 74% no GPMD para os animais do tratamento consorciado (GL) quando comparados ao tratamento exclusivo de capim Marandu sem suplementação, reduzindo assim a quantidade de metano emitido por quilo de produto gerado. Evidenciando, o potencial de uso da *Macrotiloma* como alimento para os ruminantes.

## **5.2 Uso de feijão guandu para pastejo**

O objetivo do uso do consorcio entre o feijão guandu (*Cajanus cajan*) com as gramíneas é a recuperação de pastagens degradadas, colaborando para melhorar a produção, a disponibilidade e a qualidade da pastagem para aos animais, dispensando o uso de fertilizantes nitrogenados e de suplementos minerais proteicos, principalmente, na época seca do ano, sendo uma alternativa para se recuperar pastagens degradadas (Oliveira et al., 2017; Castro-Montoya & Dickhoefer, 2020). Na época seca, o guandu apresenta alta capacidade de retenção de folhas após seu florescimento, chegando a apresentar uma produção de 12 ton. ha<sup>-1</sup>.ano (Oliveira & Leite Jr, 2012); além de servirem como um banco de proteína, devido ao alto teor de proteína bruta nas folhas e nos ramos mais finos, com valores de aproximadamente 16 a 20% (Paludo et al., 2012).

No estudo em andamento, com parceria entre o Laboratório de Nutrição de Ruminantes (LNR /FMVZ/USP) e a Embrapa Pecuária Sudeste, em São Carlos/SP, o objetivo é de avaliar o desempenho de novilhos *Nelore* em recria, ao longo de 2 anos, distribuídos em três tratamentos de produção pecuária, sendo: 1) pastagem degradada de *Urochloa*

(*Brachiaria decumbens* Stapf cv. Basilisk com taxa de lotação baixa (DEG); 2) pastagem de sequeiro com mistura de *U. decumbens* cv. Basilisk e *Urochloa (Brachiaria) brizantha* (Hochst ex A. Rich) Stapf cv. Marandu recuperada com 200 kg de N-ureia ha<sup>-1</sup> ano na época chuvosa, com taxa de lotação moderada (REC); e 3) pastagem com mistura de *U. decumbens* cv. Basilisk e *U. brizantha* cv. Marandu consorciada com *Cajanus cajan* (L. Millsp.) cv. BRS Mandarin com taxa de lotação moderada (CON). Os resultados do primeiro ano estão demonstrados na Tabela 2. Foi possível identificar que a consorciação com o feijão guandu permitiu ganhos de peso médio diário muito superiores quando comparado com os demais tratamentos, evidenciando que a introdução de uma leguminosa adaptada promove a diversificação e melhora o suprimento de proteína bruta aos animais. Em relação à lotação em unidade animal por área, o sistema consorciado apresentou valor um pouco inferior quando comparado ao tratamento baseado em pastagem recuperada, sugerindo benefícios para o desenvolvimento e a produção da massa da gramínea através da fixação biológica de nitrogênio e do incremento de matéria orgânica no solo, permitindo maiores cargas animais durante os períodos do ano. A pastagem degradada apresentou o pior desempenho entre todos os sistemas, já que não são realizadas aplicações de correção de fertilidade do solo qualquer que seja o período do ano. Devido às características da época seca do ano, como baixo fotoperíodo, baixa umidade e baixas temperaturas, as gramíneas tendem a perder qualidade e potencial produtivo, conforme é evidenciado por Netto et al. (2016) e Homem et al. (2021).

**Tabela 2.** Desempenho de novilhos em recria em função de diferentes níveis de intensificação em sistemas pastoris de produção de gado de corte em diferentes períodos do ano.

Sistemas de Produção Pastoris	Períodos Climáticos do Ano	Desempenho Animal	
		GPMD Kg/Ani/dia	Tx. Lotação UA/ha
DEG		0.302 <sup>c</sup>	1.53 <sup>c</sup>
REC		0.387 <sup>b</sup>	3.00 <sup>a</sup>
CON		0.478 <sup>a</sup>	2.63 <sup>b</sup>
	Águas	0.667 <sup>A</sup>	2.43 <sup>A</sup>
	Seca	0.112 <sup>B</sup>	2.35 <sup>A</sup>
Média Geral		0.369	2.38
Erro Padrão Médio		0.013	0.080
Probabilidades Estatísticas (Valor de P)			
Sistemas de Produção		<.0001	<.0001
Períodos Climáticos		<.0001	NS
Sistemas * Estações		0.0055	<.0001

<sup>a, b, c</sup> Letras maiúsculas e minúsculas diferentes na mesma coluna diferem entre si ( $P \leq 0,05$ ) pelo teste de Fisher; NS: Não significativo. GPMD: Ganho de Peso Médio Diário; ha: Hectare; UA: Unidade Animal. Sistemas de produção: DEG: pastagem degradada de *Urochloa decumbens* Stapf (cv. Basilisk); REC: pasto de sequeiro com

mistura de *U. decumbens* cv. Basilisk e *Urochloa (Brachiaria) brizantha* (Hochst ex A. Rich) Stapf (cv. Marandu), recuperada com 200 kg de N-ureia ha<sup>-1</sup> ano, com taxa de lotação moderada; CON: pastagem com mistura de *Urochloa (Brachiaria) decumbens* Stapf (cv. Basilisk) e *Urochloa (Brachiaria) brizantha* Stapf cv. Marandu consorciada com *Cajanus cajan* (L. Mill sp.) (cv. BRS Mandarim) com taxa de lotação moderada.

Oliveira et al. (2017), avaliando o desempenho de novilhas *Nelore* terminadas em diferentes sistemas de produção com pastagens de *Urochloa (Brachiaria) spp.*, evidenciaram que a consorciação com o feijão guandu na renovação da pastagem permitiu incrementos de 18% no peso vivo final, 93% no ganho de peso médio diário e 40% de aumentando na taxa de lotação, conseqüentemente reduzindo a idade de abate das novilhas, quando comparado com um sistema baseado em pastagem degradada.

Outra peculiaridade do feijão guandu, além do aumento da produtividade, é a presença de compostos associados que reduzem a metanogênese dos animais ruminantes, como os taninos, compostos que estão sendo foco de estudos atuais como alternativa para mitigar as emissões de GEE. O feijão guandu apresenta teores de tanino considerados de médio a baixo (< 5% na MS), o que não afeta a digestibilidade da matéria seca (Farias, 2016).

Vieira et al. (2020), em um estudo com ovinos, comprovaram a redução da produção de CH<sub>4</sub> com taninos advindos da leguminosa *Acacia mearnsii*. Os taninos advindos desta planta foram capazes de gerar “toxicidade” para *Arqueas* metanogênicas, alterando a proliferação dos protozoários responsáveis pela liberação de H<sub>2</sub>, a principal substância utilizada para produção do CH<sub>4</sub> no ambiente ruminal. Isto comprova que o uso de taninos condensados de leguminosas em dietas de ruminantes é uma boa estratégia para se reduzir as emissões de CH<sub>4</sub>.

Na Tabela 3, os valores encontrados para emissão de CH<sub>4</sub> entérico dos novilhos *Nelore* em recria, do primeiro ano experimental, não demonstraram diferenças significativas nas emissões diárias por animal e por peso vivo entre os sistemas. Neste caso, os valores de emissão são afetados pela qualidade e pelo consumo da forragem oferecida em cada sistema. Em relação às emissões por hectare e por unidade animal por hectare, os sistemas recuperado e consorciado apresentaram as menores emissões, respectivamente, já que as emissões, neste caso, estão associadas com as capacidades de carga animal por área. Já o sistema degradado, com a menor lotação, foi o maior emissor de CH<sub>4</sub> entérico. Ao observar os períodos do ano, as emissões por animal, por hectare e por unidade animal por hectare foram menores na época seca, embora não fossem observadas diferenças para a emissão de metano quando expressa por unidade de peso vivo. Para a variável de emissão de metano por ganho de peso vivo médio diário, através de resultados preliminares, ou seja, sem ainda analisar estatisticamente, é possível observar uma diferença substancial entre os sistemas, principalmente, em que os

valores de emissão do consórcio se apresentam melhores quando comparados com os outros sistemas, seguido do recuperado e por fim, o degradado apresentando as maiores taxas de emissão por kg de ganho de peso médio diário.

**Tabela 3.** Emissão de metano de novilhos em recria em função de diferentes níveis de intensificação em sistemas pastoris de produção de gado de corte em diferentes períodos do ano.

Sistemas de Produção Pastoris	Períodos Climáticos do Ano	Emissão de CH <sub>4</sub>				
		CH <sub>4</sub> /Ani g/dia	CH <sub>4</sub> /GPMD g/kg/dia	CH <sub>4</sub> /PV g/Kg PV	CH <sub>4</sub> /ha g/ha/dia	CH <sub>4</sub> /UA g/UA/dia
DEG		222.35 <sup>a</sup>	2110.6*	0.694 <sup>a</sup>	178.67 <sup>a</sup>	140.11 <sup>a</sup>
REC		218.73 <sup>a</sup>	969.29*	0.701 <sup>a</sup>	178.40 <sup>a</sup>	86.71 <sup>b</sup>
CON		204.19 <sup>a</sup>	738.57*	0.616 <sup>a</sup>	159.08 <sup>b</sup>	78.84 <sup>b</sup>
	Águas	236.57 <sup>A</sup>	369.42*	0.697 <sup>A</sup>	193.25 <sup>A</sup>	108.82 <sup>A</sup>
	Seca	193.61 <sup>B</sup>	2176.21*	0.644 <sup>A</sup>	150.85 <sup>B</sup>	94,95 <sup>B</sup>
Média Geral		2.38	1272.81	0.670	172.05	101.89
Erro Padrão Médio		0.080	463.06	0.047	5,478	8.413
Probabilidades Estatísticas (Valor de P)						
Sistemas de Produção		NS	*	NS	0.0291	0.0002
Períodos Climáticos		0.0002	*	NS	<.0001	0.0403
Sistemas * Estações		0.0155	*	0.0286	0.0235	0.0003

<sup>a, b, c</sup> Letras maiúsculas e minúsculas diferentes na mesma coluna diferem entre si ( $P \leq 0,05$ ) pelo teste LSD de Fisher. \* Dados preliminares sem análise estatística.

GPMD: Ganho de Peso Médio Diário; CH<sub>4</sub>: Metano Entérico; PV: Peso Vivo; ha: Hectare; UA: Unidade Animal. Sistemas de produção: DEG: pastagem degradada de *Urochloa decumbens* Stapf (cv. Basilisk); REC: pasto de sequeiro com mistura de *U. decumbens* cv. Basilisk e *Urochloa (Brachiaria) brizantha* (Hochst ex A. Rich) Stapf (cv. Marandu), recuperada com 200 kg de N-ureia ha<sup>-1</sup> ano, com taxa de lotação moderada; CON: pastagem com mistura de *Urochloa (Brachiaria) decumbens* Stapf (cv. Basilisk) e *Urochloa (Brachiaria) brizantha* Stapf cv. Marandu consorciada com *Cajanus cajan* (L. Mill sp.) (cv. BRS Mandarim) com taxa de lotação moderada.

## 6. Considerações finais

Por fim, os dados preliminares apresentados sugerem que o uso de pastagens consorciadas de gramíneas e leguminosas (macrotiloma ou feijão guandu) é uma interessante opção como estratégia mitigatória das emissões de gases de efeito estufa, demonstrando redução da emissão de CH<sub>4</sub> quando levado em consideração o desempenho animal. Por se tratarem de dados preliminares, espera-se que ao final deste projeto possamos contribuir com informações detalhas destes sistemas de produção.

## 7. Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP - 2017/20084-5), ao Laboratório de Nutrição de Ruminantes da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia (FMVZ/USP), ao Instituto de Zootecnia (IZ) de Nova Odessa-SP e à Embrapa Pecuária Sudeste de São Carlos-SP.

## 8. Referências

- ABBADO NERES, M.; CASTAGNARA, D.D.; SILVA, F.B.; OLIVEIRA, P.S.R.; MESQUITA, E.E.; BERNARDI, T.C.; VOGT, A.S.L. Características produtivas, estruturais e bromatológicas dos capins Tifton 85, Piatã e do feijão-guandu cv. Super N, em cultivo singular ou em associação. *Ciência Rural*, v.42, n.5, p.862-869, 2012.
- ALCANTARA, P.B.; BUFARAH, G. Plantas forrageiras – Leguminosas & Gramíneas. São Paulo: Nobel, 1979, p.97-98.
- ANDRADE, C.M.S.; ASSIS, G.M.L.; FERREIRA, A.S. Eficiência de longo prazo da consorciação entre gramíneas e leguminosas em pastagens tropicais. In: Congresso Brasileiro de Zootecnia, Fortaleza, 2015. 31p.
- ANDRADE, E.A.; RIBEIRO-FILHO, H.M.N.; LIZ, D.M.; ALMEIDA, J.G.R.; MIGUEL, M.F.; RAUPP, G.T.; RAMOS, F.R.; ALMEIDA, E.X. Herbage intake, methane emissions and animal performance of steers grazing dwarf elephant grass with or without access to *Arachis pintoi* pastures. *Tropical Grasslands*, v.2, n.1, p.4-5, 2014.
- ARAÚJO, S.A.C.; DEMINICIS, B.B.; CAMPOS, P.R.S.S. Melhoramento genético de plantas forrageiras tropicais no Brasil. *Revista Archivos de Zootecnia*, Córdoba, v.57, n.2, p.61-76, 2008.
- AZEVEDO, R.L.; RIBEIRO, G.T.; AZEVEDO, C.L.L. Feijão Guandu: uma planta multiuso. *Revista da Fapese*, v.3, n.2, p.81-86, 2007.
- BALARAMAN, T. Pigeon pea seed production under the National and States Corporations. *Int. Workshop Figeon Peas*, v.1, p.303-307, 1980.
- BARBOSA, H.Z. Combinações de doses de fósforo e cálcio para leguminosa macrotiloma. 2016. 75p. Dissertação (Mestrado em Produção Animal Sustentável) – Instituto de Zootecnia. APTA/SAA, Nova Odessa, SP.
- BARBOSA, H.Z.; BATISTA, K.; GIMENES, F.M.A.; GERDES, L.; GIACOMINI, A.A.; MATTOS, W.T.; BARBOSA, C.M.P. Yield responses of *Macrotyloma axillare* (Family Fabaceae) to combinations of doses of phosphorus and calcium. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v.40, p.2561-2570, 2019.
- BARCELLOS, A.O.; RAMOS, A.K.B.; VILELA, L.; MARTHA JUNIOR, G.B. 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*, v.37, p.51-67, 2008.
- BHATTA, R.; BARUAH, L.; SARAVANAN, M.; SURESH, K. P.; SAMPATH, K. T. Effect of medicinal and aromatic plants on rumen fermentation, protozoa population and methanogenesis in vitro. *Journal of animal physiology and animal nutrition*, v.97, p.446-456, 2013.
- BOGDAN, A.V. *Tropical pasture and fodder plants*. New York, Longman, 1977. 475p
- BONAMIGO, L.A. Recuperação de pastagem com guandu em sistema de plantio direto. *Informações agrônômicas (Encarte técnico)*, Piracicaba, n.88, p.1-8, 1999.
- BONFIM-SILVA, E.M.; SILVA, T.J.A.; CABRAL, C.E.A.; GONÇALVEZ, J.M.; PEREIRA, M.T.J. Produção e morfologia da leguminosa Java submetida a adubação fosfatada. *Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer*, v.7, p.1-10, 2011.
- BUFARAH, G.; GHISI, O.M.A.A.; ALCÂNTARA, V.B.G.; MECELIS, N.R.; ALCÂNTARA, P.B.; OLIVEIRA, P.R.P.; LUCHESI, M.F. *O Macrotyloma axillare*. Nova Odessa: Divisão de Nutrição Animal e Pastagens, 1981. 8p. (Nota científica nº1. Seção de Agronomia de Plantas Forrageiras)
- CAMERON, D.G. Tropical and sub-tropical pasture legumes. *Axillaris (Macrotyloma axillare): a legume with limited roles*. *Queensland Agricultural Journal*, v.112, p.59-63, 1986.
- CASTILHO, A.R. Potencial productivo de ecotipos de *Arachis pintoi* en el Piedemonte de los Llanos Orientales de Colômbia. *Pasturas Tropicales, Cali*, v.23, n.1, p.29-24, 2001.
- CASTRO-MONTOYA, J.M.; DICKHOEFER, U. The nutritional value of tropical legume forages fed to ruminants as affected by their growth habit and fed form: A systematic review. *Animal Feed Science and Technology*, v.269, p.114641, 2020.
- CASTRO-MONTOYA, J.M.; DICKHOEFER, U. The nutritional value of tropical legume forages fed to ruminants as affected by their growth habit and fed form: A systematic review. *Animal Feed Science and Technology*, v.269, p.114641, 2020.
- COLANIGO, J.S. Produção, características morfogênicas e estruturais de leguminosas forrageiras submetidas à adubação nitrogenada. 2020. 93p. Dissertação (Mestrado em Produção Animal Sustentável) – Instituto de Zootecnia. APTA/SAA, Nova Odessa, SP.
- COLOZZA, M.T.; WERNER, J.C.; GERDES, L.; FREITAS, J.C.T.; ASSEF, L.C.; SCHAMMASS, E.A. Estabelecimento de 25 acessos de leguminosas forrageiras consorciadas com capim-aruana. In: *Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, 39. Recife, PE. Anais..., SBZ, 2002.
- FARIAS, M.S. *Sistemas de alimentação de corteiros em pastagem tropical*. 2016. 112p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS.
- FERNANDES JUNIOR, P.I. *Caracterização fenotípica e produção de biopolímeros por*

- bactérias isoladas de nódulos de guandu [*Cajanus cajan* (L.), Millsp.]. 2009. 183p. Tese (Doutorado em Agronomia, área de concentração ciência do solo). Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ.
- FIALHO, C.A. Características morfogênicas e estruturais de amendoim forrageiro (*Arachis pintoi* krapovickas & Gregory cv. Belmonte) submetido a intensidades de pastejo em lotação contínua. 2015. 121p. Tese (Doutorado em Ciências – área de concentração: Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura —Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.
- FRUTOS, P.; HERVÁS, G.; RAMOS, G.; GIRÁLDEZ, F.J.; MANTECÓN, A.R. Condensed tannin content of several shrub species from a mountain area in northern Spain, and its relationship to various indicators of nutritive value. *Animal Feed Science and Technology*, v.95, p.215-226, 2002.
- GERBER, P.J.; STEINFELD, H.; HENDERSON, B.; MOTTET, A.; OPIO, C.; DIJKMAN, J.; FALCUCCI, A.; TEMPIO, G. Tackling climate change through livestock – A global assessment of emissions and mitigation opportunities. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome. 2013.
- GERDES, L.; BARBOSA, C.M.P.; GIACOMINI, A.A.; MATTOS, W.T.; UZAN, B.Z. Introduction of forage legume into Aruana Guineagrass pasture. *Boletim da Indústria Animal*, Nova Odessa, v.77, 2020.
- GERDES, L.; BARBOSA, C.M.P.; GIACOMINI, A.A.; MATTOS, W.T.; UZAN, B.Z. Introduction of forage legume into aruana guinea grass pasture. *Boletim da Indústria Animal*, v.77, 2020.
- GERDES, L.; COLOZZA, M.T.; WERNER, J.C.; PREMAZZI, L.M.; CUNHA, E.A.; MATTOS, W.T.; GIACOMINI, A.A. Introdução de leguminosas em pastagem já estabelecida de capim Aruana em pastejo com ovinos. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 46. Maringá, PR. Anais..., Lavras: SBZ, 2009.
- GONTARSKI, E.C. Limitações de fertilidade de um Latossolo Vermelho-Amarelo para o cultivo de macrotiloma guata e galaxia yarana. 1991. 107p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.
- GREENWOOD, P. L. An overview of beef production from pasture and feedlot globally, as demand for beef and the need for sustainable practices increase. *Animal*, p.100295, 2021.
- HASSEN, A.; TALORE, D.G.; TEFAMARIAM, E.H.; FRIEND, M.A.; MPANZA, T.D.E. Potential use of forage-legume intercropping technologies to adapt to climate-change impacts on mixed crop-livestock systems in Africa: a review. *Regional Environmental Change*, v.17, n.6, p.1713-1724, 2017.
- HERRERO, M.; HENDERSON, B.; HAVLÍK, P.; THORNTON, P. K.; CONANT, R. T.; SMITH, P.; STEHFEST, E. Greenhouse gas mitigation potentials in the livestock sector. *Nature Climate Change*, v.6, n.5, p.452-461, 2016.

- HOMEM, B.G.C.; LIMA, I.B.G.; SPASIANI, P.P.; BORGES, L.P.C.; BODDY, R.M.; DUBEUX JR., J.C.B.; BERNARDES, T.F.; CASAGRANDE, D.R. Palisadegrass pastures with or without nitrogen or mixed with forage peanut grazed to a similar target canopy height. 2. Effects on animal performance, forage intake and digestion, and nitrogen metabolism. *Grass and Forage Science*, v.1, n.14, 2021.
- KU-VERA, J.C.; JIMÉNEZ-OCAMPO, R.; VALENCIA-SALAZAR, S.S.; MONTOYA-FLORES, M.D.; MOLINA-BOTERO, I.C.; ARANGO, J.; SOLORIO-SÁNCHEZ, F.J. Role of secondary plant metabolites on enteric methane mitigation in ruminants. *Frontiers in Veterinary Science*, v.7, p.584, 2020.
- LIMA FILHO, O.F.; AMBROSANO, E.J.; ROSSI, F.; CARLOS, J.A.D. Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática. Brasília: Embrapa, 2014. 507p.
- LIMA, P.M.T.; ABDALLA FILHO, A.L.; ISSAKOWICZ, J.; IEDA, E.H.; CORRÊA, P.S.; MATTOS, W.T.; GERDES, L.; McMANUS, C.; ABDALLA, A.L.; LOUVADINI, H. Methane emission, ruminal fermentation parameters and fatty acid profile of meat in Santa Inês lambs fed the legume macrotiloma. *Animal Production Science*. n.60, p.665-673, 2019.
- LIMA, P.M.T.; MOREIRA, G.D.; SAKITA, G.Z.; NATEL, A.S.; MATTOS, W.T. de.; GIMENES, F.M.A.; GERDES, L.; MCMANUS, C.; ABDALLA, A.L.; LOUVANDINI, H. Nutritional evaluation of the legume *Macrotyloma axillare* using in vitro and in vivo bioassays in sheep. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, v.102, p.669–676, 2018.
- LÜSCHER, A.; MUELLER-HARVEY, I.; SOUSSANA, J.F.; REES, R.M.; PEYRAUD, J.L. Potential of legume-based grassland-livestock systems in Europe: a review. *Grass and Forage Science*, v.69, p.206–228, 2014.
- MACEDO, M.C.M.; ZIMMER, A.H.; KICHEL, A.N.; ALMEIDA, R.G.; ARAUJO, A.R. 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, 2014.
- MALAFAIA, P.; FILHO, C.F.C.C. Critical Review of the Articles Nutrition of Cattle and Buffaloes Finished in Feedlots or At Pastures , With or Without Protein. *Revista Universidade Do Vale Do Rio Verde*, p.1-16, 2019.
- MIGUEL, A.N.V. Plantas espontâneas em pastagens: potencial forrageiro e sua contribuição para sustentabilidade dos sistemas de produção. 2017. 67p. Dissertação (mestrado) Instituto de Zootecnia. APTA/SAA, Nova Odessa, SP.
- MORAN, D.; WALL, E. Livestock production and greenhouse gas emissions: Defining the problem and specifying solutions. *Animal Frontiers*, v.1, n.1, p.19-25, 2011.
- MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. Microbiologia e bioquímica do solo. 2ª edição, Lavras, editora UFLA, 2006. 729p
- MORTON, J.F.; SMITH, R.E.; LUCO-LOPEZ, M.A.; ABRANS, R. Pigeon-peas *Cajanus*

- cajan Millsp). A valuable crop of the tropics. Mayaguez, Univ. Puerto Rico, Dep. of Agronomy and Soils, 1982. 122p.
- MWANGI, F.W.; GARDINER, C.P.; WALKER, G.; HALL, T.J.; MALAU-ADULI, B.S.; KINOBE, R.T.; MALAU-ADULI, A.E. Growth Performance and Plasma Metabolites of Grazing Beef Cattle Backgrounded on Buffel or Buffel-Desmanthus Mixed Pastures. *Animals*, v.11, n.8, p.2355, 2021.
- NASCIMENTO Jr, D.; GARCEZ NETO, A.F.; BARBOSA, R.A.; ANDRADE, C.M.S. Fundamentos para o Manejo de Pastagens: Evolução e Atualidade. In: Simpósio Sobre Manejo Estratégico da Pastagem, UFV, Viçosa, p.149-196, 2002.
- NETTO, A.J.; ALENCAR, E.J.S.; MACÊDO, J.S.; SILVA, A.M.A. Uso de banco de proteínas em sistemas silvipastoris. II Congresso Internacional da Diversidade do Semi Árido. 2016.
- OLIVEIRA, I.B.; LEITE JR, J.B. Banco de proteínas como alternativas para a alimentação de bovinos no período seco, com e sem irrigação. Projeto temático de extensão. 2012.
- OLIVEIRA, P.P.A.; MATTA, F.P.; GODOY, R. Consorciação com guandu na recuperação de pastagens degradadas, uma tecnologia de duplo propósito: adubação verde e pastejo consorciado diferido. São Carlos, SP: Embrapa Pecuária Sudeste, 2017, 6p. (Circular técnica, 75).
- PALUDO, A.; SANTOS, N.; MOREIRA, T.S.O.; OLIVEIRA, W.; SILVA, M.A.P. Feijão guandu em três diferentes alturas de corte na alimentação de ruminantes. *Revista Eletrônica Nutritime*, v.9, n.5, p.1981-1994, 2012.
- PASSOS, A.V. Estudo de épocas de colheita e desenvolvimento de vagens de feijão guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.), para obtenção de grãos e sementes não comerciais em pequenas unidades de produção familiar. 2012. 46p. Dissertação (Mestrado Profissional em Agricultura Orgânica). Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ. 2012.
- PAULINO, V.T.; GERDES, L.; VALARINI, M.J.; FERRARI JÚNIOR, E. Retrospectiva do uso de leguminosas forrageiras. *Pubvet*, v.2, p.1-37, 2008.
- PEOPLES, M.B.; CRASWELL, E.T. Biological nitrogen fixation: investments, expectations, and actual contributions to agriculture. *Plant and Soil*, v.141, n.1-2, p.13-40, 1992.
- PEREIRA, A.V.; VALLE, C.B.; FERREIRA, R.P.; MILES, J.W. Melhoramento de Forrageiras Tropicais. In: NASS, L.L.; VALOIS, A.C.C.; MELO, I.S.; VALADARES – INGLIS, M.C. Recursos Genéticos e Melhoramentos de Plantas. Rondonópolis: Fundação MT, p.449-601, 2001.
- PEREIRA, J.M. Leguminosas Forrageiras em Sistemas de Produção de Ruminantes: Onde Estamos? Para Onde Vamos? In: Simpósio Sobre Manejo Pastagens, UFV, Viçosa, p.109, 2002.
- PEREIRA, J.M.; REZENDE, C.D.P.; BORGES, A.M.F.; HOMEM, B.G.C.;

- CASAGRANDE, D.R.; MACEDO, T.M.; ALVES, B.J.R.; SANT'ANA, S.A.C., URQUIAGA, S.; BODDEY, R.M. Production of beef cattle grazing on *Brachiaria brizantha* (Marandu grass) -*Arachis pintoi* (forage peanut cv. Belomonte) mixtures exceeded that on grass monocultures fertilized with 120 kg N/ha. *Grass and Forage Science*, v.75, n.1, p.28-36, 2020.
- PERES, R.M. Persistência de leguminosas em pastagens consorciadas tropicais. (Boletim Técnico n 27). Nova Odessa, SP: Instituto de Zootecnia, 1988. 26p
- POPPI, D.P.; McLENNAN, S.R. Nutritional research to meet future challenges. *Animal Production Science*, v.50, n.6, p.329-338, 2010.
- ROCHA, G.L. A evolução da pesquisa em forragicultura e pastagens no Brasil. *Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz*, v.45, p.5-51, 1988.
- SANTOS, C.A.F. Guandu Petrolina: Opção na Produção de Grãos para a Agricultura Familiar. Petrolina. EMBRAPA/CPATSA, 2000. 6p. (Instruções Técnicas, 46)
- SEIFFERT, N.F. Guandu – Planta forrageira para a produção de proteína. EMBRAPA-DID 1983. (EMBRAPA-CNPQC. Documentos, 21).
- SEIFFERT, N.F.; THIAGO, L.R.L. Legumineira: cultura forrageira para produção de proteína. Campo Grande: EMBRAPA Gado de Corte, 1983. 52p. (Circular Técnica, 13)
- SHELTON, H.M.; FRANZEL, S.; PETERS, M. 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, 2005.
- SILVA, A.; DE SOUSA SANTOS, F.L.; DE MATTOS BARRETTO, V.C.; DE FREITAS, R.J.; KLUTHCOUSKI, J. Recuperação de pastagem degradada pelo consórcio de milho, *Urochloa brizantha* cv. Marandu e guandu. *Journal of Neotropical Agriculture*, v.5, n.2, p. 39-47, 2018.
- SILVA, S.C. Desafios e Perspectivas para a Pesquisa e Uso de Leguminosas em Pastagens Tropicais: uma reflexão. In: II Encontro sobre leguminosas. EMBRAPA Cerrados, 2008.
- SILVA, S.C.; PEREIRA, L.E.T. Desafios e Perspectivas do Manejo do Pastejo em pastos consorciados: uma reflexão. In: Bernardes, T.F.; Lara, M.A.; Casagrande, D.R (Eds) *Anais do IX Simpósio e V Congresso de Forragicultura e Pastagens*, 1ª Ed. Lavras: UFLA, v.9, p.63-75, 2013.
- SIMIONI, T.A.; GOMES, F.J.; TEIXEIRA, U.H.G.; FERNANDES, G.A.; BOTINI, L.A.; MOUSQUER, C.J.; CASTRO, W.J.R.; HOFFMAN, A. Potencialidade da consorciação de gramíneas e leguminosas forrageiras em pastagens tropicais. *Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia, Londrina*, v.8, n.13, p.1742, 2014.
- SOUZA, F.H.D.; FRIGERI, T.; MOREIRA, A.; GODOY, R. Produção de sementes de guandu. São Carlos, SP: Embrapa Pecuária Sudeste, 2007. 68 p. (Documentos / Embrapa Pecuária Sudeste, 69).

- TERRA, A.B.C.; FLORENTINO, L.A.; DE REZENDE, A.V. Leguminosas forrageiras na recuperação de pastagens no Brasil. *Revista de Ciências Agrárias*, v.42, n.2, p.305-313.
- UZAN, B.Z. Frequências e Severidades de desfolhação em pasto consorciado de leguminosa e gramínea. 2019. 117p. Dissertação (Mestrado em Produção Animal Sustentável) – Instituto de Zootecnia, Nova Odessa, SP.
- VALLE, L.C.S.; SILVA, J.M.; SCHUNKE, R.M. 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, 2001.
- VEASEY, E.A.; WERNER, J.C.; COLOZZA, M.T.; FREITAS, J.C.T.; LUCENA, M.A.C.; BEISMAN, D.A.; GERDES, L. Avaliação de caracteres morfológicos, fenológicos e agronômicos em leguminosas forrageiras tropicais visando a produção de sementes. *Boletim de Indústria Animal*, v.56, p.109-125, 1999.
- VEASEY, E.A.; WERNER, J.C.; COLOZZA, M.T.; FREITAS, J.C.T.; LUCENA, M.A.C.; BEISMAN, D.A.; GERDES, L. Avaliação de caracteres morfológicos, fenológicos e agronômicos em leguminosas forrageiras tropicais visando a produção de sementes. *Boletim de Indústria Animal*, v.56, p.109-125, 1999.
- VIEIRA, L.V.; SHMIDT, A.P.; BARBOSA, A.A.; FEIJÓ, J.O.; BRAUNER, C.C.; RABASSA, V.R.; CORRÊA, M.N.; SHMIDT, E.; PINO, F.A.B.D. Utilização de taninos como aditivo nutricional na dieta de ruminantes. *Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR*, Umuarama, v.23, n.1, 2020.
- WERNER, J.C.; RYEL, R.J.; CORREIA, O. Structural and functional variability within the canopy and its relevance for carbon gain and stress avoidance. *Acta Oecologica*, v.22, n.2, p.129-138, 2001.
- YUE, X.L.; GAO, Q.X. Contributions of natural systems and human activity to greenhouse gas emissions. *Advances in Climate Change Research*, v.9, n.4, p.243–252, 2018.
- ZAMBOIN, S.S. Estruturado Dossel e massa de forragem de pastos capim-Marandu consorciados com leguminosa macrotiloma. 2020. 93p. Dissertação (Mestrado em Produção Animal Sustentável) – Instituto de Zootecnia. APTA/SAA, Nova Odessa, SP.
- ZIMMER, A.A.; LAURA, V.A.; MACEDO, M.C.M.; KICHEL, A.N.; ALMEIDA, R.G.; COSTA, J.A.A.; VALLE, C.B. Estabelecimento da pastagem. In: Curso de pastagens. Apostila. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte. 2007, p. 47- 69.
- ZIMMER, A.H.; MACEDO, M.C.M.; BARCELLOS, A.O. Estabelecimento e Recuperação de Pastagens de *Bachiaria*. In: Simpósio Sobre Manejo De Pastagem. Piracicaba. Anais... FEALQ, 1994.