


## Integração lavoura pecuária em terras brasileiras

 <https://doi.org/10.56238/sevened2024.023-029>

**Deise Dalazen Castagnara**

E-mail: deiseicastagnara@unipampa.edu.br

**Kelli Flores Garcez**

E-mail: kelligarcez15@gmail.com

**Luiza Vandrielli Goulart Unamuzaga**

E-mail: luizaunamuzaga.aluno@unipampa.edu.br

**Cibele Regina Schneider**

E-mail: cibeleraina17@hotmail.com

**Eloisa Mattei**

E-mail: eloisa-mattei@hotmail.com

**Édipo Alex Malavolta Ramão**

E-mail: ediporamao@gmail.com

**Gabriela Maidana Valença**

E-mail: gabrielavalenca.aluno@unipampa.edu.br

**Lueli Fernandes Bragança**

E-mail: luelifernandesb@gmail.com

**Cleiton José Ramão**

E-mail: cleiton-ramao@irga.rs.gov.br

**Rodrigo Holz Krolow**

E-mail: rodrigokrolow@unipampa.edu.br

**Paulo Sérgio Rabello de Oliveira**

E-mail: rabello.oliveira@hotmail.com

**Jackson Brazil Acosta Pintanel**

E-mail: Jackson-pintanel@irga.rs.gov.br

---

### RESUMO

Os sistemas integrados de produção agropecuária (SIPA's) consistem em cultivar culturas produtoras de grãos com culturas forrageiras na mesma área, em rotação, sucessão ou consórcio. Estes sistemas, além de diversificar a produção agrícola, promovem a eficiência e a sustentabilidade na produção rural, beneficiando as lavouras e a pecuária, são práticas agrícolas mais sustentáveis, economicamente viáveis e voltadas para a conservação dos solos. Como, dentre os objetivos dos sistemas integrados, quando bem manejados, são capazes de promover melhorias na qualidade do solo, ciclagem de nutrientes, adequação ambiental e viabilidade econômica das atividades envolvidas. Com isso, o sistema Integração Lavoura Pecuária (ILP) torna se um método muito importante, porque busca renovar as condições do solo, de modo aproveitar ao máximo os processos naturais, evitando usar insumos externos. O sistema ILP é uma alternativa viável nas condições edafoclimáticas, muitas são as potencialidades dos sistemas, possibilitando um aumento produtivo e redução de gastos de irrigação, fertilizantes, condicionadores de solo e outros insumos agrícolas, integrando a produção, a conservação ambiental e os benefícios socioeconômicos.

**Palavras-chave:** Agricultura, Produção, Sistemas integrados, Sustentabilidade.

## 1 INTRODUÇÃO

Os sistemas integrados de produção agropecuária (SIPA's) consistem em cultivar culturas produtoras de grãos com culturas forrageiras na mesma área, em rotação, sucessão ou consórcio (Barbosa *et al.*, 2022). Estes sistemas, além de diversificar a produção agrícola, beneficiando as lavouras e a pecuária são práticas agrícolas mais sustentáveis, economicamente viáveis e voltadas para a conservação dos solos (Coser *et al.*, 2018).

Devido à sua capacidade de proporcionar benefícios econômicos e ambientais (Barbosa *et al.*, 2022) os SIPA's têm recebido atenção especial de pesquisadores e vêm sendo adotadas por agricultores no Brasil (Bonetti *et al.*, 2015). Assim, o Brasil lidera as pesquisas em SIPA's em relação ao restante dos países do mundo, conforme Moraes *et al.* (2017), com aproximadamente 11,5 milhões de hectares são ocupados por diferentes arranjos de SIPA's. Destes, a região subtropical é responsável por 44% dessa área (Skorupa; Manzatto, 2019). Entretanto sua adoção em lavouras destinadas ao cultivo de arroz irrigado ainda é incipiente, especialmente no que tange à disponibilidade de dados para subsidiar as recomendações de manejo. Nestas áreas, denominadas terras baixas, é predominante o cultivo de arroz irrigado na primavera/verão e azevém no outono inverno. No Rio Grande do Sul cerca de 1,1 milhão de hectares são cultivados com arroz irrigado por inundação (CONAB, 2019) devido as características do solo nessas regiões. Estes possuem reduzida taxa de infiltração de água, baixa macroporosidade e elevada compactação próximo da superfície, o que dificulta a inserção de outras culturas, segundo Denardin *et al.* (2019) para que se possa obter resultados positivos em SIPA.

Portanto, torna-se um desafio implantar e conduzir sistemas em SIPA's e terras baixas. Contrapondo esse desafio, como o cultivo do arroz é oneroso e caro em termos de mão de obra, água, energia, e como estes recursos estão se tornando cada vez mais escassos, essa atividade está se tornando menos lucrativa (Kumar; Ladha, 2011). Por isso a implantação de SIPA nos modelos atuais de produção agrícola podem ajudar na geração de renda na entressafra das culturas de verão, e/ou aumentos de produtividade na lavoura de arroz.

Esse aumento seria possível pois os SIPA's preconizam a adoção do plantio direto como sistema de cultivo, assim, a ausência ou mínimo revolvimento do solo minimizam sua degradação (Coser *et al.*, 2018). Da mesma forma, a manutenção constante de cobertura viva ou morta no solo contribui com o aumento na produção de matéria seca por unidade de área, conforme Mazzuchelli *et al.* (2020) que pode ser utilizada como cobertura do solo (Skorupa; Manzatto, 2019). Esta também contribui com o aumento dos estoques de carbono (C) do solo, segundo Guesmi *et al.* (2019) que atuam como subsídio para fornecimento de nutrientes, conforme Soares *et al.* (2019), com consequente aumento de produtividade das culturas (Sousa *et al.*, 2020). Como os SIPA's podem ter seus arranjos de tempo-cultura-espço ajustados segundo as necessidades de cada realidade, conforme Barbosa *et al.* (2022), pesquisas contemplando ambientes de terras baixas podem ser conduzidas sob os princípios dos

SIPA's. Ademais, embora sejam conhecidos os benefícios da adoção dos SIPA's, em terras baixas estas ainda são incipientes, e requerem mais estudos para geração de recomendações técnicas mais consistentes (Carmona *et al.*, 2018).

Vale salientar ainda, que o modelo de sistema agrícola convencional está em evidência, pois ao longo dos anos a perda da diversidade forrageira e poluição do ambiente por excesso de nutrientes e resíduos de defensivos agrícolas, segundo Anghinoni *et al.* (2013) fez com que atualmente a sociedade exija que os modelos especializados de produção se comprometam em produzir alimento da forma mais conectada possível com a natureza (Carmona *et al.*, 2018).

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 BREVE HISTÓRICO SOBRE A INTEGRAÇÃO LAVOURA PECUÁRIA

Culturalmente sistemas de integração Lavoura Pecuária são considerados como sistemas inovadores de exploração agropecuária. Porém, já eram desenvolvidos na Europa desde a idade média. Na época eram usadas várias formas de plantios associados entre culturas anuais ou perenes, ou entre culturas frutíferas e árvores madeireiras (Lourençano; Cavichioli, 2019). Também, no século XVI havia integração de árvores frutíferas com a produção pecuária de gado bovino ou ovino, porém, devido a mecanização e intensificação dos sistemas agrícolas, tal integração quase desapareceu (EMBRAPA, 2019).

Em meados do final da década de 1970, especialmente na região sul do Brasil houveram esforços para reverter a degradação dos solos, com os sistemas de terraceamento integrado em microbacias hidrográficas, e desenvolvimento de tecnologias para o sistema de plantio direto (Lourençano; Cavichioli, 2019). Esse cenário incentivou as pesquisas por sistemas produtivos sustentáveis, que harmonizassem o aumento da produtividade animal e vegetal, e que preservasse os recursos naturais, conforme EMBRAPA (2019), resultando assim no início das pesquisas científicas sobre Integração Lavoura Pecuária (Lourençano; Cavichioli, 2019).

### 2.2 DEMANDA ALIMENTAR E ÁREA AGROPECUÁRIA BRASILEIRA

O aumento da população mundial, segundo Sene; Bacha (2024), que tem sido acelerado nos últimos anos, conforme Cabral Neto *et al.* (2024), conduzirá ao crescimento da demanda por alimentos a médio e longo prazos (Sene; Bacha, 2024). Esse aumento será intensificado pelo aumento do poder de compra decorrente do desenvolvimento das indústrias (Cabral Neto *et al.*, 2024). Dentre os países que suprirão essa demanda, o Brasil é um país que, certamente, proverá aumento da oferta de alimentos por meio da expansão agrícola e pecuária (Cabral Neto *et al.*, 2024). Essa expansão pode dar-se de duas formas, quer seja mediante expansão da área cultivada e/ou do aumento de sua produtividade agropecuária (Oliveira *et al.*, 2013).

No Brasil, segundo dados do Censo Agropecuário de 2017 (IBGE, 2019) existem 5.073,324 estabelecimentos agropecuários. Essas propriedades ocupam uma área total de 351,289 milhões dos 851 milhões de hectares (ha), ou seja, 41% da área total do País está alocada a estabelecimentos agropecuários (Sene; Bacha, 2024). Destas áreas, 18,1% da área agropecuária brasileira em 2017 (IBGE, 2019) eram ocupados com lavouras (temporárias e permanentes), 45,4% com pastagens (naturais e plantadas), 32,8% com matas (naturais e plantadas) (Sene; Bacha, 2024). Ao se considerar o total de áreas de pastagens em comparação à área total do nosso território, temos 160 milhões de hectares de pastagem, conforme Cabral Neto *et al.* (2024), que correspondem a 18,94% de toda sua extensão territorial brasileira, evidenciando seu amplo potencial agrícola (Sene; Bacha, 2024).

Entretanto, cerca de 52% destas áreas de pastagens estão em algum nível, degradadas (Cabral Neto *et al.*, 2024). Esse fator faz com que ao ser comparado com o cenário mundial, o Brasil possui uma das menores taxas de lotação bovina (Lapig, 2022). Aspecto este que ocasiona diversas consequências, as quais interferem diretamente no desempenho da produção, elevação dos custos e diminuição do faturamento nas propriedades (Leão *et al.*, 2021). Frente a este cenário, os sistemas de integração lavoura-pecuária podem ser uma boa opção para expansão agropecuária, de acordo com Cabral Neto *et al.* (2024), inibindo ou eliminando a necessidade de desmatamento para o avanço da fronteira agrícola, além de gerarem menor impacto ambiental (Carlos *et al.*, 2022).

### 2.3 DEGRADAÇÃO SOLOS E PASTAGENS E BIOMAS

A degradação do solo, induzida por sistemas tradicionais de produção agrícola ou pecuária tem sido estudada por Cabral Neto *et al.* (2024), por tratar-se de um fator de importância no comprometimento da sustentabilidade da produção agropecuária (Macedo; Araújo, 2019). Na agricultura, os sistemas de produção agrícolas tradicionais, que são aqueles de lavouras anuais, com cultivos contínuos, sem rotação de culturas, em que há o excesso do preparo do solo como é o caso do cultivo convencional do arroz irrigado (Cabral Neto *et al.*, 2024).

O preparo tradicional do solo, aliado às práticas inadequadas e o monocultivo, tem causado baixa produtividade, degradação do solo e dos recursos naturais (Lourençano; Cavichioli, 2019). Esses efeitos são resultado dos prejuízos causados à qualidade física e química do solo (Cabral Neto *et al.*, 2024). Ainda, com o crescente aumento da demanda por alimentos, ocorreu a intensificação da atividade agrícola, conforme Lourençano; Cavichioli (2019), com agravamento dos prejuízos supracitados e dos problemas com pragas e doenças invasoras (Cabral Neto *et al.*, 2024). E com a evolução tecnológica constante, a atividade agrícola moderna foi padronizada em simplificados sistemas de monocultura, além do uso de máquinas, agroquímicos e irrigações (Lourençano; Cavichioli, 2019).

Na degradação de pastagens, tem-se a diminuição da oferta de forragem para alimentação dos animais, uma vez que há a perda da capacidade de sustentar produção vegetal devido ao esgotamento do solo e ao super pastejo (Sene; Bacha, 2024). Isso gera um ciclo vicioso intensificando problemas ambientais e econômicos nas propriedades (Cabral Neto *et al.*, 2024). Estima-se que no Brasil, em 2020 haviam 40,16 milhões de ha de pastagens com degradação severa (Sene; Bacha, 2024).

A degradação dos solos em ambientes agrícolas e/ou pastoris, além de prejudicarem a conservação dos ecossistemas levam também à degradação dos biomas brasileiros (Cabral Neto *et al.*, 2024). Por este motivo têm sido questionadas e requerem intervenção para sua mitigação. A recuperação dessas áreas, com o objetivo de manter a qualidade do solo e promover maior rendimento de biomassa, por consequência, levam a elevação dos índices de produtividade e permite a competitividade no setor econômico (Souza *et al.*, 2021). Parte dessas áreas degradadas, uma vez recuperada, representa boa oportunidade para o País expandir suas produções vegetal e animal e atender à expansão da demanda mundial de alimentos, sem ter que desmatar novas áreas (Sene; Bacha, 2024).

O processo de degradação precisa ser controlado nos estágios iniciais, pelo fato dos impactos serem mais drásticos com o passar do tempo (Cabral Neto *et al.*, 2024). Existem diversas maneiras de intervenção nas pastagens, como a recuperação, em que o mesmo cultivar é mantido e se faz a restauração do potencial produtivo da forragem; a renovação, que se trata da introdução de uma nova espécie substituindo aquela que está degradada; e por fim a reforma que é caracterizada por correções ou reparos após o estabelecimento de uma pastagem (Rocha; Viana-Filho, 2021). A recuperação de área degradada se dá a partir da integração de técnicas envolvendo o ar, solo, água, fauna e flora, de modo a obter equilíbrio ecológico com vistas à alcançar sustentabilidade e ser produtivo a longo prazo (Cabral Neto *et al.*, 2024). Em termos gerais, significa usar de todas as estratégias necessárias para que a qualidade do solo atinja padrões semelhantes, ou até superiores aos de sua condição original.

Alguns sistemas integrados vem sendo amplamente utilizados, como o sistema de plantio direto (SPD), sistema de integração lavoura-pecuária (ILP) e sistema de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF), os quais apresentam inúmeros benefícios voltados à melhora da qualidade física do solo, favorecimento de acúmulo de carbono e maior disponibilidade de água (Silva *et al.*, 2021). Visando associar a produção e conservação ambiental, e com vistas a recuperar as áreas que já se encontram em estado de degradação, os sistemas de integração surgem como opções à adoção de práticas mais sustentáveis de produção de alimentos (Sene; Bacha, 2024). Nessa perspectiva, a interação entre lavoura e pecuária é uma boa estratégia para se alcançar esses objetivos, uma vez que está diretamente ligada à sustentabilidade (Junior *et al.*, 2020).

## 2.4 CONCEITUAÇÕES E BENEFÍCIOS DO ILP

Sistemas integrados tratam-se de estratégias para produção sustentável, onde integram-se atividades agrícolas, pecuárias e/ou florestais, realizadas em uma mesma área de cultivo (Lourençano; Cavichioli, 2019). A interação entre culturas possibilita a rotação no uso de sistemas de produção agropecuária, e tem como objetivo de elevar a qualidade do produto final, permitindo a conservação natural, principalmente em áreas degradadas (Silva *et al.*, 2022). Quando contemplado o componente florestal, utilização desses sistemas viabiliza a produção de grãos, carne e madeira, com sustentabilidade e conservação dos recursos naturais, conforme Magalhães (2019) por permitir a combinação de duas ou mais atividades agropecuárias na mesma área produtiva, ou seja, reunir agricultura, pecuária e/ou silvicultura na mesma fazenda (Sene; Bacha, 2024).

Os sistemas de integração possuem inúmeras vantagens, principalmente em relação ao sistema de cultivo tradicional, segundo Lourençano; Cavichioli (2019), pois nos sistemas integrados, os cultivos podem ser de forma consorciada, em sucessão ou em rotação (Cordeiro *et al.*, 2015). Com isso, há melhoria na produtividade, aproveitamento da adubação residual da lavoura e oferta de nutrientes e matéria orgânica ao solo, conforme Lourençano; Cavichioli (2019) como principais resultados dos efeitos sinérgicos entre seus componentes (Cordeiro *et al.*, 2015).

Como dentre os objetivos dos sistemas integrados temos a intensificação do uso da terra, a adequação ambiental e viabilidade econômica das atividades envolvidas, segundo Cordeiro *et al.* (2015), além dos benefícios supracitados, têm-se também a redução da emissão de gases causadores de efeito-estufa (GEE) por unidade de alimento produzido (Reis *et al.*, 2020). Obtêm-se ainda, a melhora na qualidade do solo, de acordo com Reis *et al.* (2020) pela formação da palhada, que será utilizada para o sistema de plantio direto da lavoura, e diversifica o cultivo das forrageiras, conforme Alvarenga *et al.* (2010) permitindo a recuperação de pastagens degradadas, conservação da água e aumento do desempenho animal (Reis *et al.*, 2020). São muitos os benefícios obtidos a partir da implementação do sistema, os quais proporcionam diversificação da produção, bem como elevação da eficiência produtiva e redução de danos ambientais (Cabral Neto *et al.*, 2024).

Há também, significativa redução na aplicação de insumos, uma vez que quebra se o ciclo de pragas e reduz plantas invasoras, além da redução do custo na produção ou reforma das pastagens (Lourençano; Cavichioli, 2019). Ainda, visando o uso eficaz dos recursos disponíveis, a possibilidade da implementação de sistemas de produção diversificados, levando à racionalização do uso de insumos, além da melhora da qualidade do solo e da água, ocasionando uma obtenção de maior rentabilidade por área (Cabral Neto *et al.*, 2024). Assim, de maneira resumida, a produção em sistema de integração acarreta diversos benefícios, não somente para o produtor, com a redução de custos de produção ao longo do tempo; diminuição da ociosidade do uso das áreas agrícolas; diversificação na produção e estabilidade de renda, mas também ao meio ambiente, onde há

melhoria de condições físicas, químicas e biológicas do solo; há aumento da ciclagem e eficiência na utilização de nutrientes; viabiliza a recuperação de áreas com pastagens degradadas; há aumento do bem-estar e produtividade animal (Cordeiro *et al.*, 2015).

## 2.5 DIFICULDADES DE IMPLANTAÇÃO E CONDUÇÃO

Os sistemas integrados proporcionam diversos benefícios, porém, por se tratarem de sistemas mais complexos de produção podem é preciso considerar algumas dificuldades presentes nesse sistema, como por exemplo, a compactação do solo por pisoteio animal (Lourençano; Cavichioli, 2019). No entanto, esses impactos negativos limitam-se às camadas superficiais, além de serem temporários e reversíveis, em sua maioria (Vilela *et al.*, 2011). A compactação aliada a remoção de vegetação, também causada pelo pisoteio podem levar a uma série de problemas no solo, bem como, diminuição de infiltração de água, aumentando a erosão superficial do solo, reduzindo, conseqüentemente, o crescimento das plantas (Lourençano; Cavichioli, 2019).

Por esse motivo, é necessário o manejo adequado das pastagens, evitando o superpastejo/sobrepastejo e assegurando a manutenção de matéria seca residual remanescente. Ainda, mesmo que a presença do animal ocasione pisoteio e compactação, o pastejo estimula o crescimento radicular das plantas forrageiras, ou seja, os malefícios podem ser compensados pelos benefícios. Assim, ambos dependem obviamente, de uma série de fatores a serem considerados num sistema integrado, entre eles: tipo de solo, teor de umidade, taxa de lotação animal, massa de forragem, espécie e vigor da forrageira utilizada (Lourençano; Cavichioli, 2019). Há também necessidade de investimento financeiro para implantação e manutenção do sistema, portanto, pequenos agricultores encontram dificuldade nesse quesito (Balbino *et al.*, 2012a). Pelos motivos descritos, mesmo com diversos benefícios, há ainda, resistência à adoção de novas tecnologias, por parte dos produtores, em suma, devido a exigência de qualificação dos mesmos, além da necessidade de técnicos e mão-de-obra especializada (Lourençano; Cavichioli, 2019).

## 2.6 MODALIDADES DE SISTEMAS INTEGRADOS

A integração consiste na implantação de diferentes sistemas produtivos de grãos, fibras, carne, leite e agroenergia na mesma área, no plantio consorciado, podendo ser sequencial ou rotacional (Vilela *et al.*, 2011). Sistemas integrados tem sido difundidos em todo país, em diferentes combinações dos seus componentes, sendo eles: integração lavoura-pecuária (ILP), integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF), integração pecuária-floresta (IPF) e integração lavoura-floresta (ILF) (Vilela *et al.*, 2015; EMBRAPA, 2019). Na integração lavoura-pecuária (ILP) ou agropastoril, há integração dos componentes: agrícola, com produção anual ou perene (grãos, pastagens), e pecuário (EMBRAPA, 2019). Neste sistema adota-se a combinação de dois componentes: a agrícola (lavoura),

com produção anual ou perene (grãos, pastagens), e pecuário (gado de corte, leite), podendo ser em rotação, consórcio ou sucessão, mas na mesma área e no mesmo ano agrícola, ou por múltiplos anos (Lourençano; Cavichioli, 2019). Esse sistema busca a diversidade de cultivos de forrageiras, a redução da aplicação de insumos na propriedade (Lourençano; Cavichioli, 2019). As espécies mais utilizadas são consorciadas em espécies de inverno (aveia branca, aveia preta, azevém), e espécies de verão (sorgo, milho, soja, feijão) (Assis *et al.*, 2019).

O sistema de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF), ou agrossilvipastoril, é a combinação dos três componentes: agrícola (lavoura), florestal (espécies arbóreas e/ou frutíferas) e pecuário (gado de corte, leiteiro), visa a eficiência dos ciclos biológicos das plantas, dos animais e seus resíduos, onde minimiza e aperfeiçoa o uso de insumos, além de reduzir os impactos ao meio ambiente (Assis *et al.*, 2019). Quando integrado o componente florestal, os benefícios observados são: a arborização das pastagens, permitindo que o capim se mantenha verde na seca, além do conforto térmico fornecido aos animais (Lourençano; Cavichioli, 2019). Possibilita também, a recuperação de áreas degradadas, pois otimiza o uso do solo através da produção de grãos e madeira nas áreas de pastagem (Lourençano; Cavichioli, 2019). Assim, pode-se variar entre os seus componentes, chegando a uma integração que melhor se adequa à sua área, solo e clima (Cordeiro *et al.*, 2015). Esse sistema de integração faz parte dos sistemas agroflorestais, sendo subdividido com outra nomenclatura, sendo ela: agropastoril; agrossilvipastoril; silvipastoril e silviagrícola (Lourençano; Cavichioli, 2019).

A integração pecuária-floresta (IPF) ou silvipastoril, integra o componente pecuário (pastagem e animal) e o componente florestal na forma de consórcio (Lourençano; Cavichioli, 2019). As árvores mais indicadas para o plantio são as que respondem melhor às expectativas de retorno econômico e apresentam menor risco de perda por danos causados pelo gado, sendo assim, os produtores costumam optar por: eucalipto, cedro australiano, teca, cedro rosa, guanandi e mogno africano (Vilela *et al.*, 2015; EMBRAPA, 2019). E por fim, a integração lavoura-floresta (ILF) ou silviagrícola, integra o componente florestal e agrícola (lavoura), pela consorciação de espécies arbóreas com cultivos agrícolas, anuais ou perenes (Lourençano; Cavichioli, 2019). As árvores são plantadas nas entrelinhas das culturas para que haja a produção da biomassa foliar e aumento do teor de matéria orgânica no solo (Assis *et al.*, 2019; EMBRAPA, 2019).

A integração lavoura-floresta (ILF), integra o componente florestal e agrícola (lavoura) pela consorciação de espécies arbóreas com cultivos agrícolas, anuais ou perenes. E por sua vez, a integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF), é a integração dos três componentes: agrícola (lavoura), florestal (espécies arbóreas e/ou frutíferas) e pecuário (gado de corte, leiteiro), em rotação, consórcio ou sucessão, na mesma área. Esse sistema visa a eficiência dos ciclos biológicos das plantas, dos animais e seus resíduos, minimizando o uso de insumos diminuindo os impactos ao meio ambiente (EMBRAPA, 2019).



## 2.7 VARIAÇÕES DOS SISTEMAS INTEGRADOS NO BRASIL

Em qualquer região onde inicia-se a implantação de um sistema integrado de produção, necessita-se de um bom planejamento. Este deve contemplar um projeto detalhado de todas as etapas do processo, considerando os diferentes aspectos, entre eles: condições edafoclimáticas, existência de infraestrutura para suprimento de insumos, armazenagem e escoamento da produção (Lourençano; Cavichioli, 2019). Dessa forma, poderá ser aplicado a qualquer produtor rural, independentemente do tamanho de sua propriedade (Kichel *et al.*, 2014).

No Brasil, devido a diversidade edafoclimática do nosso território, temos grande variabilidade de sistemas integrados implantados (Lourençano; Cavichioli, 2019). Na região da amazônia os sistemas lavoura-floresta e pecuária-floresta bem difundidos, onde utilizam-se espécies florestais como paricá, eucalipto, teca e mogno africano (Balbino *et al.*, 2011). Nestes sistemas, das espécies de forrageiras são mais comuns: o braquiarião, quicuío, capim-gengibre, Jaraguá, Pueraria, e compondo a pecuária, encontra-se bovinos, bubalinos e ovinos deslanados. O sistema ILF é normalmente utilizado em área degradadas, com plantio de grãos entre duas a três safras, predominando o arroz, milho, soja e feijão caupi em sequeiro, disseminado assim em regiões aptas para essas culturas deslanados (Lourençano; Cavichioli, 2019).

Na caatinga por sua vez, o sistema com maior aplicabilidade é a ILPF, por conta da resposta às pressões por produção de alimentos. Eles integram a exploração de espécies lenhosas perenes, associadas às culturas e pastagens (Balbino *et al.*, 2011). No cerrado, utiliza-se a ILPF com as espécies agrícolas de algodão, soja, milho, sorgo, feijão, arroz e girassol. Na mata atlântica da região sul, predominam os sistemas baseados na sucessão de culturas no verão deslanados (Lourençano; Cavichioli, 2019). No Sudeste, há o predomínio das rotações de forrageiras com culturas anuais da soja, milho e algodão para a produção de palhada. No Nordeste, os sistemas predominantes são pecuária-floresta (EMBRAPA, 2019). Em praticamente metade do Rio Grande do Sul, o sistema mais comum é o lavoura-pecuária. Por fim, no pantanal, o sistema mais utilizado é o pecuária-floresta de forma extensiva, adaptado às características do local (Balbino *et al.*, 2011).

## 2.8 SISTEMAS INTEGRADOS E A MITIGAÇÃO DA EMISSÃO DE METANO

Resultados e benefícios a partir da adoção do sistema de Integração Lavoura-Pecuária (ILP) são muitos os benefícios obtidos a partir da implementação do sistema ILP, entre eles pode-se destacar a melhora da dieta animal, a qual culmina em redução do tempo de abate, gerando então, menores taxas de emissão de gás metano (CH<sub>4</sub>) por produção animal (Cabral Neto *et al.*, 2024). Esses aspectos proporcionam melhor direcionamento econômico, além de impedir que novas áreas de vegetação nativa sejam convertidas em pastagens (Carlos *et al.*, 2022). A tecnologia utilizada para recuperação

de pastagens tem a capacidade de retirar o carbono da atmosfera, de modo a fixá-lo no solo (Cabral Neto *et al.*, 2024).

Algumas evidências apontam que é possível neutralizar as emissões provenientes do setor de Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas (LULUCF), uma vez que, ao recuperar 27,5 milhões de hectares (Mha) até o ano de 2030, acumulam-se cerca de 6,028 milhões de toneladas (Mt) de equivalente de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>eq) no solo, o que equivale a 463,7 Mt CO<sub>2</sub>eq ao ano (Cabral Neto *et al.*, 2024). Esses dados contribuem para um balanço de mitigação positivo para o país (Assad *et al.*, 2021). Quando manejadas de forma adequada, as pastagens acumulam carbono em níveis significativos, sendo semelhantes, ou até mesmo superiores à vegetação nativa, segundo Cordeiro *et al.* (2024), além de promoverem maior qualidade nutricional para o rebanho (Cabral Neto *et al.*, 2024). Já as pastagens degradadas, além de interferirem no desempenho animal, proporcionam a perda de carbono acumulado (Cabral Neto *et al.*, 2024).

Dessa forma, pode-se considerar que o sistema ILP é uma potente alternativa frente às dificuldades encontradas na cadeia de produção, uma vez que reduz o comprometimento ao meio ambiente e maximiza-se a produção e receitas da propriedade (Assis *et al.*, 2019). Em termos gerais, o propósito do sistema ILP é promover interações entre solo, planta, animal e atmosfera, as quais culminam em redução de riscos e custos, bem como no aumento da eficiência produtiva, atenuação da emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE) e diminuição de pragas (Cabral Neto *et al.*, 2024). Tendo em vista aspectos mais amplos, o sistema permite uma produção de alimentos diversificada, além de abrandar possíveis riscos relacionados à insegurança alimentar em países subdesenvolvidos (Capitani; Farina, 2022). Visando o uso eficaz dos recursos disponíveis, há a possibilidade da implementação de sistemas de produção diversificados, levando à racionalização do uso de insumos, além da melhora da qualidade do solo e da água (Cabral Neto *et al.*, 2024). Esses benefícios podem ser obtidos em propriedades de todos os tamanhos e até mesmo em propriedades que demandam a exploração das áreas de preservação permanente (Martins; Rezende, 2020).

## 2.9 TIPOS DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA

O Sistema de Integração Lavoura-Pecuária ou Sistema Agropastoril, tem como objetivo elevar a produtividade e alcançar níveis ambientais favoráveis a partir da rotação e diversificação na produção de pastagem e lavoura em SPD, usando uma mesma superfície em épocas diferentes. Existem diversas metodologias a serem adotadas dentro do Sistema ILP, as quais podem e devem ser adaptadas de acordo com a necessidade de cada região, sendo elas: Barreirão, Santa Brígida, Santa Fé, São Mateus e Gravataí (Camporezi, 2022).

O Sistema Barreirão é um tipo de tecnologia que proporciona o estabelecimento de pastagem seguida da colheita dos grãos, ou seja, acontece a partir do preparo total da área, com correção e

adubação antes da inserção de culturas de grãos, em que, ao mesmo tempo, insere-se gramíneas forrageiras e perenes, especialmente braquiárias (Bungestab *et al.*, 2018). O Sistema Santa Brígida tem como objetivo promover o aumento do aporte de nitrogênio ao solo a partir da fixação biológica do nitrogênio atmosférico, essa prática se consolida com a inserção de adubos verdes no sistema produtivo do milho. Nessa organização pode haver o beneficiamento para cultura posterior, uma vez que a oferta de nitrogênio advindo das leguminosas proporciona a diminuição da oferta de nitrogênio mineral (Queirós *et al.*, 2020).

O Sistema Santa Fé promove a inserção de espécies forrageiras do gênero *Urochloa* e *Megathyrus*, principalmente por consorciação, em sistema de produção de grãos. Tem como objetivo produzir forragem no período de entressafra, além de produzir palhada para o SPD da próxima cultura (Ponciano *et al.*, 2021). O Sistema São Mateus tem como objetivo a promoção do SPD para introduzir, juntamente com a pastagem, as lavouras em rotação. Ele é direcionado à regiões que possuem solos arenosos, pobres em nutrientes e com a capacidade de retenção de água prejudicada, e aquelas em que a distribuição pluviométrica é irregular durante o ano, ocasionando restrição hídrica (Fontaneli; Fontaneli,; Panisson, 2022). O Sistema Gravataí se dá a partir do consórcio entre feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) e gramíneas do gênero *Brachiaria*, como *B. ruziziensis* e *B. brizantha* cvs. BRS Paiaguás e BRS Piatã, de forma a obter maior acúmulo de forragem com alto valor nutritivo, bem como grande teor de proteína bruta (PB) e digestibilidade (Camporezi, 2022).

Em termos gerais, o Sistema Barreirão promove o aumento da rentabilidade com a diversificação da atividade, além de ampliar a capacidade de suporte animal, bem como a resistência durante a estação de seca e supressão de cupins e invasoras (Cabral Neto *et al.*, 2024). Já o Sistema Santa Fé e Santa Brígida, a partir da palhada forrageira, propicia uma melhora das condições físicas, químicas e biológicas do solo, beneficiando o desenvolvimento de um próximo cultivar naquele local sob o SPD, além de oferecer a possibilidade de aumentar a oferta de forragens para suprir as necessidades do gado durante o período de seca, também há, nesses sistemas, a viabilização do uso da área para agricultura no verão e pecuária durante o inverno (Leão *et al.*, 2021).

## 2.10 COMPONENTES FORRAGEIRO EM SIPA'S

Assim como no restante do Brasil, na região sul a atividade baseia-se na utilização das pastagens como principal recurso alimentar. Ainda, como a estação fria bem definida, caracterizada pela redução do fotoperíodo, temperaturas baixas e ocorrência de geadas, limita a produção e qualidade de forrageiras tropicais, conforme Peretti *et al.* (2017), estratégias forrageiras devem ser adotadas para suprir essa lacuna alimentar. Os SIPA's no Brasil compreendem uma grande diversidade de espécies forrageiras devido à diversidade das nossas condições edafoclimáticas. Entretanto, das pastagens cultivadas no inverno, a espécie mais utilizada é o azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) de acordo com

Bohn *et al.* (2020), devido ao seu potencial produtivo e boa adaptação às condições ambientais da região (Dotto; Robaina; Scotti, 2022). Além de ser uma boa alternativa para compor sistemas subtropicais de integração lavoura-pecuária, segundo Moraes *et al.* (2014), por possuir elevado potencial de produção de matéria seca, conforme Peterson *et al.* (2019) pode ser usado tanto para pastejo quanto para cobertura do solo (Bohn *et al.* 2020).

Como os SIPA's visam a sustentabilidade social, ambiental e econômica, dentre os desafios, têm-se a adoção de estratégias de manejo de pastagens que visem maximizar a produção vegetal e animal são de extrema importância (Dotto; Robaina; Scotti, 2022). Assim, além da escolha da espécie forrageira, o método de pastejo e a estratégia de adubação devem ser definidas visando atender os princípios citados. Na lotação contínua, os animais têm acesso ilimitado e ininterrupto a toda a área a ser pastoreada durante todo o período de pastejo e na lotação rotacionada ocorre alternância entre desfolha e descanso (Dotto; Robaina; Scotti, 2022). Devido à intercalação dos períodos de descanso e pastejo, na lotação rotativa, o processo de rebrota ocorre de forma isolada do processo de pastejo (Ongaratto; Romanzini, 2021). Por outro lado, a lotação contínua é caracterizada por mudanças mais brandas na condição do pasto ao longo do período (Dotto; Robaina; Scotti, 2022). Esta é opção mais indicada para adoção em sistemas SIPA's, pois a constante cobertura do solo mantida pela maior altura residual de pastejo proporciona o efeito esponja minimizando a compactação do solo (Coser *et al.*, 2018).

No azevém, quando usado para pastejo, no seu manejo recomenda-se a entrada de animais na área quando o azevém estiver com aproximadamente 30 cm de altura, para um melhor aproveitamento da pastagem (Flores *et al.*, 2008). Entretanto, o manejo de pastejo deve priorizar uma altura da pastagem sempre superior a 10-15 cm para estimular o rebrote (Peretti *et al.*, 2017). O período de uso de pastagens de azevém pode durar até 80 dias, condicionado ao clima, adubação do solo e principalmente o manejo área (Pelegrini *et al.*, 2010). Apesar de tratar-se de uma espécie forrageira extensamente estudada na região Sul do Brasil, sua dinâmica em SIPA's em terras baixas ainda não está totalmente elucidada. Assim, estudos contemplando o desempenho do azevém inserido em sistemas SIPA's alternativos em terras baixas subsidiarão recomendações técnicas para o manejo desta pastagem.

## 2.11 COMPONENTE ANIMAL EM SIPA'S

A fase pecuária dos SIPA's nas regiões subtropicais do Brasil é comumente adotada no período de inverno e as principais espécies vegetais utilizadas são as gramíneas forrageiras hibernais (Bertol *et al.*, 2022). Destas, o azevém é o predominante em terras baixas, com produções de matéria seca que podem atingir 10 ton/ha e concentração de nutrientes digestíveis totais que pode chegar a mais de 80%, proporcionando ótimo desempenho animal (Fontaneli *et al.*, 2016). Entretanto, este é dependente do

manejo da intensidade de pastejo na fase pecuária, que determina a quantidade de forragem disponível para o animal: maiores intensidades de pastejo irão proporcionar menor disponibilidade de forragem e vice-versa (Bertol *et al.*, 2022). Este está diretamente ligado à carga animal utilizada, que constitui um dos principais desafios para o aumento da área de SIPA's no Sul do Brasil. Existem paradigmas ligados ao consumo de material forrageiro que cobriria o solo e à potencial compactação do solo pelo pisoteio animal de acordo com De Faccio Carvalho *et al.* (2021), ou seja, ambos estão ligados à intensidade de pastejo da fase pecuária (Bertol *et al.*, 2022).

Embora o pastejo deva ser moderado para minimizar a compactação do solo e maximizar a produção forrageira, deve estar presente, pois é o responsável pelo crescimento radicular das plantas. Ou seja, o componente animal é fundamental para a sustentabilidade do sistema, pois além de promover a desfolha com crescimento radicular das plantas forrageiras ainda proporciona a ciclagem dos nutrientes por meio das fezes e urina. Os sistemas integrados lavoura-pecuária partem da premissa de que a atividade pecuária pode contribuir com resíduos orgânicos, melhoria das características físicas e químicas do solo, rotação de culturas, interrupção do ciclo de doenças de plantas e redução das perdas decorrentes da variabilidade climática. Além disso, esses sistemas podem fornecer forragens frescas e altamente nutritivas para o gado, inclusive no inverno, enquanto em outros sistemas a forragem pode ser escassa (Vinholis *et al.*, 2021). Por este motivo a adoção de animais com potencial genético pode potencializar os SIPA's proporcionando maior ganho animal e maior eficiência no uso das forragens ofertadas.

## 2.12 COMPONENTE AGRÍCOLA EM SIPA'S

Nas regiões subtropicais do Brasil, a fase de cultivo agrícola dos SIPA's é comumente adotada no período de verão, e contempla as culturas do arroz irrigado (*Oryza sativa*), ou soja (*Glycine max*) e/ou milho (*Zea mays*). Em terras baixas o milho raramente é cultivado, exceto quando destinado a produção de silagem para alimentação animal. O arroz cultivado na forma irrigada é a cultura predominante em terras baixas na fase agrícola. Entretanto, a sustentabilidade do seu cultivo vem decaindo safra após safra, com aumento dos custos de produção e redução da disponibilidade hídrica.

A soja é a commodity econômica mais importante do Brasil e amplamente utilizada em todo o mundo. Nos últimos anos, novas áreas têm sido utilizadas para a produção de soja, principalmente nas terras baixas dos campos agrícolas do sul do Brasil historicamente manejados pela pecuária (Theisen; Scivittaro, 2023). No entanto, a maioria das áreas apresentou fatores limitantes para a produção, como baixa fertilidade do solo e reduzida retenção de água, reduzindo o potencial de rendimento de grãos. Entretanto, os ganhos relacionados à cultura da soja não seriam diretamente econômicos.

Por se tratar de uma cultura leguminosa possui a capacidade de fixação biológica de nitrogênio. Ainda, seu sistema radicular pivotante poderia contribuir com a descompactação das

camadas superficiais do solo, contribuindo no longo prazo com a melhoria da sua estrutura. Associadas, estas características poderiam contribuir para uma condição de solo mais favorável ao azevém, proporcionando maior produtividade de MS e maior carga animal (Silva *et al.*, 2020).

## 2.13 COMPONENTE ECONÔMICO EM SIPA'S

A adoção de tecnologias possibilita ganhos de produtividade e/ou menores custos de produção por meio do uso de novos insumos e novas combinações dos recursos (Vinholis *et al.*, 2022). Esses ganhos têm sido observados na agricultura brasileira. Nas décadas recentes, a geração e adaptação de tecnologias agrícolas para as condições tropicais possibilitaram que o país sustentasse um aumento consistente na produção de alimentos. Em 2020, o PIB do agronegócio alcançou 26,6% de participação no PIB nacional (Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada, 2020). A produção agrícola em monocultivo e a pecuária convencional não integrada com culturas foram desenhadas para um aumento rápido da produtividade e da oferta de alimentos (Vinholis *et al.*, 2021). Assim, a monocultura é o sistema de produção vegetal e animal predominante no Brasil, baseado no uso intenso de recursos naturais, fórmulas químicas e energia não renovável (Mendonça *et al.*, 2020).

Entretanto, alguns destes sistemas de produção têm mostrado sinais de saturação e impactos ambientais negativos (Vinholis *et al.*, 2021). No entanto, diante de uma iminente escassez de recursos naturais, os sistemas produção precisam ser repensados (Mendonça *et al.*, 2020). Sistemas de integração lavoura-pecuária têm sido desenvolvidos como uma alternativa que oferece aumento de produtividade e maior sustentabilidade ambiental (Vinholis *et al.*, 2021). Esses sistemas possibilitam a exploração econômica das áreas de produção durante o ano todo, permitindo maior produção de grãos, leite e carne, a custos menores em função da interação lavoura e pastagem. Na teoria econômica, eventuais ganhos econômicos obtidos com a diversificação dos sistemas de produção são justificados pela chamada “economia de escopo”, que ocorre quando o custo de produção de dois itens em um determinado sistema de produção é menor do que quando os mesmos itens são produzidos separadamente (Mendonça *et al.*, 2020).

No entanto, mensurar e demonstrar a economia de escopo em sistemas de produção não é tão simples, conforme Gameiro *et al.* (2016), provavelmente pela dificuldade em calcular o custo de produção de um sistema integrado, principalmente para os agricultores (Araújo; Mendonça, 2020). Isso pode ser explicado porque não existe um “protocolo padrão” para estimar o custo de um sistema integrado, o que significa que existem várias maneiras de conceituar custos em sistemas de produção relacionados à natureza. As diferentes possibilidades de configurações do sistema CLI em relação às culturas implantadas e aos manejos realizados são desafiadas a demonstrar as vantagens econômicas desse sistema (Araújo; Mendonça, 2020).

## 2.14 SISTEMAS INTEGRADOS NO SUL DO BRASIL

Os SIPA são modelos produtivos planejados no espaço e no tempo, na mesma área ou em áreas distintas, de forma conjunta ou sequencial, com propósito de associar a produção agrícola com a pecuária de corte ou de leite, beneficiando-se do sinergismo entre as atividades para aumentar os níveis de produtividade e promover a maior diversificação da renda, de forma sustentável (Sandini *et al.*, 2011; Anghinoni *et al.*, 2013). Atualmente institutos de pesquisas fomentam a diversificação de culturas integradas à produção pecuária em manejos conservacionistas do solo, em áreas historicamente destinadas ao cultivo do arroz, a partir da introdução de soja, milho, capim sudão e forrageiras hibernais. O que se tem estudado são sistemas de produção de arroz irrigado que variam a diversidade dos cultivos agrícolas e a intensidade temporal da fase pastagem e do cultivo do arroz irrigado (Moraes *et al.*, 2017).

Embora áreas destinadas à sistemas de produção integrada de produção agropecuária possuam potencial para amenizar problemas ambientais, atender demanda de consumo e desenvolvimento econômico, o setor carece de estudos para aplicação de ferramentas e estratégias sustentáveis (Carmona *et al.*, 2018). Vale salientar ainda, que o modelo de sistema agrícola convencional está em evidência, pois ao longo dos anos a perda da diversidade forrageira e poluição do ambiente por excesso de nutrientes e resíduos de defensivos agrícolas, segundo Anghinoni *et al.* (2013) fez com que atualmente a sociedade exija que os modelos especializados de produção se comprometam em produzir alimento da forma mais conectada possível com a natureza (Carmona *et al.*, 2018).

Em terras baixas é predominante o cultivo de arroz irrigado na primavera/verão e azevém no outono inverno. Essa prática ocorre em aproximadamente 1,1 milhão de hectares no Rio Grande do Sul (CONAB, 2019) devido as características do solo nessas regiões. Contudo, sabe-se que o cultivo de arroz é oneroso e caro em termos de mão de obra, água, energia, e como estes recursos estão se tornando cada vez mais escassos, essa atividade está se tornando menos lucrativa (Kumar; Ladha, 2011). Por isso a implantação de SIPA nos modelos atuais de produção agrícola podem ajudar na geração de renda na entressafra das culturas de verão.

O solo de áreas cultivadas com arroz tende a ter reduzida taxa de infiltração de água, baixa macroporosidade e elevada compactação próximo da superfície, o que dificulta a inserção de outras cultura, conforme Denardin *et al.* (2019) para que se possa obter resultados positivos em SIPA. Um dos conceitos mais recentes estudados em SIPA é adubação de sistemas, ao qual refere-se à ciclagem biológica de nutrientes entre as fases de um sistema de rotação, ou seja, acredita-se que em um sistema que compreenda agricultura e pecuária, possa haver um aproveitamento dos nutrientes depositados no solo para as culturas sucessivas (Assmann *et al.*, 2017). Em terras altas esse conceito já é aplicado e estudado por Souza (2008), mas em terras baixas há muito que ser explorado. Segundo Carvalho (2018), a inserção de animais em áreas de SIPA, modifica algumas propriedades do sistema, como a

reciclagem de nutrientes e agregação do solo, promovendo a melhora de sua qualidade. Sabendo que a reciclagem de nutrientes para o solo através de bovinos na pastagem é possível, cabem ainda estudos que comprovem os benefícios da introdução dos componentes forrageiro e animal a estes sistemas.

### 2.15 AZEVÉM ANUAL (*Lolium multiflorum*) EM TERRAS BAIXAS

Pastagens nativas são a principal fonte de alimento de bovinos no Pampa do Rio Grande do Sul, porém elas apresentam melhor valor nutricional nas estações mais quentes do ano (Flores *et al.*, 2008). Não só na região dos Pampas, mas em todo o sul do Brasil, a estação fria bem definida, caracterizada pela redução do fotoperíodo, temperaturas baixas e ocorrência de geadas, limita a produção e qualidade de forrageiras tropicais (Peretti *et al.*, 2017). A estação fria é a mais restrita em produção forrageira, caracterizada pela escassez e perda de qualidade dos alimentos fornecidos aos animais (Pavinato *et al.*, 2014). Essa sazonalidade na produção de forragem tem sido um dos principais responsáveis pelos baixos índices de produção na pecuária brasileira, onde fatores climáticos como precipitação e temperatura são os mais importantes (Gerdes *et al.*, 2005). Porém, as mesmas condições climáticas que limitam a produção das forrageiras tropicais favorecem a utilização estratégica de espécies forrageiras anuais, adaptadas a estas condições (Peretti *et al.*, 2017).

O Azevém anual é uma das espécies hibernais mais cultivadas no Rio Grande do Sul, conforme Bohn *et al.* (2020), além de ser uma boa alternativa para compor sistemas subtropicais de integração lavoura-pecuária (Moraes *et al.*, 2014). Segundo Gerdes *et al.* (2005), o azevém é caracterizado por alta produtividade e excelente valor nutricional. Esta cultura é resistente ao frio, tem alta capacidade de ressemeadura natural, tem resistência a doenças das culturas e para o animal, a aceitação é grande quando cultivada em consórcio com outras gramíneas e leguminosas (Cassol *et al.*, 2011). Por possuir elevado potencial de produção de matéria seca, de acordo com Peterson *et al.* (2019) pode ser usado tanto para pastejo quanto para cobertura do solo, conforme Bohn *et al.* (2020) podendo também ser utilizada na forma de silagem e feno (Pedroso *et al.*, 2004).

Para melhorar ainda mais o seu potencial produtivo, pesquisas voltadas ao melhoramento genético do azevém tem objetivado selecionar cultivares ainda mais produtivas, mais precoces e melhor adaptadas à diferentes condições edafoclimáticas. Quando usado para pastejo, no seu manejo recomenda-se a entrada de animais na área quando o azevém estiver com aproximadamente 30 cm de altura, para uma melhor aproveitamento da pastagem (Flores *et al.*, 2008). Os animais devem ser retirados da área quando as plantas atingem uma altura residual de 10-15 cm para estimular o rebrote (Peretti *et al.*, 2017). O período de uso pode durar até 80 dias e depende clima, adubação do solo e principalmente o manejo área (Pelegrini *et al.*, 2010). Existem vários trabalhos elucidando o potencial produtivo do azevém em diversas regiões do Sul do Brasil (Lang *et al.*, 2004; Lopes *et al.*, 2009; Battiston *et al.*, 2020, Bohn *et al.*, 2020), porém como é recente a rotação arroz-azevém-soja em Terras



Baixas, trabalhos que mensurem a produção de azevém nesse modelo de SIPA são escassas informações na literatura científica.

## 2.16 VALOR NUTRICIONAL DE PLANTAS FORRAGEIRAS

O valor nutricional de uma forragem é definido pela sua composição química e pelo potencial de aproveitamento pelos animais para geração de energia e sua conversão em produção. Assim, o resultado de uma análise química torna-se uma importante ferramenta para o balanceamento correto da dieta dos animais, com maiores respostas na produção de leite e carne (Serafim *et al.*, 2017). Na quantificação analítica do valor nutritivo dos alimentos, são utilizados vários parâmetros, como matéria seca (MS), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB) ou nitrogênio total (N), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), lignina, digestibilidade, entre outros (De Macêdo Carvalho *et al.*, 2021). Entretanto, as estimativas do conteúdo de nitrogênio e proteína bruta, e as frações fibrosas são as mais relevantes. Estas são determinadas por meio da análise de fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido que podem ser fracionadas à lignina, celulose e hemicelulose.

Na determinação do valor nutricional de uma espécie forrageira, é necessária a realização de estudos que permitam a avaliação conjunta da composição química (MS, MO, PB, EE, FDN, FDA e lignina), digestibilidade e constituintes secundários que podem interferir na ingestão e utilização da forragem consumida pelos ruminantes (De Macêdo Carvalho *et al.*, 2021). Assim, a partir da composição química, estimativas podem ser realizadas para contribuir com a avaliação nutricional, como as que permitem conhecer os teores de carboidratos totais (CHOT) não fibrosos (CNF) e estruturais (CE) (Sniffen *et al.*, 1992). Ainda outros parâmetros podem ser estimados a partir da composição química, como o consumo de matéria seca expresso em percentual do peso vivo (CMSPV) obtido a partir do FDN (Mertens *et al.*, 1997). A digestibilidade da matéria seca (DIGMS) e os nutrientes digestíveis totais (NDT) que podem ser estimados a partir do FDA, de acordo com Bolsen, (1996), e o valor relativo da forragem (VRF) estimado a partir da DGMS e do CMSPV (Bolsen, 1996).

Além dos parâmetros descritos, outros podem ser estimados para determinar o valor nutricional de uma forragem em sua forma natural ou conservada, para utilização em ruminantes. Entretanto, ao consideramos a fração proteica e os constituintes fibrosos podemos estimar rapidamente o valor nutricional de uma forragem. O teor de proteína na forragem também é determinante no valor nutricional porque tem correlação positiva com consumo de matéria seca, segundo Oliveira *et al.*, (2017), sendo este efeito proveniente parcialmente do aumento da proteína degradável no rúmen e melhora na digestibilidade dos alimentos (Cardoso *et al.*, 2014).

Da mesma forma, os teores dos constituintes fibrosos interferem diretamente na capacidade de consumo e na digestibilidade. A FDN é determinante do CMSPV porque quanto maior o teor de FDN de uma forragem, mais lenta será sua digestão, e portanto, maior período de tempo ficará retida no

ambiente ruminal, ocasionando o efeito de enchimento (Mertens *et al.*, 1996). No efeito de enchimento o animal encontra-se saciado pelo efeito físico proporcionado pela fibra da forragem em digestão, limitando desta forma, o consumo de um volume maior de MS (Oliveira *et al.*, 2017). Por este motivo, quanto maior o teor de FDN de uma forragem, menor será a capacidade de consumo da mesma, e menor o CMSPV (Detmann; Gionbelli; Huhtanen, 2014). Conforme descrito por Mertens (1992) propôs o valor máximo de consumo de 1,2% do peso vivo em FDN, no entanto, como o CMSPV é influenciado pelo estado fisiológico dos animais, quando em produção como vacas leiteiras terão uma demanda de CMSPV superior à bovinos de corte em manutenção por exemplo (Cardoso *et al.*, 2014). Assim, é importante conhecer o CMSPV de cada forragem para equilibrar sua inclusão nas dietas para que não ocorra limitação de consumo por efeito de enchimento, evitando assim a limitação de desempenho dos animais.

Na sua composição a FDN possui lignina, celulose e hemicelulose. Enquanto as duas últimas são potencialmente digestíveis, conforme Silva; Queiroz (2009) a lignina é indigestível e por ser constituída por compostos fenólicos, é tóxica aos microrganismos ruminais. Assim, além de repelir a aproximação dos microrganismos às partículas, inibe a digestão dos carboidratos fibrosos por impor uma barreira física aos microrganismos, impedindo o ataque à parede celular da forragem ingerida. Estes constituintes da parede celular têm seu conteúdo aumentado com a maturação das plantas, reduzindo o valor nutritivo da forragem. Esse processo ocorre por meio do direcionamento do carbono fotossintético para a estrutura da planta (Battiston *et al.*, 2020). Esse acúmulo de parede celular estrutural dilui a proporção representada pelo conteúdo celular com aumento da porção fibrosa e simultânea redução dos carboidratos solúveis do conteúdo celular, por meio do estímulo ao crescimento e do uso de reservas (Battiston *et al.*, 2020).

A DIGMS é uma medida da proporção do alimento consumido que é digerido e metabolizado pelo animal (De Macêdo Carvalho *et al.*, 2021). É um importante parâmetro para avaliação do valor nutricional das forragens porque além do potencial de fornecimento de nutrientes, também atuam no CMSPV. Tanto a DIGMS quanto a digestibilidade da FDN interferem no CMSPV, segundo Cardoso *et al.* (2014), pois influenciam na taxa de degradação da fibra no ambiente ruminal, reduzindo a sensação de saciedade e estimulando o consumo nos animais (Oliveira *et al.*, 2017). Estima-se que a máxima ingestão de MS ocorra em forragens com valores de digestibilidade nas dietas 66 e 68%, conforme Cardoso *et al.* (2014), porém, dificilmente, uma forrageira tropical apresenta digestibilidade superior a 60%, constatando-se que o consumo nessas condições é sempre limitado por enchimento (Nascimento *et al.*, 2009). Desta forma, a utilização de gramíneas forrageiras de inverno potencializa não somente os SIPA e a utilização das áreas de pousio no período hibernal, mas também, o desempenho dos animais pelo maior valor nutricional da forragem.

O valor relativo da forragem (VRF) é um índice de qualidade de forragem amplamente aceito na comercialização de fenos nos EUA, e tem sido utilizado para caracterizar as pastagens. O VRF é calculado pela combinação de estimativas de digestibilidade e ingestão da forragem que são obtidos a partir dos valores de FDN e FDA. O VRF combina as estimativas de digestibilidade e ingestão de forrageiras em um único número calculado a partir dos teores de FDA e FDN (Ward; Ondarza, 2008). O parâmetro de 100% equivaleria ao feno de alfafa, assim, quando estimados o VRF de diferentes forragens, estas são indiretamente comparadas à alfafa. Entretanto, seu uso em forragens sob pastejo deve ser usado com critério, pois como é dependente de parâmetros que se alteram com o crescimento das plantas, está sujeito ao mesmo dinamismo.

## 2.17 COMPONENTE ANIMAL E BEM ESTAR ANIMAL EM ILP

Caracteriza-se pela harmonia entre o animal e o ambiente, considerando as condições físicas, fisiológicas e alta qualidade de vida do animal. Também se refere a capacidade de adaptação do animal ao ambiente deslanados (Lourençano; Cavichioli, 2019). O estresse fisiológico é um dos principais indicadores usado na avaliação, pois a medida em que aumenta, o bem-estar diminui. Atualmente, para estabelecer o grau do bem-estar animal de um sistema produtivo utiliza-se o conceito das “cinco liberdades”, onde definem condições para tal.

A liberdade fisiológica, é caracterizada pelo fornecimento de água e alimento em quantidade e qualidade adequadas às condições dos animais; a liberdade ambiental, caracterizada pelo ambiente corretamente planejado, que dispõe de conforto físico e térmico; liberdade sanitária, caracterizada pela ausência de dor, lesões e doenças, atendida pelo correto manejo sanitário dos animais; liberdade comportamental, caracterizada pela possibilidade de expressar comportamentos característicos da espécie; e a liberdade psicológica, que é caracterizada pela ausência de medo e estresse, onde facilita-se as condições do ambiente, evitando sofrimento do animal (Alves; Nicodemo; Silva, 2015; Alves; Porfirio Da Silva; Karvate Junior, 2019). Os sistemas de integração, quando bem planejados, atendem a todos esses preceitos e, quando comparados aos sistemas de produção em pasto tradicionais, geram melhor bem-estar ao animal.

Isso ocorre porque as árvores presentes no pasto, como componente florestal do sistema de integração, promovem consideráveis mudanças no microclima local, como a velocidade do vento, temperatura, pressão de saturação de vapor, umidade do ar e radiação solar incidente, segundo Lourençano; Cavichioli (2019), sendo esta última, reduzida em até 30%, dependendo da espécie florestal, e protegendo-os também do frio excessivo (Alves; Nicodemo; Silva, 2015; Alves; Porfirio Da Silva; Karvate Junior, 2019). Em contrapartida, é importante atentar a quantidade de sombras ofertadas, pois é fundamental que haja áreas descobertas (renques simples), para que a densidade das sombras não prejudique o desenvolvimento da forragem, comprometendo assim a



nutrição animal e a lavoura, além de interferir na movimentação do ar, comprometendo a eficiência da regulação de temperatura dos animais (Alves; Nicodemo; Silva, 2015; Alves; Porfírio Da Silva; Karvatte Junior, 2019).

### **3 CONCLUSÃO**

Os sistemas integrados de produção agropecuária (SIPA's) apresenta uma potencial alternativa para elevar a produtividade e minimizar os efeitos do impacto ambiental, a partir da rotação e diversificação na produção de culturas de grãos com culturas forrageiras na mesma área. Devido a grande diversidade dos sistemas ILP podem ser aplicados em todas as regiões do Brasil, e em todos os tamanhos de propriedades e trazer benefícios para os produtores, consumidores, e especialmente ao meio ambiente e sistemas produtivos.



## REFERÊNCIAS

- ALVARENGA, R. C. et al. Sistema Integração Lavoura-Pecuária-Floresta: condicionamento do solo e intensificação da produção de lavouras. *Informe Agropecuário*, v. 31, n. 257, p. 59–67, 2010.
- ALVES, F. V.; NICODEMO, M. L. F.; PORFÍRIO-DA-SILVA, V. Bem-estar animal em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta. 2015.
- ALVES, F. V; PORFIRIO-DA-SILVA, V; KARVATTE JUNIOR, N. Bem-estar animal e ambiência na ILPF. *Embrapa Gado de Corte*, p. 209–223, 2019.
- ANGHINONI, I.; CARVALHO, P. C. D. F.; COSTA, S. G. D. A. Abordagem Sistêmica Do Solo Em Sistemas Integrados de Produção Agropecuária. *Tópicos em Ciência do Solo*, 8, n. 2, p. 221–278, 2013.
- ARAÚJO, L. G. S. DE; MENDONÇA, M. DE S. Desenvolvimento Sustentável: Histórico E Estratégias - Uma Revisão Bibliográfica. *A Educação Ambiental Em Uma Perspectiva Interdisciplinar*, p. 173–183, 2020.
- ARENHARDT, E. G. A. et al. The nitrogen supply in wheat cultivation dependent on weather conditions and succession system in southern Brazil. *African Journal of Agricultural Research*, v. 10, n. 48, p. 4322–4330, 2015.
- ASSAD, E. D. Sistemas agrícolas adaptados às mudanças climáticas. *Ciência e Cultura*, v. 73, n. 1, p. 35-40, 2021.
- ASSIS, P. C. R. et al. Atributos físicos, químicos e biológicos do solo em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta. *Agrarian*, v. 12, n. 43, p. 57–70, 2019.
- ASSMANN, T. et al. Adubação de Sistemas em Integração Lavoura-Pecuária. *Congresso Brasileiro de Sistemas Integrados de Produção Agropecuária*, n. December, p. 67–84, 2017.
- BALBINO, L. C. et al. Evolução tecnológica e arranjos produtivos de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, v. 46, n. 10, p. 1–12, 2011.
- BALBINO, L. C. et al. *Informações agronômicas*. n. 19, p. 1–18, 2012.
- BARBOSA, L. R. et al. Organic matter compartments in an Ultisol under integrated agricultural and livestock production systems in the Cerrado. *Ciência Rural*, v. 52, n. 10, 2022.
- BATTISTON, J. et al. Chemical compounds and kinetics of in vitro ruminal degradation of white oats URS Guapa under distinct levels of nitrogen fertilization. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 72, n. 2, p. 581–589, 2020.
- BERTOL, F. D. Z. et al. Liming and grazing intensities effects on soil mineral nitrogen throughout the pasture cycle in a subtropical integrated crop-livestock system. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 46, n. 3, 2022.
- BOHN, A. et al. Nitrogen fertilization of self-seeding italian ryegrass: Effects on plant structure, forage and seed yield. *Ciência Rural*, v. 50, n. 6, 2020.
- BOLSEN, K.K. Silage technology. In: AUSTRALIAN MAIZE CONFERENCE, 2., 1996, Queensland. *Anais... Queensland: Gatton College*, p.1-30.1996.

BONETTI, J. D. A. et al. Influence of the integrated crop-livestock system on soil and soybean and brachiaria yield. *Pesquisa Agropecuaria Tropical*, v. 45, n. 1, p. 104–112, 2015.

BUNGENSTAB, D. J. et al. Forrageiras em sistemas de produção de bovinos em integração Capítulo 24. 2018.

CABRAL NETO, O. et al. FUNDAMENTOS E CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA NO ESTADO DO TOCANTINS: UMA REVISÃO DA LITERATURA. *Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, [S. l.]*, v. 3, n. 3, 2024.

CAMPOREZI, J. S. Composição química e morfológica de pastos safrinha na integração lavoura pecuária. 2022. Trabalho de conclusão de curso, Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas – Unesp, Dracena, 2022.

CONAB, 2019. Acompanhamento da Safra Brasileira-Grãos. *Obs. Agrícola* 1, 1-60.

CAPITANI, D.; FARINA, J. Viabilidade energética e econômica da produção de biogás a partir de dejetos bovinos em um sistema de integração lavoura-pecuária. *REUNIR: Revista De Administração Contabilidade E Sustentabilidade*, Campina Grande, v. 12, n. 3, p. 14-29, 2022.

CARDOSO E.S. et al. Reguladores de consumo de bovinos em pastagem: recentes avanços. *Revista eletrônica Nutritime*. Artigo 271, vol. 11, nº 5, p. 3672-3682. 2014.

CARLOS, S. D. M. et al. Custos de recuperação de pastagens degradadas nos estados e biomas brasileiros. *Observatório de Conhecimento e Inovação em Bioeconomia*, Fundação Getúlio Vargas - FGV-EESP, São Paulo, 2022.

CARMONA, F.; DENARDIN, L.; MARTIN, A.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P. C. de F. *Sistemas Integrados em Produção Agropecuária em Terras Baixas. [S. l.: s. n.]*, 2018.

CARVALHO, C. B. DE M. et al. Métodos de análise da composição química e valor nutricional de alimentos para ruminantes. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 10, p. e523101019047, 2021.

CARVALHO, P. C. DE F. et al. Animal production and soil characteristics from integrated crop-livestock systems: Toward sustainable intensification. *Journal of Animal Science*, v. 96, n. 8, p. 3513–3525, 2018.

CASSOL, L. C. et al. Produtividade e composição estrutural de aveia e azevém submetidos a épocas de corte e adubação nitrogenada. *Revista Ceres*, v. 58, n. 4, p. 438–443, 2011.

CORDEIRO, L. A. M. et al. Integração lavoura-pecuária-floresta: o produtor pergunta, a Embrapa responde. Brasília, DF: Embrapa, p. 393, 2015.

COSER, T. R. et al. Short-term buildup of carbon from a low-productivity pastureland to an agrisilviculture system in the Brazilian savannah. *Agricultural Systems*, v. 166, n. September 2017, p. 184–195, 2018.

DE FACCIO CARVALHO, P. C. et al. Land-Use Intensification Trends In The Rio De La Plata Region Of South America: Toward Specialization Or Recoupling Crop And Livestock Production. *Frontiers of Agricultural Science and Engineering*, v. 8, n. 1, p. 97–110, 2021.



DE MACÊDO CARVALHO, C. B. et al. Métodos de análise da composição química e valor nutricional de alimentos para ruminantes. *Research, Society and Development*, v.10, n.10, p. 1-10, 2021.

DENARDIN, L. G. DE O. et al. No-tillage increases irrigated rice yield through soil quality improvement along time. *Soil and Tillage Research*, v. 186, n. July 2018, p. 64–69, 2019.

DETMANN, E.; GIONBELLI, M. P.; HUHTANEN, P. A meta-analytical evaluation of the regulation of voluntary intake in cattle fed tropical forage-based diets. *Journal of Animal Science*, v. 92, n. 10, p. 4632–4641, 2014.

DOTTO, A. V. E.; ROBAINA, L. E. DE S.; SCCOTI, A. A. V. Analysis of the use and occupation of land in the municipality of São Martinho da Serra – RS. *Geografia Ensino & Pesquisa*, v. 26, 2022

EMBRAPA. Integração lavoura-pecuária-floresta: noções técnicas 2019. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/tema-integracao-lavoura-pecuaria-floresta-ilpf/nota-tecnica>>. Acesso em: 10 set. 2019.

FLORES *et al.* Revista Brasileira de Zootecnia Produção de forragem de populações de azevém anual no estado do Rio Grande do Sul Forage production of annual ryegrass populations in the state of Rio Grande do Sul , Brazil Material e Métodos, 2008.

FONTANELI, R. S. et al. A contribuição das forrageiras de inverno para a pecuária de leite, 2016.

FONTANELI, R. S.; FONTANELI, R. S.; PANISSON, F. T. Sistemas integrados de produção agropecuária em plantio direto. In: SISTEMA plantio direto no Brasil. Passo Fundo: Aldeia Norte, p. 245-258, 2022.

GAMEIRO, S. Terræ Avaliação da cobertura vegetal por meio de índices de vegetação ( NDVI , SAVI e IAF ) na Sub-Bacia Hidrográfica do Baixo Jaguaribe , CE. n. 2000, 2014

GERDES, L. et al. Chemical composition and digestibility of forage mass in irrigated aruanagrass pastures or oversown with a mixture of winter forage species. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 34, n. 4, p. 1098–1108, 2005.

GUESMI H.; SALEM, H. B.; MOUJAHED, N. Integration crop-livestock under conservation agriculture system. *Journal of New Sciences*, v.65, p.4061-4065, 2019.

IBGE-INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo agropecuário 2017: Resultados definitivos. Rio de Janeiro, RJ: IBGE, 2019.

JUNIOR, A. A. B. et al. Tecnologias de Produção de Soja. 1ª edição – Londrina : Embrapa Soja, Capítulo 6, p 119-131, 2020.

KICHEL, A. N. et al. Sistema de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPP) - Experiencia no Brasil. *Boletim de Indústria Animal*, v. 71, n. 1, p. 94–105, 2014.

KUMAR, V.; LADHA, J. K. Direct Seeding of Rice. *Recent Developments and Future Research Needs*. 1. ed. [s.l.] Elsevier Inc., v. 111, 2011.

LAPIG - Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento. Dados Mapeamento da Qualidade de Pastagem Brasileira entre 2000 e 2020. (2022)



LANG, C.R. Pastejo e nitrogênio afetando os atributos químicos do solo e rendimento de milho no sistema de integração lavoura-pecuária. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 89p. 2004.

LEÃO, A. et al. Guia Recuperação de Solos Degradados no Cerrado: Alternativas para produção sustentável. The Nature Conservancy. Brasília: Embrapa, 2021.

LOPES, M. L. T. et al. Sistema de integração lavoura-pecuária: efeito do manejo da altura em pastagem de aveia preta e azevém anual sobre o rendimento da cultura da soja. *Ciência Rural*, 39, 1499-1506, 2009.

LOURENÇANO, L. S.; CAVICHIOLI, F. A. Sistema Integração Lavoura-Pecuária-Floresta: *Revista Interface Tecnológica*, v. 16, n. 2, p. 214–225, 2019.

MACEDO, M.C.M.; ARAÚJO, A. R.D. Sistemas de produção em integração: alternativa para recuperação de pastagens degradadas. In: BUNGENSTAB, Davi José; ALMEIDA, Roberto Giolode; LAURA, Valdemir Antônio; BALBINO, Luiz Carlos; FERREIRA, André Dominghetti. ILPF: inovação com integração de lavoura, pecuária e floresta. Brasília, DF: Embrapa, p 295 -317, 2019.

MAGALHÃES, C. A. de S. *Embrapa Agrossilvipastoril: Primeiras Contribuições Para O Desenvolvimento De Uma Agropecuária Sustentável*, p. 164-173, Brasília, DF: Embrapa Agrossilvipastoril, 2019.

MARTINS, M. R.; REZENDE, M. L. Uso da integração lavoura-pecuária-floresta e proteção de áreas de preservação permanente em propriedades familiares. *Revista Em Extensão*, v. 19, n. 1, p. 98–105, 2020.

MAZZUCHELLI, R. D. C. L. et al. Changes in Soil Properties and Crop Yield as a Function of Early Desiccation of Pastures. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, v. 20, n. 3, p. 840–848, 2020.

MERTENS, D. R. Formulating dairy rations: using fiber and carbohydrate analyses to formulate dairy rations. In: Information conference with dairy and forage industries. Madison: US Dairy Forage and Research Center, 1996.

MORAES, A. et al. Sistemas de integração lavoura-pecuária In: REIS, R.A. et al., Eds. Forragicultura: Ciência, Tecnologia e Gestão dos Recursos Forrageiros. 1.ed. Jaboticabal, Gráfica Multipress, p.203-218, 2014.

MORAES, A. et al. Avanços Técnicos-Científicos em SIPA no subtropico brasileiro. I Congresso Brasileiro de Sistemas Integrados de Produção Agropecuária e IV Encontro de Integração Lavoura-Pecuária no Sul do Brasil / Jorge Jamhour, Tangriani Simioni Assmann (orgs.). – Pato Branco: UTFPR Câmpus Pato Branco, 2017. 165 p.: Il., 2017.

NASCIMENTO, M. L.; FARJALLA, Y. B.; NASCIMENTO, J. L. Consumo voluntário de bovinos - Bovines voluntary intake. *Revista Eletrônica de Veterinária*, v. 10, p. 1–27, 2009.

OLIVEIRA, P. DE et al. Evolução de Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF): estudo de caso da Fazenda Santa Brígida, Ipameri, GO. *Embrapa Cerrados*, v. 318, n. 1, p. 50, 2013.

OLIVEIRA, B. C. DE et al. Mecanismos reguladores de consumo em bovinos de corte. *Nutritime Revista Eletrônica*, v. 14, n. 4, p. 6066–6075, 2017.

ONGARATTO, F.; ROMANZINI, E. P. Ecosistema Pastoril: Serviços Ecosistêmicos, Características





Do Dossel E Emissão De Gases Do Efeito Estufa. *Zootecnia: pesquisa e práticas contemporâneas* - Volume 1, n. January, p. 83–107, 2021.

PAVINATO, P. S. et al. Production and nutritive value of ryegrass (cv. Barjumbo) under nitrogen fertilization. *Revista Ciencia Agronomica*, v. 45, n. 2, p. 230–237, 2014.

PEDROSO, C. E. S. et al. Produção de ovinos em gestação e lactação sob pastejo em diferentes estádios fenológicos de azevém anual. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 33, p. 1345–1350, 2004.

PELLEGRINI, L. G. DE et al. Produção e qualidade de azevém-anual submetido a adubação nitrogenada sob pastejo por cordeiros X1 - Production and quality of annual ryegrass submitted to nitrogen fertilization under grazing by lambs. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 39, n. 9, p. 1894–1904, 2010.

PERETTI, J. et al. Composição química e cinética de degradação ruminal da aveia branca (*Avena sativa* L.) cv. IPR126 sob diferentes níveis de nitrogênio. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, v. 18, n. 1, p. 89–102, 2017.

PETERSON, C. A. et al. Winter grazing does not affect soybean yield despite lower soil water content in a subtropical crop-livestock system. *Agronomy for Sustainable Development*, v. 39, n. 2, 2019.

PONCIANO, V. F. G. et al. Sistema Santa Fé auxilia na redução do escoamento superficial e melhoria da qualidade da água? *Colloquium Agrariae*, v. 17, n. 1, p. 01–09, 2021.

QUEIRÓS, L. *Sistemas Integrados de Produção Agropecuário*. 2020. Trabalho de conclusão de curso, Instituto Federal Goiano – Campus Iporá. 2020.

REIS, J. C. et al. Assessing the economic viability of integrated crop-livestock systems in Mato Grosso, Brazil. *Renewable Agriculture and Food Systems*, v. 35, n. 6, p. 631–642, 2020.

ROCHA, J. V. F. *Utilização da integração lavoura pecuária na recuperação de áreas degradadas*. Trabalho de conclusão de curso-Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, Goiás. 2021.

SANDINI, I. E. et al. Residual effect of nitrogen in the maize production in crop livestock integration. *Ciencia Rural*, v. 41, n. 8, p. 1315–1322, 2011.

SENE, S. M. DE; BACHA, C. J. C. Adoção dos sistemas integrados na agropecuária do Brasil. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v. 62, n. 1, p. 1–21, 2024.

SERAFIM, R. S., ANTONELLI, A., SANTOS, M. A. T. . Determinação da matéria seca e proteína bruta pelo método convencional e microondas. *Zootecnia Animal Science*, 1(1139– 43), 2017.

SILVA, P.L.F. et al. Estresse efetivo de solo arenoso sob integração lavoura-pecuária nos tabuleiros costeiros do Rio Grande do Norte (Brasil) *Revista Brasileira de Meio Ambiente*, v. 10, n. 3, 2022.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. *Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos)*. 3ª edição. Viçosa: [s. n.], 2009.

SILVA, A. G. et al. Variabilidade Dos Atributos Físicos Do Solo E Dinâmica Da Palhada Em Sistema Integração Lavoura-Pecuária No Cerrado. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v. 18, n. 3, p. 429–440, 2020.

SILVA, P. L. F. D. et al. Soil Physical Quality of Arenosol in the L Semiarid Environment Under

Integrated Agricultural Systems. Brazilian Journal of Biosystems Engineering, v. 15, n. 4, p. 598–616, 2021.

SKORUPA, L. A.; MANZATTO, C. V. Avaliação Da Adoção De Sistemas De Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (Ilpf) No Brasil. Embrapa Meio Ambiente, p. 340–379, 2019.

SNIFFEN, C. J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II- Carbohydrate and protein availability. J. Anim. Sci., v.70, p.3562-3577, 1992.

SOARES, M. T. S. et al. Resposta inicial do eucalipto após aplicação de dejetos líquidos de suínos no oeste do Paraná. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS AGROINDUSTRIAIS E AGROPECUÁRIOS, 6., 2019.

SOUZA, E. D. D. Evolução da matéria orgânica, do fósforo e da agregação do solo em sistema de integração agricultura-pecuária em plantio direto, submetido a intensidades de pastejo. Tese de Doutorado em Ciência do Solo. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS, Brasil. (163p.) 2008.

SOUZA, G. S. de et al. Sistemas silvipastoris e preparo do solo na renovação de pastagens degradadas no Espírito Santo. Sistemas integrados de produção: Pesquisa e desenvolvimento de tecnologias. GONÇALVES, FG [et al.] (Eds.). Guarujá, SP: Científica Digital, 2021.

THEISEN, G.; SCIVITTARO, W. B. arroz irrigado e soja em terras baixas e mitigação das mudanças climáticas Sistemas de produção de arroz irrigado e soja em terras baixas e mitigação das mudanças climáticas 1, 2023.

VILELA, L. et al. Sistemas de integração lavoura-pecuaria na região do Cerrado. Pesquisa Agropecuaria Brasileira, v. 46, n. 10, p. 1127–1138, 2011.

VILELA, L. et al. Integração Lavoura-Pecuária-Floresta : O potencial brasileiro e o papel dos Engenheiros Agrônomos. p. 7, 2015.

VINHOLIS, M.D.M.B. et al. The effect of meso-institutions on adoption of sustainable agricultural technology: A case study of the Brazilian Low Carbon Agriculture Plan. Journal of Cleaner Production, v. 280, 2021.

VINHOLIS, M. DE M.B. et al. Sistemas de Integração lavoura-pecuária-floresta no estado de São Paulo: estudo multicascos com adotantes pioneiros. Revista de Economia e Sociologia Rural, v.60, n.1, p.e234057, 2022.

WARD, R.; BETH DE ONDARZA, M. B. Relative Feed Value (RFV) vs. Relative Forage Quality (RFQ). 2008.