

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CENTRO-OESTE, UNICENTRO

**EFEITO DA FORMA DE USO DE CEREAIS DE
INVERNO SOBRE A PRODUÇÃO DE BIOMASSA,
BALANÇO DE NUTRIENTES E ANÁLISE
ECONÔMICA EM ASSOCIAÇÃO COM A CULTURA
DA SOJA NO VERÃO**

TESE DE DOUTORADO

JONY CLEY DOS SANTOS

GUARAPUAVA-PR

2018

JONY CLEY DOS SANTOS

**EFEITO DA FORMA DE USO DE CEREAIS DE INVERNO SOBRE A
PRODUÇÃO DE BIOMASSA, BALANÇO DE NUTRIENTES E ANÁLISE
ECONÔMICA EM ASSOCIAÇÃO COM A CULTURA DA SOJA NO VERÃO**

Tese de doutorado apresentada à
Universidade Estadual do Centro-Oeste,
como parte das exigências do Programa de
Pós-Graduação em Agronomia – Mestrado
e Doutorado, área de concentração em
Produção Vegetal.

Prof. Dr. Mikael Neumann
Orientador

**GUARAPUAVA-PR
2018**

Catálogo na Publicação
Biblioteca Central da Unicentro, Campus Santa Cruz

M321i

Santos, Jony Cley dos

Efeito da forma de uso de cereais de inverno sobre a produção de biomassa, balanço de nutrientes e análise econômica em associação com a cultura da soja no verão / Jony Cley dos Santos. -- Guarapuava, 2018.

xiii, 50 f. : il. ; 28 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual do Centro-Oeste, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, 2018

Orientador: Mikael Neumann

Banca examinadora: Mikael Neumann, Itacir Eloi Sandini, Jorge Luiz Favaro, Robson Kyoshi Ueno, Sandra Galbeiro

Bibliografia

1. Agronomia. 2. Produção vegetal. 3. Cereais de inverno. 4. biomassa seca. 5. Fertilidade do solo. 6. Análise econômica. I. Título. II. Programa de Pós-Graduação em Agronomia.

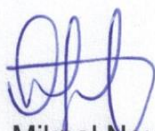
| CDD 630

Jony Cley dos Santos

**EFEITO DA FORMA DE USO DE CEREAIS DE INVERNO SOBRE A PRODUÇÃO DE
BIOMASSA, BALANÇO DE NUTRIENTES E ANÁLISE ECONÔMICA EM ASSOCIAÇÃO COM A
CULTURA DA SOJA NO VERÃO**

Tese apresentada à Universidade Estadual do Centro-Oeste, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Doutor.

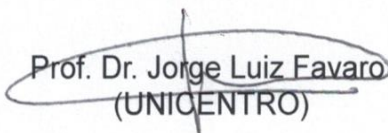
Aprovada em 27 de julho de 2018.



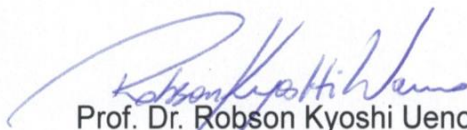
Prof. Dr. Mikael Neumann
(UNICENTRO)



Prof. Dr. Itacir Eloi Sandini
(UNICENTRO)



Prof. Dr. Jorge Luiz Favaro
(UNICENTRO)



Prof. Dr. Robson Kyoshi Ueno
(Faculdade Guarapuava)



Prof.^a. Dr.^a. Sandra Galbeiro
(UEL)

GUARAPUAVA-PR
2018

SUMÁRIO

Lista de Tabelas	i
Resumo	iii
Abstract	iv
1. Introdução	5
2. Objetivos	7
2.1. Objetivo geral.....	7
2.2. Objetivos específicos.....	7
3. Referencial Teórico	8
3.1 Aspectos gerais sobre integração agricultura-pecuária.....	8
3.1.1 Formas de integração agricultura-pecuária.....	10
3.1.1.1 Sucessão de culturas com forragens anuais.....	10
3.1.1.2 Rotação de culturas anuais com pastagens perenes.....	10
3.1.1.3 Reforma de pastagens com culturas anuais.....	10
3.1.1.4 Agricultura destinada à suplementação e ao confinamento.....	11
3.1.2 Fundamentos do Sistema Integração Lavoura-Pecuária.....	11
3.2 A pastagem na Integração Lavoura-Pecuária.....	12
3.3 Ciclagem de nutrientes em sistemas pastoris.....	14
3.4 Nitrogênio no Sistema Integrado de Produção Agropecuária.....	16
3.4.1 Nitrogênio como fator de crescimento.....	19
3.5 Fósforo (P), Potássio (K) e Magnésio (Mg).....	21
3.6 Propriedades físicas do solo em sistemas de manejo na integração lavoura-pecuária.....	22
4. Material e Métodos	24
4.1. Caracterização da área experimental.....	24
4.2. Tratamentos.....	24
4.3 Implantação e manejo do experimento.....	25
4.5 Delineamento experimental.....	28
4.6 Parâmetros avaliados.....	28
4.6.1 Biomassa seca.....	28
4.7. Análise econômica das combinações de cultivos.....	29
4.7.1 Investimento aplicado.....	29
4.7.2 Receita bruta.....	30
4.7.3 Receita líquida.....	30
4.7.4 Receita líquida corrigida.....	30
5. Resultados e Discussão	32
6. Conclusões	40
7. Referências bibliográficas	41

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1. Resultado de análise de solo, sob profundidade de 0-20 cm da área experimental.....24**
- Tabela 2. Sequência dos tratamentos associando finalidades à produção de grãos e produção de silagem de pré-secado, conforme ano de avaliação.....25**
- Tabela 3. Ingresso de nutrientes nos diferentes tratamentos, para os dois anos de avaliação.....26**
- Tabela 4. Valores médios dos teores de nutrientes nas amostras de forragens e grãos, onde N (nitrogênio), P (fósforo), K (potássio), MS (matéria seca), PB (proteína bruta) e S (enxofre).....29**
- Tabela 5. Resumo da análise de variância para produção de biomassa (PBS), investimento (INV), receita bruta (RB), receita líquida (RL) e receita líquida corrigida (RLC) para as combinações de cultivos de cereais de inverno, em dois anos de avaliação nos diferentes sistemas integrados de produção agropecuária, conforme as combinações de cultivos para o primeiro ano de avaliação.....32**
- Tabela 6. Valores médios da produção de biomassa seca (kg MS ha⁻¹) nos diferentes tratamentos, conforme as combinações de cultivos de cereais de inverno, para os dois anos de avaliação.....33**
- Tabela 7. Investimento médio (R\$ ha⁻¹) aplicado nos diferentes nos diferentes tratamentos, conforme as combinações de cultivos de cereais de inverno, para os dois anos de avaliação.....34**
- Tabela 8. Receita bruta média (R\$ ha⁻¹) obtida nos diferentes nos diferentes tratamentos, conforme as combinações de cultivos de cereais de inverno, ra os dois anos de avaliação.....35**

- Tabela 9. Receita líquida média (R\$ ha⁻¹) obtida nos diferentes nos diferentes tratamentos, conforme as combinações de cultivos de cereais de inverno, para os dois anos de avaliação.....36**
- Tabela 10. Valores médios da exportação dos nutrientes nitrogênio (N 45%), fósforo (P₂O₅ 18%) e potássio (K₂O 60%).....37**
- Tabela 11. Receita líquida média corrigida (R\$ ha⁻¹) obtida nos diferentes nos diferentes tratamentos, conforme as combinações de cultivos de cereais de inverno, para os dois anos de avaliação.....38**

RESUMO

SANTOS, Jony Cley dos. Efeito da forma de uso de cereais de inverno sobre a produção de biomassa, balanço de nutrientes e análise econômica em associação com a cultura da soja no verão. Guarapuava: UNICENTRO, 2018. (Tese – Doutorado em Agronomia/Produção Vegetal).

O presente estudo teve como objetivo avaliar a produção de biomassa seca, o balanço de nutrientes no solo e a análise econômica de cinco combinações e quatro repetições de cultivos de cereais de inverno associados à cultura da soja no período do verão, em dois anos consecutivos, durante os anos agrícolas de 2015 e 2016. Foi avaliada a produção de biomassa seca das combinações de cultivos, a receita líquida e a receita líquida corrigida em função da exportação pelas plantas e a reposição dos elementos minerais nitrogênio, fósforo e potássio ao solo, visando à manutenção da fertilidade. As fontes de variação foram avaliadas mediante o investimento aplicado em cada cultura de acordo com as combinações de cultivo. O experimento foi conduzido na área experimental da Unicentro – Campus Cedeteg, no município de Guarapuava, PR. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com as parcelas subdivididas no tempo, constituindo-se em cinco tratamentos e quatro repetições. Os dados de biomassa seca, receita líquida e receita líquida corrigida foram submetidos à análise de variância e suas médias comparadas ao nível de significância de 5% pelo teste Tukey. Pode-se concluir no primeiro ano de avaliação que houve interação significativa entre os tratamentos e ano. Para a fonte de variação produção de biomassa seca, o tratamento cinco apresentou o melhor resultado, com 24.312 kg MS ha⁻¹ no primeiro ano de avaliação com o cultivo da cultura do centeio. No segundo ano de avaliação, o tratamento quatro apresentou o melhor resultado, com 21.563 kg MS ha⁻¹ com o cultivo da cultura do azevém. Na análise dos valores médios para a receita líquida no primeiro ano de avaliação, não houve diferença significativa entre os tratamentos quatro e cinco, embora observado saldo negativo no tratamento dois onde foi utilizada a cultura da cevada. Em relação ao segundo ano de avaliação constatou-se diferença significativa entre os tratamentos quatro e cinco, onde a cultura do azevém utilizada no tratamento quatro proporcionou a melhor receita líquida. Foi verificado saldo negativo para a fonte de variação com o uso da cultura da cevada no segundo ano de avaliação. Para a fonte de variação receita líquida média corrigida, houve diferença significativa entre os tratamentos, para os dois anos de avaliação. O tratamento cinco no primeiro ano de avaliação foi aquele que apresentou o melhor resultado em relação aos demais tratamentos, onde observa-se a receita líquida média corrigida obtida com os cultivos de inverno e verão de R\$ 8.673,70. No segundo ano de avaliação houve diferença significativa entre os tratamentos para fonte de variação, onde no tratamento quatro, o valor obtido com o parâmetro foi de R\$ 11.664,90 e, para o tratamento cinco de R\$ 6.843,90. Todos os saldos negativos da receita líquida média corrigida obtidos nos tratamentos no período do inverno estão correlacionados às intempéries climáticas, que proporcionaram redução significativa na produção de grãos. A necessidade da reposição dos nutrientes para os tratamentos proporcionou acréscimos no saldo negativo para os tratamentos um, dois e três para o primeiro ano de avaliação e redução da receita líquida, para os tratamentos quatro e cinco, entretanto, com saldo positivo. Para o segundo ano de avaliação, é observado saldo negativo nos tratamentos um e dois e redução da receita líquida nos tratamentos três, quatro e cinco, com permanência positiva no saldo líquido.

Palavras-chave: Cereais de inverno, biomassa seca, fertilidade do solo, análise econômica.

ABSTRACT

SANTOS, Jony Cley dos. Effect of the use of winter cereals on biomass production, nutrient balance and economic analysis in association with summer soybean crop. Guarapuava: UNICENTRO, 2018. (Thesis - PhD in Agronomy / Plant Production).

The objective of the present study was to evaluate dry biomass production, soil nutrient balance and economic analysis of five combinations and four replications of winter cereal crops associated with soybean cultivation in the summer period, in two consecutive years, during the agricultural years of 2015 and 2016. The dry biomass production of crop combinations, net revenue and net adjusted net income as a function of the exportation by the plants and the replacement of the nitrogen, phosphorus and potassium mineral elements in the soil were evaluated, aiming at maintenance of fertility. The sources of variation were evaluated by the investment applied to each crop according to the crop combinations. The experiment was conducted in the experimental area of Unicentro - Campus Cedeteg, in the municipality of Guarapuava, PR. The experimental design was randomized blocks, subdivided in time with the plot, constituting in five treatments and four replications. Data on dry biomass, net revenue and corrected net income were subjected to analysis of variance and their means compared to the significance level of 5% by the Tukey test. It can be concluded in the first year of evaluation that there was significant interaction between treatments and year. For the source of variation of dry biomass production, treatment five presented the best result, with 24,312 kg DM ha⁻¹ in the first year of evaluation with rye crop cultivation. In the second year of evaluation, treatment four presented the best result, with 21,563 kg DM ha⁻¹ with ryegrass culture. In the analysis of the average values for the net income in the first year of evaluation, there was no significant difference between treatments four and five, although negative balance was observed in treatment two where the barley crop was used. In relation to the second year of evaluation, there was a significant difference between treatments four and five, where the ryegrass culture used in treatment four provided the best net revenue. Negative balance was verified for the source of variation with the use of the barley crop in the second year of evaluation. For the source of variation corrected average net revenue, there was a significant difference between the treatments, for the two years of evaluation. The treatment five in the first year of evaluation was the one that presented the best result in relation to the other treatments, where the corrected average net revenue obtained with the winter and summer crops of R\$ 8,673.70 was observed. In the second year of evaluation there was a significant difference between treatments for source of variation, where in treatment four, the value obtained with the parameter was R\$ 11,664.90 and for treatment five of R\$ 6,843.90. All negative balances of corrected mean net revenue obtained in winter treatments are correlated with climatic weather, which provided a significant reduction in grain yield. The need for nutrient replacement for treatments provided increases in the negative balance for treatments one, two and three for the first year of evaluation and reduction of net revenue, for treatments four and five, however, with a positive balance. For the second year of evaluation, a negative balance was observed in treatments one and two and reduction of net revenue in treatments three, four and five, with a positive permanence in the net balance.

Key words: Winter cereals, dry biomass, soil fertility, economic analysis.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil configura-se como um dos principais fornecedores de alimento para o mundo. Acredita-se que a capacidade de abastecimento aumentará em função de melhorias contínuas e a reorientação de apoio voltada a investimentos na produtividade, com rendimentos mais elevados da produção agrícola, conversões de área de pastagens degradadas em áreas de cultivo e/ou uma produção pecuária mais intensiva (FAO, 2014).

A forma de ocupação do espaço rural para atender a necessidade de produção para garantir a mínima qualidade de vida no ambiente urbano tem gerado distúrbios ambientais devido à poluição do ar, do solo e da água, verificados pelo aumento das emissões de gases de efeito estufa, redução da biodiversidade, erosão e a perda de fertilidade dos solos, contaminação e assoreamento dos cursos de água, eventos climáticos, alimentos e o consumo crescente de recursos naturais renováveis e não renováveis extremos entre outros (WRIGHT et al., 2011) .

Portanto, mudanças no ambiente agropecuário atual com biodiversidade reduzida, muitas vezes em monocultura, o uso indiscriminado de produtos químicos, fertilizantes e energia para garantir a produção e qualidade dos produtos passa pela formulação de sistemas mais diversificados e próximos aos ambientes naturais, que contemplem a diversidade biológica associada ao desenvolvimento econômico social.

Comumente, a implantação de apenas uma ou poucas atividades econômicas em propriedades rurais, direciona a inviabilidade econômica das mesmas (SALTON et al., 2014), devido às oscilações de preços e também nas quantidades produzidas, deixando o empresário rural à mercê dos fatores incontrolláveis existentes no meio rural.

Em consideração às ocupações de áreas agrícolas com culturas de cereais no período do inverno, dentre as alternativas disponíveis para resolver o problema de escassez de forragens no período crítico do ano, onde as forrageiras tropicais reduzem o seu crescimento e conseqüentemente a oferta de material e, principalmente, pela ocupação de áreas mecanizadas destinadas a pecuária no verão que por sua vez são substituídas pela cultura da soja, tem-se o cultivo de plantas forrageiras que se adaptam a condições edafoclimáticas e fotoperíodo reduzidos, semeadas no final do período do verão para serem pastejadas ou colhidas como forragem verde, fenadas ou ensiladas durante o inverno, estas, possibilitam uma alternativa viável de exploração econômica,

proporcionando melhor ocupação no período do inverno (CARVALHO et al., 2014).

Essencialmente, é comum nos estados da região sul do Brasil o uso de espécies vegetais como o azevém (*Lolium multiflorum* L.) e a aveia preta (*Avena strigosa* Schreb.) como fontes qualitativas e quantitativas de forragem durante o inverno. Figura, também, como uma das fontes econômicas para a produção de forragem a espécie vegetal centeio (*Secale cereale* L.).

Nesse contexto, é de grande importância um estudo consistente das formas de uso das espécies de cereais de inverno em sistemas de produção agropecuária que possibilitem uma demonstração do melhor retorno econômico ao produtor, considerando métodos e práticas agrícolas racionais de uso e conservação do solo e que atendam níveis satisfatórios de sustentabilidade para as áreas de atividade agropecuária.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

O objetivo geral deste estudo é avaliar a produção de biomassa, o balanço de nutrientes no solo e a análise econômica em diferentes formas de uso de cereais de inverno em associação a cultura da soja no período do verão, conforme as combinações de cultivos em dois anos de avaliação.

2.2 Objetivos específicos

- Determinar a produtividade dos componentes vegetais das combinações de cultivos no período de inverno e verão;
- Comparar os custos e as receitas potenciais por meio de análises de rentabilidade e viabilidade econômica das combinações de cultivos no período de inverno em associação à cultura da soja no período de verão;
- Avaliar a produção de biomassa seca dos componentes vegetais;
- Determinar a receita líquida final através da correção do balanço de nutrientes.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Aspectos gerais sobre Sistemas Integrados de Produção Agropecuária

Sistemas Integrados de Produção Agropecuária são considerados sistemas conservacionistas, pois tem o potencial de aumentar a ciclagem de nutrientes, a fertilidade dos solos, a biodiversidade, mitigar gases de efeito estufa e diminuir os riscos econômicos da agropecuária (CARVALHO et al., 2014; SAVIAN et al., 2014).

Com os novos conhecimentos sobre fertilidade do solo e controle de plantas daninhas, possibilitou a semeadura de culturas, como soja e milho, sobre pastagens dessecadas, sem preparo de solo. Isto ajudou a viabilizar o uso do sistema de plantio direto no sul do Brasil, na medida em que a pastagem contribuiu com palha, que, além de manter o solo coberto, permite que ocorra acréscimo no teor de matéria orgânica (PINTO de CARVALHO et al., 2005).

É reconhecido nos sistemas integrados de produção agropecuária (SIPA), o potencial de intensificação da produção e sustentabilidade do sistema. A aplicação do sistema plantio direto é fundamental para a implantação de sistemas de produção sustentáveis nas regiões de clima tropical e subtropical. Essa prática é responsável por rearranjar a estrutura do solo, restabelecer a biomassa microbiana, aumentar os teores de nutrientes do solo, aumentar o carbono e o nitrogênio orgânicos, além da capacidade de troca de cátions, promover um elevado e contínuo fluxo de nutrientes e de água entre culturas, diminuindo inclusive, as perdas de nutrientes do sistema (ANGHINONI et al., 2013). Além disso, os teores de carbono lábil, um indicador de qualidade do solo, tendem a ser superiores em sistemas com a presença de animais (SALTON et al., 2014).

Segundo Carvalho et al. (2014), os sistemas integrados de produção agropecuária são constituídos pela combinação de ciclos de agricultura com ciclos de pecuária, em sucessão na mesma área. Busca-se no SIPA explorar sinergismos entre os componentes, a exploração mais eficiente do espaço e diversificação de renda.

As vantagens que a consolidação da prática de integração lavoura-pecuária proporcionaria aos sistemas produtivos brasileiros da agropecuária são: aumento da produção de grãos; aumento da produção de carne e leite; redução dos custos de produção; controle de pragas, doenças e plantas daninhas; recuperação da fertilidade do

solo com lavoura em áreas de pastagens degradadas; permite a formação de palhada com boa persistência; diversificação de culturas favorecendo rotação; incremento de novas áreas de pastagem no sistema integração e diminuição da necessidade de novos desmatamentos; aumento da eficiência de utilização de fertilizantes e corretivos e maior estabilidade de renda ao produtor (LIMA, 2004).

De acordo com Bell e Moore (2012), os Sistemas Integrados de Produção Agropecuária (SIPA) está presente em 25 milhões de km² e é responsável por aproximadamente 50% da produção de alimentos no mundo - 65% dos bovinos, 75% do leite e 55% dos cordeiros nos países em desenvolvimento (HERRERO et al., 2010). Por essa representatividade, ele é considerado vital para a segurança alimentar em âmbito global. Wright et al. (2011) consideram que os sistemas integrados de produção agropecuária tem o seu papel na produção de alimentos, esse sistema é a base da produção dos países em desenvolvimento, onde dois bilhões de pessoas são sustentadas por esse modelo de produção.

Em 2010, a Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO, 2010) reconheceu o SIPA como alternativa para intensificação sustentável, pois reúne gama de atributos raros em sistemas de produção de alimentos. Ele é mais eficiente no uso dos recursos naturais (WRIGHT et al., 2011); promove ciclagem de nutrientes e melhoria do solo (SALTON et al., 2014); reduz os custos de produção (RYSCHAWY et al., 2012), mantendo níveis de produtividade elevados (BALBINOT JR. et al., 2009); e ainda produz inúmeros serviços ecossistêmicos (SANDERSON et al., 2013). Resulta que tal sistema retomou sua importância, após décadas de predomínio de sistemas intensivos, os quais se caracterizam por pouca diversidade e pelo elevado uso de insumos (LEMAIRE et al., 2014). Segundo Herrero et al. (2010), o futuro da alimentação do planeta está, agora, em tecnologias de intensificação sustentável que promovam ganhos de eficiência para se produzir mais alimentos sem que se use mais área, água ou outros insumos.

Anghinoni et al. (2013) relataram que os sistemas integrados são complexos por natureza e impõem inúmeras interações espaço-temporais, as quais tem o potencial de gerar constantes alterações nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. Entende-se que a compreensão e o manejo de tais interações são desafios para a pesquisa. Assim, intima-se a sociedade a alterar os sistemas baseados em padronizações e

simplificações por aqueles onde há diversidade em níveis de campo e paisagem, a fim de otimizar a produtividade por unidade de recurso natural (FRANZLUEBBERS, 2007; BALBINO et al., 2011; LEMAIRE et al., 2014).

3.1.1 Formas de integração agricultura-pecuária

Para Pires e Veloso (2005), atualmente divulga-se e coloca em prática quatro métodos básicos de integração, sendo:

3.1.1.1 Sucessão de culturas com forrageiras anuais – Sistema em que predomina a agricultura com espécies anuais durante o verão (soja e milho), sendo na estação fria cultivadas pastagens anuais como aveia ou centeio, que são usadas para terminação de animais, neste período, retornando a lavoura na safra do verão seguinte, podendo ser conduzido no sistema plantio direto (SPD).

3.1.1.2 Rotação de culturas anuais/pastagens perenes – Sistema mais intensivo de exploração, em que as áreas de culturas anuais e pastagens perenes se alternam a cada dois ou três anos, utilizando-se o SPD. Neste sistema, a pastagem permite o incremento no conteúdo de matéria orgânica e melhoria nas características físicas do solo, além de mantê-lo coberto com cultivos anuais durante grande parte do período. Parte dos nutrientes empregados na lavoura permanecem no solo, ficando disponíveis para o ciclo de pastagem. Com a adoção do SPD, a preocupação com o controle de plantas daninhas é reduzida, sendo o controle da pastagem a principal preocupação.

3.1.1.3 Reforma de pastagem com culturas anuais – Sistema utilizado em propriedades cuja exploração principal é a pecuária, desenvolvida em pastagens manejadas inadequadamente e sem um programa de adubação de manutenção. Neste caso, desenvolve-se a agricultura nas áreas com pastagem degradada ou mais antiga, por um período de dois a três anos. Em muitas destas áreas, a fertilidade do solo encontra-se baixa, necessitando da incorporação de adubos e corretivos pelo método convencional de preparo do solo. Nos anos subsequentes a semeadura das culturas deve ser realizada no sistema plantio direto. Quando a fertilidade do solo é corrigida durante os cultivos anuais

de verão, com milho ou soja, a pastagem é restabelecida na sequência.

3.1.1.4 Agricultura destinada à suplementação e ao confinamento – Em algumas propriedades destinadas a agricultura e a pecuária não há integração de áreas, mas de atividades. Os produtos da agricultura tais como grãos, resíduos e forragem conservada (feno ou silagem) são utilizados na suplementação e/ou em confinamento de animais.

A utilização da integração em rotação de culturas anuais de grãos e de forrageiras resulta em um sistema estável e interessante, principalmente utilizando-se o plantio direto, na rotação de culturas. A produtividade de grãos em áreas de pastagens no primeiro ano de cultivo é, via de regra, mais baixa e os custos mais elevados (VIEIRA e KICHEL, 1995; KICHEL et al., 2000), tornando-se altamente rentável, estável e com as vantagens sobre as propriedades físicas e químicas do solo com o plantio direto. A soja, de ciclo precoce a médio, em rotação e integração com gramíneas (milheto, aveia e braquiária), nos sistemas de plantio direto, vem sendo amplamente recomendada Kichel et al. (2000) alcançando resultados excelentes tanto na produção de grãos (60 sacas ha⁻¹), quanto na de carne (230 kg ha ano⁻¹) (KICHEL et al., 1999).

3.1.2 Fundamentos do sistema ILP

Balbinot Junior et al. (2009), elucidaram que, apesar do sistema ILP possa apresentar vantagens em relação a sistemas não-integrados de produção, seu sucesso depende de adequado conhecimento sobre o sistema como um todo. O manejo da propriedade deve ser realizado com o objetivo de obtenção de elevados rendimentos, seja no componente animal como no vegetal. Sistemas que envolvem a interação solo-planta-animal são mais complexos do que sistemas que envolvem somente a interação solo-planta. Esse conhecimento deve servir de subsídio para o planejamento das ações a serem desenvolvidas nas propriedades. Dessa forma, Balbinot Junior et al. (2009) inferiram a prática de cinco fundamentos básicos: correção da acidez e fertilidade do solo; uso de sistema plantio direto; rotação de culturas; uso de genótipos de animais e vegetais melhorados e manejo correto da pastagem.

3.2 A pastagem na integração lavoura-pecuária

Por possuir extensas áreas de pastagens e o maior rebanho comercial do mundo, a pecuária no Brasil é uma atividade altamente competitiva. Nesse aspecto, as pastagens, atuando para viabilizar essa competitividade, representam um papel fundamental no processo produtivo, possibilitando o atendimento da demanda mundial por alimentos produzido em moldes que garantam a sustentabilidade dos sistemas, com respeito ao ambiente e aos animais (PEREIRA, 2004a).

As pastagens cultivadas tem apresentado crescimento acentuado, ocupando área cada vez maior, passando de cerca de 30 milhões de hectares em 1970, para cerca de 105 milhões no Brasil, representando um incremento de 350% em 25 anos (ZIMMER e EUCLIDES, 1997). Atualmente, estima-se que dos 173 milhões de hectares de pastagens no Brasil, 117 milhões de hectares são de pastagens cultivadas com taxas de lotação de 1,0 UA.ha⁻¹ e destas, 70% encontram-se em algum estágio de degradação. Cerca de 70% das pastagens cultivadas são do gênero *Brachiaria*, o que representa 80 milhões de hectares de pastagens dessa espécie. Dentre estas, 90% das áreas são ocupadas por *Brachiaria brizantha* e *Brachiaria decumbens* (ZIMMER et al., 2012).

Almeida e Medeiros (2013) relataram que as pastagens em sistemas de integração lavoura-pecuária, apresentam características mais favoráveis que as pastagens convencionais para a nutrição de bovinos. A principal característica é a maior disponibilidade de matéria seca e maior valor nutricional de forragem consumida. Essa maior disponibilidade possibilita maior seleção pelos animais das partes mais nutritiva das plantas o que explica a melhora na qualidade do alimento ingerido.

Moraes et al. (2012), demonstraram em experimentos de longa duração os benefícios da integração lavoura-pecuária, principalmente por proporcionar um sinergismo entre a interação solo-planta-animal. A alta variabilidade das culturas nas regiões do Brasil, juntamente com os custos elevados de nutrição animal, incentivou os produtores a adotar essa tecnologia como opção de diversificação de baixo risco.

Segundo Assmann (2002), as condições favoráveis de clima e solo dominantes no sul do Brasil beneficiam a produção de massa seca (MS) das espécies forrageiras hibernais, permitindo assim a obtenção de altos rendimentos de produção de forragem, principalmente em áreas com integração lavoura-pecuária, dessa forma, as pastagens

hibernais, quando manejadas intensamente são colhidas em várias ocasiões durante a estação de crescimento, por meio de corte ou de pastejo, e a produção de forragem anual varia, geralmente, nas quantidades de 8 a 15 Mg de MS ha⁻¹, caso o fornecimento de nitrogênio não seja limitante.

Com o manejo de pastagens, obedecendo ao estágio fenológico das plantas, consegue-se alimento de qualidade e alta produção de massa seca por unidade de área (PENATI e CORSI, 1998). A primeira condição básica que deve ser reconhecida e respeitada é que só existe produção animal em pastagens se, estas forem mantidas estáveis e produtivas (SILVA, 2005). Aumento na produção de massa seca de melhor qualidade por unidade de área reduz o custo do alimento e possibilita à obtenção de produções mais elevadas de leite (NUSSIO, 1993) O crescimento das plantas forrageiras e, conseqüentemente, a sua produção depende de fatores relacionados à planta e as condições edafoclimáticas. A disponibilidade de nutrientes no solo tem grande importância no crescimento das forrageiras (ASSMANN, 2002).

O valor nutritivo e a oferta de forragem devem ser considerados em conjunto, visto que apenas a presença da planta no sistema não significa necessariamente incremento no desempenho, já que a forragem precisa apresentar condições para ser metabolizada com eficiência no trato gastrointestinal. Deve-se considerar também que o valor nutritivo da forragem se caracteriza por sua composição química, digestibilidade e natureza dos produtos digeridos. A composição química é um fator associado somente com a planta e o meio ambiente; por outro lado, a digestibilidade, a natureza dos produtos digeridos e a eficiência de utilização são associadas com a planta e o animal (MOTT e MOORE, 1985).

Para Pereira (2004a), altas taxas de produção de leite são limitadas não apenas pela baixa digestibilidade do material ingerido, como também pela massa de forragem disponível na pastagem. A forragem deve fornecer determinada quantidade de proteínas, energia e minerais para os animais, a restrição no consumo torna-se um fator limitante no sistema de produção. Moore (1980) sugeriu que o valor nutritivo é determinado pela concentração de nutrientes na planta, digestibilidade dos nutrientes e natureza dos produtos finais da digestão.

O rendimento de produto animal individual e por área é determinado pela qualidade e quantidade da forragem consumida. A qualidade da forragem leva em

consideração o valor nutritivo e o consumo voluntário (MOTT e MOORE, 1985). Conforme Minson (1981), a quantidade de forragem ingerida pelo animal depende basicamente de três fatores: disponibilidade da forrageira; composição química e exigências nutricionais do animal.

A qualidade da forragem é bastante influenciada pela temperatura ambiente. Altas temperaturas durante o crescimento aceleram o alongamento do colmo e os processos de amadurecimento, ocasionando aumento nos tecidos da parede celular e na lignificação, bem como decréscimo na digestibilidade da matéria seca (WILSON, 1981).

Pastagens de clima temperado bem manejadas apresentam valores de proteína bruta próximos a 20% e fibra em detergente neutro (FDN) entre 40 e 50%, indicativos de uma forragem de excelente qualidade (PEREIRA, 2004a).

3.3 Ciclagem de nutrientes em sistemas pastoris

Os desafios atuais tem levado pesquisadores e técnicos à quebra de paradigmas, para que o solo não seja visto como um doador inerte de nutrientes, mas como um compartimento do sistema, vivo e dinâmico, cujo “status” depende essencialmente do funcionamento do conjunto (CORREIA, 1997).

Com a crescente demanda por maior produtividade vegetal, aumenta a atenção para uma adequada nutrição das plantas. Os nutrientes minerais presentes nos solos, nos animais e nas plantas desempenham funções vitais para a manutenção de cada componente do sistema solo-planta-animal. O estabelecimento e a produtividade das plantas forrageiras são influenciados pela disponibilidade de nutrientes, provenientes do solo (MONTEIRO e WERNER, 1997).

De acordo com Werner et al. (2001), o solo não é uma fonte inesgotável de nutrientes, ocorrendo variações na quantidade de cada um dos elementos, de solo para solo, além de existirem nutrientes que se esgotam mais rapidamente do que outros, em virtude da lixiviação, de maior absorção, da remoção para plantas, além de outros fatores, havendo a necessidade de equilíbrio entre os vários elementos do solo, para que seja garantido o desenvolvimento normal das plantas.

Pereira (2004b) cita como fonte de nutrientes para o sistema: o material de origem dos solos; o retorno dos resíduos vegetais; a aplicação de fertilizantes e corretivos;

suplementos alimentares e água fornecida aos animais, nutrientes da atmosfera provenientes de precipitações pluviométricas, da fixação simbiótica e da fixação não simbiótica e a deposição das excreções dos animais em pastejo. Quanto à contribuição das excreções dos animais, o fósforo, o cálcio e o magnésio são excretados principalmente nas fezes; o nitrogênio e o enxofre podem ser excretados em quantidades consideráveis tanto nas fezes quanto na urina; já o potássio, em maior quantidade na urina. Como saídas, destacam-se: a volatilização, desnitrificação, lixiviação, percolação, erosão, fixação pelo solo, pelo produto animal e vegetal.

Os minerais acumulados na forrageira estão sujeitos a mecanismos de reciclagem, onde se distinguem três compartimentos principais: solo, planta e animal. O solo está em equilíbrio com os resíduos (fração orgânica, restos vegetais, organismos e excreções). A absorção de nutrientes pelas plantas e pelo animal representam retardamentos temporários no fluxo de nutrientes no sistema que está em estado estável (MALAVOLTA, 1986).

Uma recomendação para o solo é levar em conta a maximização da reciclagem de nutrientes nas diretrizes de manejo. Visto que o solo é um compartimento aberto, pode-se, por meio da reciclagem de nutrientes, aumentar a eficiência produtiva do sistema, já que o mesmo nutriente pode circular pelo sistema em um número maior de vezes, criando menor dependência externa e preservando o ecossistema (NASCIMENTO JR. et al., 2003).

Dentre as práticas de manejo, a utilização de nitrogênio em pastagens é uma das medidas que mais incremento traz na produção (LUGÃO et al., 2003). O nitrogênio faz parte da composição de ácidos nucleicos e hormônios, interferindo diretamente no processo fotossintético, por ser constituinte da molécula de clorofila e de uma variedade de outros compostos que influenciam no metabolismo da planta (HOPKINS, 1995). É um dos mais importantes nutrientes para a manutenção da produtividade das gramíneas forrageiras, por ser o principal constituinte das proteínas que participam ativamente na síntese dos compostos orgânicos formadores da estrutura vegetal. O nitrogênio é responsável por características do porte da planta, tais como tamanho das folhas e do colmo e aparecimento e desenvolvimento dos afillhos. Com baixo teor de nitrogênio no solo, o crescimento da planta é lento, apresentando porte baixo, baixo afillamento e a concentração de proteína não atende as exigências do animal (WERNER, 1986a).

Segundo Fribourg (1985), respostas lineares de gramíneas anuais de verão à fertilização nitrogenada acima de 200 kg ha⁻¹, tem sido obtidas. Para altos níveis de adubação, o parcelamento é essencial para o crescimento uniforme e o equilíbrio nutricional das plantas.

É importante ressaltar que para obtenção de altas produções de forragem, além da adubação nitrogenada, é necessária a manutenção de teores adequados de fósforo, potássio e magnésio, além de outros nutrientes, os quais contribuem para aumentar a capacidade das plantas de utilizar o nitrogênio, principalmente em altas doses (LOPES, 1989). Teores adequados de potássio e fósforo, especialmente o de potássio, aumentam a eficiência das plantas em utilizar altas doses de nitrogênio e transformá-lo em proteína (LOPES e GUILHERME, 1989).

Os nutrientes retornam às pastagens pelas excreções dos animais em pastejo. O valor dos excrementos como fonte de nutrientes depende da distribuição nas pastagens, da categoria e espécie animal, da quantidade consumida e composição química das partes da planta que são consumidas. A passagem de nutrientes pelo animal representa uma importante via de retorno dos nutrientes ao sistema de pastagens. Os animais usam apenas uma pequena quantidade dos nutrientes ingeridos, 60 a 90% destes nutrientes retornam a pastagem via urina e fezes (WILLIAMS et al., 1989). As fezes aparentemente contém todo o magnésio ingerido e não retido pelos animais em pastejo e alto teor de fósforo, tanto orgânico como inorgânico, mas principalmente o fósforo inorgânico, que é fortemente correlacionado com a quantidade de fósforo ingerido (BRONFILD e JONES, 1970).

3.4 Nitrogênio no Sistema Integrado de Produção Agropecuária

O elemento mineral nitrogênio (N) é considerado um dos maiores limitantes ao desenvolvimento das culturas, tanto na produção de grãos como de pastagens. Além disso, esse nutriente é sujeito a perdas por erosão, desnitrificação, volatilização e lixiviação (AMADO et al., 2002). Busca-se melhorar a eficiência do uso do N através de estratégias para aumentar a produção vegetal, a ciclagem e diminuição das perdas desse importante nutriente. Dessa forma, a avaliação do índice de nutrição nitrogenada (INN) consiste em uma estratégia para analisar o estado nutricional das plantas ao longo do seu

desenvolvimento, contribuindo neste caso com o entendimento da dinâmica desse nutriente. Consiste assim na possibilidade de avaliar se as demandas por nitrogênio estão sendo atendidas, qual a real necessidade e quais as quantidades de fertilizantes serão necessários para o desenvolvimento das espécies vegetais exploradas.

O N tem um papel fundamental na fotossíntese, uma vez que faz parte da molécula de clorofila e de proteínas, como a Rubisco. Assim, a taxa de fotossíntese é diretamente dependente da concentração de N nas folhas. Na construção de sistemas de produção mais sustentáveis é necessário entender a dinâmica dos processos e do N em sistemas agropecuários. Em solos sem restrição de oxigênio, a maior parte do N absorvido pelas plantas encontra-se na forma de nitrato (NO_3^-). O nitrato está sujeito a perdas por lixiviação para as camadas mais profundas do solo, quando o N é aplicado em excesso, devido à baixa interação química do nitrato com os minerais do solo.

A lixiviação é considerada a principal forma de perda de N em áreas com alta precipitação pluviométrica, principalmente nos solos de países de clima tropical e subtropical (CANTARELLA, 2007). A captação e acúmulo do N nas culturas representa os dois maiores componentes do ciclo desse nutriente nos sistemas agropecuários (GASTAL e LEMAIRE, 2002). O nitrogênio, juntamente como o carbono (C), são os principais elementos da matéria orgânica do solo (MOS). Para compreender a dinâmica do nitrogênio no solo, deve-se considerar a dinâmica do C. A adição de matéria orgânica no solo é proveniente do sequestro de carbono atmosférico por meio da fotossíntese. O desenvolvimento de sistemas integrados de produção agropecuária pode aumentar o carbono orgânico no solo ao longo do tempo, uma vez que viabiliza o crescimento contínuo de plantas em rotação de culturas com pastagens influenciadas pelo pastejo (TRACY e ZHANG, 2008). Entretanto, sistemas integrados de produção de produção agropecuária podem ser uma fonte ou um dreno de carbono atmosférico, dependendo do manejo da pastagem. Segundo Silva et al. (2014b), sob alta intensidade de pastejo, o sistema comporta-se como uma fonte de carbono, já em baixa intensidade de pastejo, este mesmo sistema torna-se um dreno de carbono atmosférico. Maiores teores de MOS provocam maior agregação das partículas e reorganização da estrutura do solo, o que leva à maior proteção da própria MOS e a diminuição das perdas de carbono e nitrogênio (SOUZA et al., 2009).

Conforme resultados obtidos por Souza et al. (2009) em experimento de sistema

integrado de produção agropecuária localizado em Tupanciretã-RS, onde foi manejada a pastagem com intensidades de pastejo moderadas (20 e 40 cm de altura), os estoques de C e N no solo cresceram ao longo dos anos, entretanto, sob altas intensidades de pastejo (10 cm de altura), estes estoques decresceram. O animal também pode ser visto com um agente reciclador dos nutrientes, já que até 90% dos nutrientes ingeridos retornam ao solo (BALBINOT Jr. et al., 2009). Sandini et al. (2011) relataram que o pastejo não influencia na produtividade de grãos na cultura do milho, entretanto, o nitrogênio aplicado na pastagem afeta a produtividade da cultura do milho em sucessão.

Anghinoni et al. (2013) constataram que a exportação de N nas fases lavoura é maior que na fase pastagem, assim, diante da importância da manutenção da fertilidade e da ciclagem dos nutrientes nos sistemas integrados de produção agropecuária, propuseram que se realize a adubação antecipada da lavoura, realizando a adubação da pastagem com o objetivo de fertilizar a lavoura, segundo os autores, proporciona maiores rendimentos da pastagem e do animal e, dessa forma, maior ciclagem dos nutrientes para as fases produtivas. Lemaire e Salette (1984) verificaram diferenças na absorção de N em diferentes épocas do ano, e em diferentes anos. Tais diferenças podem ser atribuídas a respostas de crescimento frente às condições climáticas. Apesar das diferenças na absorção, a porcentagem de N diminuía com o aumento da biomassa, independente do ano ou época de avaliação.

Em pesquisa realizada por Assmann et al. (2003), comentaram sobre a produção de fitomassa pela cultura do milho em um sistema integrado de produção agropecuária que essa produção é influenciada pela dosagem de adubação com N na fase pastagem. Ainda segundo os autores, as parcelas de milho que receberam as mais altas doses de N no inverno não responderam à adubação de verão, evidenciando a ciclagem da adubação nitrogenada no inverno.

Lemaire e Gastal (2009) relacionaram que o N crítico pode ser utilizado como indicador do estado nutricional das culturas. Li et al. (2012) confirmaram que através da avaliação do INN das plantas pode diagnosticar se o manejo da fertilização está atendendo as demandas do sistema.

As fontes de matéria prima para a produção de fertilizantes industriais tendem a chegar aos seus limites, assim, é importante promovermos a diminuição das perdas e a ciclagem dos nutrientes, principalmente do nitrogênio. Neste caso, devemos conhecer os

fluxos dos nutrientes entre os compartimentos do sistema, a exemplo: resíduo da palhada, do esterco e da urina.

Os sistemas integrados de produção agropecuária devem ser visto como estratégias para aumentar a eficiência dos solos em produzir alimentos (ANGHINONI et al., 2013; SALTON et al., 2014;), e a adubação destes sistemas deverá considerar a demanda nutricional da cultura, a cinética de liberação de nutrientes dos resíduos, o quanto o solo é capaz de suprir, além da expectativa de rendimento (ANGHINONI et al., 2011).

3.4.1 Nitrogênio como fator de crescimento

Depois da água, o nitrogênio (N) é considerado um dos fatores limitantes mais importantes à produção das plantas. As práticas de adubação nitrogenada podem garantir a quantidade necessária deste elemento para as plantas. Tais práticas, juntamente com a energia interceptada, permitem à cultura atingir seu máximo potencial produtivo. Contudo, para garantir elevada produção, utilizam-se, em muitos casos, quantidades de N acima do necessário para expressar o máximo crescimento (LEMAIRE e GASTAL, 1997), acarretando em problemas ambientais, como a contaminação de lençóis freáticos e de cursos d'água. Ao contrário, em muitos casos, ocorre a privação do crescimento das plantas, pela baixa ou nenhuma adubação, tanto nitrogenada, como de outros nutrientes, muitas vezes por falta de conhecimento técnico ou questões culturais do próprio técnico ou do produtor (MORAES, 1995).

O nitrogênio pode estar presente na planta na forma estrutural ou metabólica, participando de vários compostos como ácidos nucleicos, proteínas, hormônios, clorofilas e outros que afetam diretamente o crescimento e o desenvolvimento das plantas. Classificado como macronutriente, é absorvido em grandes quantidades principalmente por fluxo de massa (MALAVOLTA, 1980).

As respostas de absorção e utilização do N pelas plantas são afetadas por diversos fatores, os quais estão relacionados a aspectos do solo, climáticos e ao crescimento e desenvolvimento da própria planta. Além das diferentes quantidades de N disponibilizadas para as plantas através da adubação que interferem em todas as respostas descritas acima.

Blombäck e Eckersten (1997) simularam o crescimento e a dinâmica de N em azevém anual, e observaram que o efeito combinado de baixas temperaturas e stress causado por falta de N reduziram o crescimento potencial do azevém em até 80%, não havendo desta maneira o máximo uso da radiação solar interceptada. O stress de N sozinho, contribuiu para a redução do crescimento em 50%, sendo este o principal fator de redução.

Para Gastal e Lemaire (2002), entender os processos que governam o fluxo de N, particularmente sua absorção e distribuição na planta, tem elevada importância, principalmente no que diz respeito ao meio ambiente e a qualidade dos produtos formados. Pois a absorção e o acúmulo pelas culturas representam dois grandes componentes do ciclo de N no sistema. A obtenção de informações sobre os fatores que controlam a aquisição e a utilização de N pelas culturas vão ajudar no desenvolvimento de estratégias mais efetivas para a adubação nitrogenada, fazendo com que haja um incremento na eficiência do uso de N (WALQUER et al., 2001).

A demanda de N é função da formação diária de biomassa em diferentes tecidos na planta e é determinada pela máxima concentração nos respectivos tecidos (BLOMBACH e ECKERSTEN, 1997). Segundo Gastal e Lemaire (2002), a quantidade de N absorvido não é regulada apenas pela quantidade disponível no solo, mas também pela taxa de crescimento da cultura. Em adição, o N absorvido por unidade de biomassa diminui com o aumento da massa da cultura, ocorrendo o efeito da diluição do N.

Quando há aumento na quantidade da luz, pode ocorrer aumento no conteúdo de N foliar, pela aclimação funcional e estrutural do aparato fotossintético das folhas em resposta a elevação da quantidade da luz. Assim, o conteúdo de N das folhas pode variar de acordo com a posição do dossel, idade da folha, densidade do fluxo de RFA, época do ano e diferenças entre as culturas, levando a variações na quantidade de biomassa produzida (GRINDLAY, 1997). Ainda, a taxa fotossintética está diretamente relacionada ao conteúdo de N foliar. Deste modo, o entendimento da dinâmica entre fotossíntese, fluxo de N na planta e o clima devem ser vistos de uma forma tridimensional, ou seja, interdependentes.

3.5 Fósforo (P), Potássio (K) e Magnésio (Mg)

Há evidências de que as espécies forrageiras diferem entre si no seu requerimento nutricional em relação ao fósforo, em relação à eficiência de absorção e utilização deste nutriente. Contudo, experimentos com pastagens, tanto de gramíneas como de leguminosas tem mostrado respostas à adubação fosfatada. Os efeitos residuais podem ser bastante prolongados, sendo uma função, entre outros fatores, da quantidade de fósforo aplicado (MALAVOLTA et al. 1986).

Correa e Reichardt (1995) trabalhando com o efeito do tempo de uso de pastagens na Amazônia Central constataram que a deficiência de fósforo no solo foi um dos fatores que mais limitou a capacidade produtiva das gramíneas, corroborando com Werner e Haag (1972), que consideram que o fósforo desempenha importante papel no desenvolvimento do sistema radicular e no afilamento das gramíneas (WERNER e MATTOS, 1972).

Corrêa et al. (1997) testaram os efeitos de doses e fontes de fósforo, sobre a produção de capim tanzânia (*Panicum maximum*). O capim respondeu ao fósforo independente da fonte e, com doses maiores do que 200 kg ha⁻¹ não houve aumento significativo de produção. Fonseca et al. (1987) evidenciaram que existe uma variação para o nível crítico de fósforo causada pela diferença entre espécies e pela idade da planta.

Teixeira (1987) estudou o potássio em solo de pastagem com *Brachiaria brizantha* cv. Marandu e verificou que os animais consomem todo o potássio que necessitam da pastagem, pois o sal mineral é isento de potássio. De 51,33 kg ha ano⁻¹ de potássio consumido pelos animais, somente 0,86% ficou estocado nos animais, sendo a maior parte (99,14%) retornada ao pasto pelas fezes e urina. A forragem não consumida pelos animais apresenta-se também como uma fonte importante de retorno de nutrientes para o sistema, destacando a distribuição uniforme das plantas na área da pastagem (MONTEIRO e WERNER, 1997).

O magnésio não é um elemento normalmente empregado em adubações. Entretanto, seu suprimento é feito usualmente através da calagem utilizando calcário, e particularmente com o uso de calcário dolomítico (RAIJ, 1991). No Brasil não é comum ocorrerem registros de deficiência desse nutriente nas plantas forrageiras, porém a

diminuição da concentração de magnésio nessas plantas pode ocasionar a “tetania das pastagens” em bovinos (FONSECA e MEURER, 1995).

A deficiência de magnésio geralmente ocorre em condições onde a deficiência de cálcio também é problema. Uma proporção relativamente alta do magnésio nos restos vegetais incorporados ao solo, que darão origem ao húmus, está presente na clorofila (MALAVOLTA, 1976).

Omissões de nutrientes em solução nutritiva para *Brachiaria brizantha* cv. Marandu causaram uma redução de 45% na produção de massa seca da parte aérea, de 70% nas raízes e de 32 % no número de afilhos, quando comparado à omissão do magnésio com o tratamento completo (MONTEIRO et al., 1995).

Pesquisadores do Centro Internacional de Agricultura Tropical – CIAT (1984), trabalhando com uma pastagem degradada de *Brachiaria humidicola*, obtiveram aumento significativo na produção de massa seca com a aplicação de 10 kg ha⁻¹ de magnésio, o que evidenciou a importância do emprego do magnésio como nutriente, e não como corretivo de acidez.

Correa e Reichardt (1995) encontraram redução nos teores de magnésio de 0,54 cmol_c dm⁻³ para 0,32 cmol_c dm⁻³ na camada de 0 a 10 cm do sexto para o décimo ano e de 0,20 cmol_cdm⁻³ para 0,15 cmol_c.dm⁻³ do quarto para o sexto ano de avaliação das alterações químicas de solos sob pastagem de *Brachiaria humidicola* com quatro, seis e dez anos em relação ao solo sob floresta.

3.6 Propriedades físicas do solo em sistemas de manejo na integração agricultura-pecuária

O sistema de plantio direto, além de não revolver o solo, mantém os resíduos vegetais na superfície, aumenta o teor de matéria orgânica (BAYER e MIELNICZUK, 1997), a estabilidade dos agregados (CAMPOS et al., 1995) e preserva a qualidade da estrutura do solo (CARPENEDO e MIELNICZUK, 1990), com reflexo na redução da erosão hídrica e da poluição do ambiente.

Apesar dos benefícios do sistema de plantio direto, existem estudos que indicam aumento da compactação dos solos cultivados nesse sistema (CARTER et al., 1999), o que pode comprometer a produtividade das culturas ao longo dos anos. Essa tendência é

observada principalmente em lavouras onde se adota o sistema de integração agricultura-pecuária sem critérios técnicos para o manejo da pastagem, pois, quando o pisoteio é realizado em solo úmido e o pastejo for excessivo, o processo de compactação é potencializado (TANNER e MAMARIL, 1959; TREIN et al., 1991; PROFFIT et al., 1993; PIETOLA et al., 2005), especialmente em solos argilosos (ALBUQUERQUE et al., 2001).

O efeito do manejo do solo nos atributos físicos é dependente da textura; segundo Tanner e Mamaril (1959), os mais suscetíveis à compactação são os mais argilosos, com redução sensível na produtividade das culturas. A redução foi observada mesmo em pastagens que estavam sendo manejadas adequadamente. Assim, o grau de compactação que um solo pode alcançar será maior quando o solo estiver sujeito ao manejo inadequado. Nesse sentido, Proffit et al. (1995) sugerem, para evitar a degradação, a retirada dos animais da área quando a umidade estiver acima do limite de plasticidade.

Para amenizar a compactação pelo gado uma alternativa é ajustar a carga animal ao crescimento da pastagem, com a permanência de 1 Mg ha⁻¹ de massa seca para evitar alterações na densidade do solo e na produtividade dos grãos, conforme observado por Silva et al. (2000) em um argissolo arenoso e por Flores et al. (2007) em latossolo vermelho. A camada mais compactada pelo trânsito de animais é geralmente de 5 a 15 cm (GREENWOOD e MCKENZIE, 2001), e a pressão exercida sobre o solo pode chegar a 350 KPa (PROFFIT et al., 1993).

Deve-se considerar que alterações nas propriedades físicas e químicas do solo podem levar à perda de sua qualidade e da capacidade dele de sustentar a produtividade biológica, manter a qualidade ambiental e promover a sanidade vegetal e animal (DORAN e PARKIN, 1994). Portanto, seria benéfico se as áreas de campo nativo, ao serem convertidas para sistemas de cultivo com produção de grãos ou para agricultura e pecuária, tivessem a estrutura do solo preservada, o que depende fundamentalmente do sistema adotado para o manejo das pastagens e do solo.

O efeito do pisoteio animal sobre as propriedades físicas do solo é limitado às suas camadas mais superficiais, podendo ser temporário e reversível, quando a pastagem é manejada adequadamente (PETEAN et al., 2009; ANDREOLLA et al., 2015).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido em Guarapuava, no campo experimental do Departamento de Agronomia – CEDETEG, da Universidade Estadual do Centro-Oeste – UNICENTRO, nas coordenadas geográficas 25°23'36" de latitude sul, 51°27'19" de longitude oeste, com 1.120 m de altitude.

O tipo climático Köppen-Geiger da região é o subtropical do tipo *Cfb* (PEEL et al., 2007), com chuvas bem distribuídas durante o ano e verões amenos. As temperaturas médias anuais oscilam em torno de 17°C e a pluviosidade alcança cerca de 1.200 mm anuais.

O solo da área onde o experimento foi instalado é classificado como Latossolo Bruno Distroférico Típico, textura muito argilosa (CNPS - EMBRAPA, 2006). A amostragem de solos foi realizada em todas as parcelas experimentais, totalizando 20 amostras na camada arável (0-20 cm de profundidade), de onde foi retirada uma sub-amostra representativa da parcela, apropriadas e suficientes para a implantação e avaliação das combinações de cultivos estudadas e conduzidas na forma de plantio direto na palhada. Os resultados das análises químicas do solo da área experimental, antes da instalação das parcelas experimentais, estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Resultado de análise de solo, sob profundidade de 0 a 20 cm da área experimental.

pH (CaCl ₂)	MO (g dm ⁻³)	P Mehlich (mg dm ⁻³)	Complexo Sortivo (cmol _c dm ⁻³)						BASES V %	mg dm ⁻³						
			K	Ca	Mg	Al	H + Al	T		N	S	Zn	Fe	Mn	Cu	B
5,4	42,9	7,7	0,45	2,9	1,6	0,0	3,66	8,61	57,7	2,15	7,0	1,7	53,8	40,5	1,9	0,3

*Análises realizadas no Laboratório de Análises Agronômicas – Tecsolo.

4.2 Tratamentos

O trabalho de pesquisa constou na avaliação de cinco tratamentos e quatro

repetições, com a implantação de cinco espécies de cereais de inverno, associados à cultura da soja no verão, por dois anos consecutivos, sob parâmetros de produção de biomassa seca, balanço de nutrientes e análise econômica.

Os tratamentos definidos com as espécies de cereais de inverno foram estabelecidos conforme a finalidade de uso, tal como a produção de grãos e a produção de silagem de pré-secada, conforme é apresentado na Tabela 2.

Tabela 2. Sequência dos tratamentos associando finalidades à produção de grãos e produção de silagem de pré-secado, conforme ano de avaliação.

Tratamentos	1º ANO		2º ANO	
	Inverno	Verão	Inverno	Verão
TrG	Trigo grão	Soja	Trigo grão	Soja
CvG	Cevada grão	Soja	Cevada grão	Soja
AvSTrG	Aveia Pré-secado+Trigo Grão	Soja	Aveia Pré-secado+Trigo Grão	Soja
AzS	Azevém Pré-secado	Soja	Azevém Pré-secado	Soja
CeS	Centeio Pré-secado	Soja	Centeio Pré-secado	Soja

Definidos os cinco tratamentos, estes foram associados à cultura da soja no período do verão para os dois anos de avaliação, considerando um programa de uso do solo com espécies de cereais no inverno com finalidade de uso para grãos e produção de silagem de pré-secado no inverno, respeitando o zoneamento agrícola de cada espécie.

4.3 Implantação e manejo do experimento

A implantação do experimento iniciou-se no período do outono-inverno de 2016 com a semeadura das espécies de cereais de inverno, utilizando os genótipos mais cultivados na região centro-sul do Paraná, sendo: aveia preta IAPAR 61, azevém BAR HQ, centeio Temprano, trigo BRS Sabiá, e cevada MN 6021. A cultivar de soja semeada em todos os tratamentos em sucessão aos cultivos de inverno foi a CD 2609 RR.

As parcelas após a semeadura das espécies de cereais de inverno e da soja no período do verão, na distribuição dos blocos, foram mantidas com a área útil de 164 m² (40 x 4,10 m). Através de observações e identificação das espécies de plantas daninhas na área experimental destinada a implantação dos tratamentos, foi realizada duas aplicações de herbicidas dessecantes, sendo uma aplicação com o herbicida glyphosate em até 30 dias

de antecedência à implantação do experimento e outra aplicação imediatamente após a semeadura com o herbicida paraquat nas parcelas experimentais onde foram semeadas as espécies de aveia preta e centeio.

Para o controle de plantas daninhas, o manejo de dessecação em pré-semeadura nas parcelas experimentais onde foi implantada a cultura da soja, utilizou-se o herbicida glyfosate (nome comercial - Round up DI). Em pós-emergência das plantas daninhas, o manejo de controle foi realizado com o herbicida glyfosate (Round up DI) para todos os tratamentos e, realizou-se uma aplicação adicional do herbicida cletodim para o controle do azevém anual nas parcelas que apresentaram a ressemeadura natural e também devido a presença de plantas de azevém que apresentaram resistência à molécula de glyfosate.

A adubação com os elementos minerais nitrogênio, fósforo e potássio foram realizadas de acordo com exigência nutricional de cada cultura, dados os níveis de extração e exportação, segundo as tabelas da Rede Oficial de Laboratórios de Análise de Solos - RS/SC (ROLAS, 2004). As formulações utilizadas no experimento para o elemento nitrogênio foi na forma de uréia (N: 45%), para o fósforo na forma de super fosfato simples (P_2O_5 : 18%) e para o potássio na forma de cloreto de potássio (K_2O : 60%).

A descrição das quantidades aplicadas dos elementos nitrogênio, fósforo e potássio, mediante a necessidade nutricional das culturas nas combinações de cultivos de cada tratamento estão apresentadas nas Tabelas 3.

Tabela 3. Ingresso de nutrientes nos diferentes tratamentos, para os dois anos de avaliação.

Tratamentos	1º ANO		2º ANO	
	Inverno	Verão	Inverno	Verão
	kg de N ha ⁻¹			
TrG	80	0	80	0
CvG	60	0	60	0
AvSTrG	75 + 80	0	75 + 80	0
AzS	200	0	200	0
CeS	200	0	200	0
	kg de P ha ⁻¹			
TrG	75	60	75	60
CvG	75	60	75	60
AvSTrG	30+75	60	30+75	60
AzS	30	60	30	60
CeS	55	60	55	60

	kg de K ha ⁻¹			
TrG	60	95	60	95
CvG	60	95	60	95
AvSTrG	85+60	95	85+60	95
AzS	70	95	70	95
CeS	165	95	165	95

O balanço nutricional realizado com os elementos nitrogênio, fósforo e potássio para a cultura do trigo foi considerado o rendimento de grão de 5.000 kg ha⁻¹, para a cultura da cevada de 3.000 kg ha⁻¹, para a cultura da soja de 4.000 kg ha⁻¹.

O corte das plantas de centeio para a produção silagem de pré-secado foi realizada no momento em que a forragem atingiu estágio fenológico de pré-florescimento. Para a determinação da produção de biomassa verde e posterior conversão em kg MV ha⁻¹, foi selecionada aleatoriamente a área de 6 m² (3 m x 2 m) na parcela experimental para todas as espécies vegetais destinadas a confecção de silagem de pré-secado. Após o corte, toda a área amostral foi colhida e pesada para a determinação da produção de biomassa verde. Para a confecção da silagem do pré-secado, as plantas foram estendidas sobre lona para emurchecimento, revolvidas diariamente até atingirem o percentual de matéria seca de ensilagem, entre 45 a 65%.

A corte da aveia preta destinada à confecção de silagem de pré-secado foi realizada no momento em que a forragem atingiu altura de aproximadamente 35 cm, onde foi realizado o primeiro corte. O momento do segundo corte foi realizado quando a forragem atingiu novamente a altura de aproximadamente 35 cm. Este procedimento foi realizado nos dois anos de estudo.

O corte do azevém foi realizado no momento em que a forragem atingiu altura de aproximadamente 30 cm. Foi realizado 4 cortes com intervalos de aproximadamente 30 dias entre cortes, entretanto, sempre se observou o parâmetro de altura de corte da forragem para o procedimento da confecção de silagem de pré-secado. Este procedimento foi realizado nos dois anos de estudo.

Nas parcelas onde foram implantadas as culturas do trigo, cevada e soja, a colheita foi realizada de forma manual. Para as parcelas de trigo, foram colhidas duas áreas de 4 m² (5 linhas centrais x 4 m) de todas as parcelas do experimento. As amostras foram processadas no IAPAR, utilizando como trilhadeira a colhedora de parcelas marca/modelo WINTERSTEIGER.

4.5 Delineamento experimental

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, constituindo-se em cinco tratamentos (μ = média dos tratamentos; combinações de cultivo), com quatro repetições, repetido em dois anos. Os dados coletados para cada parâmetro foram submetidos à análise de variância com comparação das médias ao nível de significância de 5% pelo teste Tukey, por intermédio do programa estatístico SAS (1993).

O modelo matemático utilizado para a análise de variância das variáveis da planta foi:

$$Y_{ijk} = \mu + CC_i + A_j + B_k (CC_i * A_j)_l + E_{ijkl}$$

Onde:

μ = média dos tratamentos;

CC_i = efeito combinação de cultivo de ordem j ; $j = 1$ a 12 ;

A_j = efeito do ano de ordem k ; $k = 1$ a 2 ;

B_k = efeito do bloco de ordem j ; $j = 1$ a 4 ;

$(CC_i * A_j)_l$ = efeito da interação entre combinação de cultivo de ordem i e ano de cultivo de ordem j ;

e_{ijkl} = erro aleatório associado a cada observação Y_{ijk} .

4.6 Parâmetros avaliados

4.6.1 Biomassa seca

Foi considerada para a avaliação da biomassa seca total em estudo, conforme as combinações de cultivos dos tratamentos, a produtividade total de cada cultura. Para as espécies aveia preta, centeio e azevém, considerou-se a produção de biomassa seca acumulada obtida através dos cortes realizados nas parcelas experimentais, convertidas em kg MS ha⁻¹. Para a obtenção da biomassa seca de grãos de soja, trigo e cevada, após a colheita e realizada a classificação dos grãos, foi desconsiderado o teor de umidade de armazenamento de cada espécie vegetal. Realizou-se o cálculo da média das repetições de cada combinação de cultivos para os períodos do inverno e verão.

Nas amostras de forragem e grãos, realizou-se a determinação dos teores de

nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), enxofre (S), proteína bruta (PB) e matéria seca (MS) de acordo com a metodologia descrita pelo manual de Análise de Solo, Planta e Outros Materiais (TEDESCO et al., 1995). A concentração dos nutrientes foi ponderada pela produção de biomassa seca por hectare para o cálculo da quantidade de nutrientes exportados do solo conforme o tratamento, onde somente foram considerados os valores de N, P e K para a realização da correção dos cálculos da receita líquida, conforme a quantidade de nutrientes exportados para os grãos e/ou forragens. As amostras de cada tratamento foram submetidas à análise laboratorial para verificação dos teores dos nutrientes. Os resultados da análise estão apresentados na tabela 4.

Tabela 4. Valores médios dos teores de nutrientes nas amostras de forragens e grãos, onde N (nitrogênio), P (fósforo), K (potássio), MS (matéria seca), PB (proteína bruta) e S (enxofre).

Culturas	Nutrientes (%)					
	N	P	K	MS	PB	S
Soja	6,53	0,69	1,84	91,05	40,80	0,30
Trigo	2,10	0,46	0,42	87,65	13,10	0,15
Cevada	1,48	0,35	0,43	88,50	9,23	0,11
Aveia	3,79	0,40	3,80	90,82	23,68	0,24
Azevém	3,44	0,32	4,38	90,10	21,52	0,24
Centeio	1,99	0,23	2,41	91,50	12,47	0,14

Laboratório de Análise de Alimentos, UNESP – Botucatu.

Para converter P em P_2O_5 ; K em K_2O , multiplicar por 2,29; 1,20; respectivamente.

4.7 Análise econômica das combinações de cultivos

Para efetuar a análise de custos, por fins ilustrativos e de maior representatividade dos resultados, realizou-se um levantamento dos componentes de custo com dados médios praticados na região.

4.7.1 Investimento aplicado

Para os cálculos do investimento aplicado nos diferentes tratamento, conforme as combinações de cultivos, foi considerado os custos de produção de cada cultura em cada

combinação de cultivo. Para o levantamento dos custos, contabilizou-se a quantidade dos insumos empregados.

4.7.2 Receita bruta

O cálculo da receita bruta de cada cultura em relação às combinações de cultivos, teve como indicativos principais de definição a produtividade de grãos e de biomassa seca em função do preço médio comercializado. Para a realização dos cálculos da receita bruta, o preço de cada produto comercializado em forma de sacas de 60 kg (trigo, cevada e soja) foi fixado e definido conforme a data da colheita de cada espécie vegetal.

Para os tratamentos onde o objetivo foi a produção de biomassa seca, a produção de biomassa seca acumulada foi convertida em silagem pré-secado (aveia, centeio e azevém). Considerou-se para o cálculo da receita bruta o preço médio comercializado por tonelada.

4.7.3 Receita líquida

Para os cálculos da receita líquida os indicativos foram a receita bruta em função dos custos de produção de cada cultura. As planilhas de custos de produção apresentadas são referenciais para as principais explorações agropecuárias para o Estado de Santa Catarina (EPAGRI - Empresa de Pesquisa e Extensão Rural de Santa Catarina), entretanto, apresentam a discriminação de todos os componentes e seus respectivos coeficientes técnicos.

4.7.4 Receita líquida corrigida

Para mensurar a receita líquida corrigida, o cálculo é efetuado com os valores dos nutrientes exportados pelas plantas cultivadas nos diferentes tratamentos. Mediante a quantidade de cada nutriente exportado pelas plantas (N, P, K), calculou-se a quantidade a ser reposta no solo. Conforme as quantidades de nutrientes exportados de cada cultura expressas na tabela 4 e os índices de conversão para cada elemento, efetuou-se a transformação dos elementos N, P e K para as formulações comerciais: N (uréia: 45%), P

(superfosfato simples: 18% P_2O_5) e K (cloreto de potássio: 60% K_2O). O preço das formulações dos fertilizantes foi condicionado ao ano de cada estudo e período referente à semeadura de cada cultura utilizada para as avaliações experimentais.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 5 é apresentado o resumo da análise da variância para produção de biomassa e a receita líquida nos diferentes sistemas integrados de produção agropecuária, conforme as combinações de cultivos para o primeiro ano de avaliação. De maneira geral verifica-se que houve interação significativa entre sistema integrado de produção agropecuária e combinação de cultivos para o primeiro ano de avaliação para os todos os parâmetros avaliados.

Tabela 5. Resumo da análise da variância para produção de biomassa seca (PBS), investimento (INV), receita bruta (RB), receita líquida (RL) e receita líquida corrigida (RLC) para as combinações de cultivos de cereais de inverno, em dois anos de avaliação. UNICENTRO, Guarapuava- PR, 2017.

Fonte de variação	Quadrado médio do erro					R ²	CV%	Média	Probabilidade (P<0,05)			
	Tratamento (T)	Ano (A)	Bloco (B)	T*A	Erro				T	A	B	T*A
GL*	4	1	3	4	27	-	-	-	-	-	-	-
PBS	327566822	110200761	876466	32916447	29791627	0,98	7,65	13,719	0,0001	0,0001	0,5077	0,0001
INV	9854882.56	20977177.23	5259.09	112277.91	4110.55	0,99	0,79	8,085	0,0001	0,0001	0,3014	0,0001
RB	136995712.0	30368290.2	1588317.2	25814959.6	1440268,1	0,94	9,63	12,454	0,0001	0,0001	0,3651	0,0001
RL	199127205.5	846519.0	1429157.7	28481143.7	1304923.4	0,96	26,15	4,367	0,0001	0,4276	0,3681	0,0001
RLC	94635920,4	157006137,6	3406,2	32970336,7	195404,5	0,99	104,56	422,75	0,0001	0,0001	0,9968	0,0001

* GL: graus de liberdade.

Segundo os resumos das análises de variância de produção de biomassa seca, receita líquida e receita líquida corrigida, foram observadas diferenças significativas (P<0,05) entre as fontes de variação. Houve interação significativa entre os tratamentos em relação aos anos de avaliação.

Na Tabela 6 são apresentados os valores médios da produção de biomassa seca (kg de MS ha⁻¹) nos diferentes tratamentos, conforme as combinações de cultivos para os dois anos de avaliação. Balbinot Junior et al. (2009), elucidaram que, apesar de sistemas integrados apresentarem vantagens em relação a sistemas não-integrados de produção, seu sucesso depende de adequado conhecimento sobre o sistema como um todo. O manejo da propriedade deve ser realizado com o objetivo de obtenção de elevados rendimentos.

Tabela 6. Valores médios da produção de biomassa seca (kg MS ha⁻¹) nos diferentes tratamentos, conforme as combinações de cultivos de cereais de inverno para os dois anos de avaliação. UNICENTRO, Guarapuava- PR, 2017.

Tratamentos	1º ANO			2º ANO		
	Inverno	Verão	Total	Inverno	Verão	Total
	Produção de biomassa seca (kg de MS ha ⁻¹)					
TrG	2.908	7.610	10.517 d	4.161	3.247	7.408 d
CvG	2.784	5.056	7.840 e	3.509	3.055	6.564 d
AvSTrG	6.133	6.138	12.271 c	7.444	3.367	10.810 c
AzS	14.054	7.901	21.955 b	18.103	3.460	21.563 a
CeS	16.596	7.716	24.312 a	10.600	3.351	13.951 b
Média	8.495	6.884	15.390	8.763	3.296	12.060

Médias seguidas de letras diferentes, na coluna, diferem entre si teste Tukey a 5%.

Entre as médias totais para a produção de biomassa seca, verifica-se a superioridade do sistema CeS para o primeiro ano de avaliação, com produtividade de biomassa seca de 24.312 Kg de MS ha⁻¹. No segundo ano de avaliação para o mesmo tratamento, a produção de biomassa seca foi de 13.951 Kg de MS ha⁻¹, com uma redução bastante acentuada da produção, causada pela baixa pluviosidade da época, que coincidiu com o período da realização do corte da forrageira, onde se observa a produção isolada de biomassa seca da forrageira de 16.596 Kg de MS ha⁻¹ e 10.600 Kg de MS ha⁻¹ para o primeiro e segundo ano, respectivamente.

Para o primeiro ano de avaliação, a produção de biomassa seca do sistema AzS foi de 21.955 Kg de MS ha⁻¹, com diferença significativa em relação ao CeS, entretanto, no segundo ano de avaliação, o mesmo sistema mostrou diferença significativa para com o CeS, com produtividade de biomassa seca de 21.563 Kg de MS ha⁻¹, proporcionada pelo maior número de cortes da forrageira. As condições de pluviosidade no período de crescimento vegetativo não afetaram a produção de biomassa seca da forrageira avaliada no tratamento AzS no segundo ano de avaliação, comprovadamente demonstrada nos resultados obtidos.

A média total nos dois anos de avaliação no sistema AvSTrG, foram baixas, ainda que se considere o somatório da produção de biomassa seca da combinação sequencial de cultivos no período. A baixa produção de biomassa seca obtida com o cultivo da aveia preta está correlacionada ao número de cortes efetuados somada a produção de grãos de

trigo convertida em biomassa seca. Já a significativa diferença encontrada para TrG e CvG está diretamente correlacionada à produção de grãos.

De acordo com Soares et al. (2015), maximizar a produção de biomassa dos cultivos para promover acúmulo de matéria orgânica no solo é tão importante quanto a manutenção de uma quantidade mínima de palhada sobre o solo no final do ciclo da cultura. Santi et al. (2003) verificaram a produção máxima de aveia preta cultivada como planta de cobertura com a produção de 7.171 kg MS ha⁻¹ com a dose de 180 kg de N ha⁻¹. Oliveira (2014) encontrou produção máxima de 7.053 kg MS ha⁻¹ para azevém não pastejado e adubado com 200 kg de N ha⁻¹, deixando ainda como palhada no solo 6.621 kg MS ha⁻¹. Em trabalho realizado por Neumann et al. (2017) obtiveram produção máxima de biomassa seca de milho destinado a produção de silagem com produção de 32.346 kg MS ha⁻¹ e rendimento de grãos de 16.703 kg ha⁻¹ com níveis de adubação em cobertura de 374 kg de N ha⁻¹ e 190 kg de N ha⁻¹.

Na Tabela 7 é apresentado o investimento médio (R\$ ha⁻¹) aplicado nos diferentes sistemas integrados de produção agropecuária, conforme as combinações de cultivos para o primeiro ano de avaliação.

Tabela 7. Investimento médio (R\$ ha⁻¹) aplicado nas combinações de cultivo de cereais de inverno, para os dois anos de avaliação. UNICENTRO, Guarapuava- PR, 2017.

Tratamentos	1º ANO			2º ANO		
	Inverno	Verão	Total	Inverno	Verão	Total
	Investimento aplicado (R\$ ha ⁻¹)					
TrG	4.740,2	4.211,0	8.951,2	3.867,6	3.702,9	7.570,6
CvG	4.970,4	4.018,8	8.989,2	4.084,1	3.693,4	7.777,5
AvSTrG	6.378,1	3.946,6	10.324,7	5.432,6	3.602,5	9.035,1
AzS	4.115,5	3.883,6	7.999,0	2.810,5	3.352,4	6.162,9
CeS	3.867,4	3.376,8	7.737,2	2.915,5	3.344,3	6.259,8
Média	4.814,3	3.887,3	8.800,2	3.822,0	3.539,1	7.361,1

Os dados são apresentados em valores absolutos, e nota-se que o maior investimento foi demandado pelo sistema AvSTrG para ambos anos agrícolas, haja vista que são duas culturas de implantação, enquanto que para os demais sistemas fora utilizado culturas em uso singular.

O menor investimento requerido no primeiro ano agrícola foi do sistema CeS,

enquanto que para o segundo ano agrícola foi do sistema AzS. Essa variação tem relação direta com a oscilação do preço de sementes encontradas entre uma safra e outra. Moraes et al. (2012) também demonstraram em experimentos de longa duração os benefícios da integração utilizando sistemas de baixo investimento.

Na Tabela 8 são apresentados os dados médios de receita bruta (R\$ ha⁻¹) obtida nos diferentes tratamentos, conforme as combinações de cultivos para os dois anos de avaliação.

Tabela 8. Receita bruta média (R\$ ha⁻¹) obtida nas combinações de cultivo de cereais de inverno, para os dois anos de avaliação. UNICENTRO, Guarapuava- PR, 2017.

Tratamentos	1º ANO			2º ANO		
	Inverno	Verão	Total	Inverno	Verão	Total
	Receita bruta (R\$ ha ⁻¹)					
TrG	2.143,8	10.439,3	12.583,0	2.909,3	4.674,1	7.583,4
CvG	2.044,7	6.934,5	8.979,2	2.422,3	4.500,6	6.922,9
AvSTrG	3.387,1	8.420,2	11.807,2	5.013,9	4.923,4	9.937,3
AzS	5.200,0	10.836,7	16.036,6	15.398,6	4.871,3	20.269,9
CeS	6.638,1	10.586,1	17.224,2	8.480,0	4.723,5	13.203,5
Média	3.882,7	9.443,4	13.326,0	6.844,8	4.738,6	11.583,4

Médias seguidas de letras diferentes, na coluna, diferem entre si teste Tukey a 5%.

Esses dados são apresentados em valores absolutos e demonstram que não há relação direta entre investimento e receita bruta, mas que há uma tendência de aumento de receita para sistemas com menores investimentos, como é possível observar para os tratamentos AzS e CeS em ambos anos agrícolas.

Os sistemas integrados de produção devem ser vistos como estratégias para aumentar a eficiência do sistema e a rentabilidade da propriedade (ANGHINONI et al., 2013), sendo que a adubação destes sistemas deverá considerar a demanda nutricional da cultura, a cinética de liberação de nutrientes dos resíduos, o quanto o solo é capaz de suprir, além da expectativa de rendimento (ANGHINONI et al., 2011).

De acordo com Salton et al. (2014), a necessidade de reposição de nutrientes através de fertilizantes inorgânicos e a flutuação do valor das sementes são as duas principais ancoras da receita final do produtor.

Na Tabela 9 são apresentados os dados médios de receita líquida (R\$ ha⁻¹) obtida

nos diferentes tratamentos, conforme as combinações de cultivos para os dois anos de avaliação.

Tabela 9. Receita líquida média (R\$ ha⁻¹) obtida nas combinações de cultivo de cereais de inverno, para os dois anos de avaliação. UNICENTRO, Guarapuava- PR, 2017.

Tratamentos	1º ANO			2º ANO		
	Inverno	Verão	Total	Inverno	Verão	Total
	Receita líquida (R\$ ha ⁻¹)					
TrG	-2.596,4	6.228,3	3.631,8 b	-958,3	971,1	12,8 c
CvG	-2.925,7	2.915,7	-10,0 c	-1.661,7	807,2	-854,6 c
AvSTrG	-3.008,5	4.427,1	1.418,6 c	-418,7	1.320,9	902,2 c
AzS	1.084,5	6.953,1	8.037,6 a	12.588,1	1.518,9	14.107,0 a
CeS	2.770,7	6.716,2	9.486,9 a	5.564,5	1.379,2	6.943,7 b
Média	-935,0	5.448,0	4.512,9	3.022,7	1.159,4	4.222,2

Médias seguidas de letras diferentes, na coluna, diferem entre si teste Tukey a 5%.

Houve diferença significativa entre os dois anos de avaliação. Em relação aos sistemas AzS e Ces não houve diferença no primeiro ano de avaliação, onde observa-se as receitas líquidas médias de R\$ 9.486,90 e R\$ 8.037,60 respectivamente. No segundo ano de avaliação houve diferença significativa, onde o sistema AzS receita líquida de R\$ 14.107,70 e o sistema CeS de R\$ 6.943,70. Essa diferença encontrada nos dois anos de avaliação, inicialmente correlaciona-se com a diferença de biomassa seca e a produção de grãos com a cultura de verão produzida no período de avaliação.

Nos sistemas TrG e AvSTrG, para os dois anos de avaliação, a produção de grãos de trigo foi afetada negativamente por intempéries climáticas, principalmente por períodos prolongados de alta pluviosidade que ocorreram na fase de enchimento de grãos e maturação fisiológica da cultura.

Os custos de produção de cada cultura, as diferentes combinações de cultivos em estudo estão condicionados à quantidade de insumos utilizados. Acréscimos nos custos de produção estão relacionados com a demanda de uso de produtos fitossanitários em decorrência do ataque de pragas, aumento da incidência de doenças e no aumento da densidade populacional de plantas daninhas competidoras com as culturas destinadas para a produção de grãos. Estes fatores podem comprometer negativamente os resultados finais da produção de grãos e, por consequência, significativas reduções na receita bruta e

receita líquida.

Santos et al. (2014) comprovaram que a soja pode ser cultivada sem prejuízo em cultivo subsequente a aveia branca e trigo, alternando com pastagem de aveia preta e ervilhaca, pastagens perenes de estação fria e de estação quente e alfafa para corte ou pastejo direto.

Santos et al. (2013) constataram que a cultura do trigo cultivado após pastagens perenes mostrou rendimento de grãos mais elevado do que após o cultivo de ervilhaca, mas a necessidade de incremento de nitrogênio na forma de ureia foi maior. Isso ocorre pela capacidade de leguminosas em fixar nitrogênio e diminuir a necessidade de reposição com fertilizantes inorgânicos (GASTAL e LEMAIRE, 2002).

Na tabela 10 são apresentados os valores médios exportados dos elementos nitrogênio, fósforo e potássio conforme as combinações de cultivos avaliados.

Tabela 10. Valores médios da exportação dos nutrientes, nitrogênio (N 45%), fósforo (P_2O_5 18%) e potássio (K_2O 60%) nas combinações de cultivo de cereais de inverno, para os dois anos de avaliação. UNICENTRO, Guarapuava- PR, 2017.

Tratamentos	1º ANO		2º ANO	
	Inverno	Verão	Inverno	Verão
	kg de N ha ⁻¹			
TrG	135,7	1104,2	194,1	471,1
CvG	91,6	733,6	115,4	443,3
AvSTrG	516,6	890,7	626,9	488,5
AzS	1074,4	1146,5	1383,9	502,1
CeS	733,9	1119,7	468,8	486,3
	kg de P ha ⁻¹			
TrG	30,63	120,4	43,83	51,3
CvG	22,3	79,9	28,1	48,3
AvSTrG	56,2	97,0	68,2	53,2
AzS	103,0	124,8	132,7	54,7
CeS	87,4	121,9	55,8	53,0
	kg de K ha ⁻¹			
TrG	14,6	168,0	20,9	71,6
CvG	14,4	111,6	18,1	67,4
AvSTrG	279,7	135,5	339,4	74,3
AzS	738,7	174,4	951,5	76,4
CeS	479,9	170,4	306,5	74,0

Na Tabela 11 são apresentados os dados médios de receita líquida corrigida (R\$

ha⁻¹) obtida nos diferentes tratamentos, conforme as combinações de cultivos de cereais de inverno para os dois anos de avaliação.

Tabela 11. Receita líquida média corrigida (R\$ ha⁻¹) obtida nas combinações de cultivos de cereais de inverno, conforme a exportação de nutrientes (N, P e K) para os dois anos de avaliação. UNICENTRO, Guarapuava- PR, 2017.

Tratamentos	1º ANO			2º ANO		
	Inverno	Verão	Total	Inverno	Verão	Total
Receita bruta (R\$ ha ⁻¹)						
TrG	-2.596,4	6.197,2	3.600,7 c	-983,4	971,1	-12,2 c
CvG	-2.925,7	2.915,7	-10,0 d	-1.661,7	807,2	-854,6 c
AvSTrG	-3.336,7	4.427,1	1.090,4 d	-946,2	1.320,9	374,7 c
AzS	-918,1	6.918,9	6.000,9 b	10.145,9	1.518,9	11.664,9 a
CeS	1.984,7	6.689,0	8.673,7 a	5.564,5	1.379,2	6.843,9 b
Média	-1.558,4	5.429,5	3.871,1	2.423,8	1.199,4	3.603,3

Médias seguidas de letras diferentes, na coluna, diferem entre si teste Tukey a 5%.

Houve diferença significativa para receita média líquida corrigida para os dois anos de avaliação. O sistema CeS no primeiro ano de avaliação foi o que apresentou o melhor resultado em relação aos demais tratamentos, onde observa-se a receita líquida média corrigida de R\$ 8.673,70. Todos os saldos negativos da receita líquida média corrigida obtidos nos tratamentos no período do inverno estão correlacionados à necessidade da reposição dos nutrientes, entretanto, a rentabilidade obtida com a produtividade de grãos na cultura de verão proporcionou um saldo positivo para o sistema AzS (R\$ 6.000,90), AvSTrG (R\$ 1.090,40) e TrG (R\$ 3.600,70). O sistema CvG mostrou saldo negativo mesmo com a produção de grãos no verão com a cultura da soja.

No segundo ano de avaliação também houve diferença significativa entre os tratamentos, onde o sistema AzS mostrou valor obtido de R\$ 11.664,90 e, e o sistema CeS de R\$ 6.843,90.

Nos demais sistemas de produção é observado saldo negativo com cultivos do trigo, cevada e aveia preta para a confecção de silagem pré-secada. A significativa redução na produtividade de grãos de trigo e cevada por fatores climáticos afetaram diretamente a receita bruta, a receita líquida e a receita líquida corrigida, onde neste último parâmetro é considerado o aumento do custo de produção em função da reposição

dos nutrientes exportados pelas culturas avaliadas. Ainda que se considere a receita líquida média corrigida com produção de grãos no verão, esta somente foi suficiente para a obtenção de saldo positivo no sistema AvSTrG.

Segundo Neumann et al. (2011), o ponto recomendado para a colheita das plantas para ensilagem encontra-se no estágio de grãos leitoso a farináceo, estando a forragem entre 30 e 35% de MS. Desta forma a relação de exportação de nutrientes é alterada, pois a planta ainda não completou seu pleno desenvolvimento, e como exposto anteriormente ainda estaria extraindo nutrientes do solo.

6. CONCLUSÃO

Os sistemas de produção que visaram utilizar forrageiras destinadas a confecção de silagem de pré-secada, mostraram maior receita líquida em relação aos tratamentos onde foram utilizados cereais de inverno para a produção de grãos.

A receita líquida corrigida em função das exportações dos nutrientes pelas plantas e a reposição ao solo evidenciou redução significativa nos valores dos sistemas integrados com produção de silagem pré-secada. No entanto, nenhum sistema afetou a produção de soja da safra subsequente.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, J.A.; SANGOI, L.; ENDER, M. Efeitos da integração lavoura-pecuária nas propriedades físicas do solo e características da cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, n.3, p.717-723, 2001.

ALMEIDA, R.G.; MEDEIROS, S.R. **Emissão de gases de efeito estufa em sistemas de integração lavoura - pecuária – floresta**. In: Alves, F.V.; Laura, V.A. e Almeida, R.G. de. *Sistemas agroflorestais: a agropecuária sustentável*. Embrapa Gado de Corte. Brasília, DF. 20 pp. 2015.

AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; AITA, C. Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura solo, sob sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.26, n.1, p. 241-248, 2002.

ANDREOLLA, V.R.M.; MORAES, A.; BONA FILHO, A.; CARDOSO, D.L.; OLIVEIRA, E.B.; BONINI, A.K. Pastejo e adubação nitrogenada sobre atributos físicos do solo em sistema de integração lavoura-pecuária. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.35, n.6, p.1019-1031, 2014.

ANGHINONI, I.; MORAES, A., CARVALHO, P. C. F., SOUZA, E. D., CONTE, O., LANG, C. R. **Benefícios da integração lavoura-pecuária sobre a fertilidade do solo em sistema plantio direto. Fertilidade do solo e nutrição de plantas no sistema plantio direto**. (Eds AF Fonseca, EF Caires, G Barth), 2011. p.1-31.

ANGHINONI, I.; CARVALHO, P. C. F.; COSTA, S. E. V. G. A. Abordagem sistêmica do solo em sistemas integrados de produção agrícola e pecuária no subtropical brasileiro. In: ARAÚJO, A. P.; AVELAR, B. J. R., (Ed.) **Tópicos em Ciência do Solo**. Viçosa, UFV. v.8, p.221-278. 2013.

ASSMANN, T. S. et al. Rendimento de milho em área de integração lavoura-pecuária sob o sistema plantio direto, em presença e ausência de trevo branco, pastejo e nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, n.4, p.675-683, 2003.

ASSMAN, A. L. **Adubação nitrogenada de forrageiras de estação fria em presença e ausência de trevo branco, na produção da pastagem e animal em área de integração lavoura-pecuária**. 2002. 100f. Tese (Doutorado em Agronomia -Produção Vegetal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.

BALBINO, L. C.; BARCELLOS, A. O.; STONE, L. F. **Marco Referencial: integração lavoura-pecuária-floresta**. Brasília, DF: Embrapa, 2011. 130p.

BALBINOT JUNIOR, A.A; MORAES, A.; VEIGA, M.; PELISSARI, A.; DIECKOW, J. Integração lavoura-pecuária: intensificação de uso de áreas agrícolas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.6, p.1925-1933, 2009.

BRASIL. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Exportação. 2015. <http://www.agricultura.gov.br/animal> (14/11/2016).

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Características químicas do solo afetadas por métodos de preparo e sistemas de cultivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.21, n.1, p. 105-112, 1997.

BELL, L.W.; MOORE, A.D. Integrated crop-livestock systems in Australian agriculture: Trends, drivers and implications. **Agriculture Systems**, v.111, p.1-12, 2012.

BLOMBÄCK, K.; ECKERSTEN, H. Simulated growth and nitrogen dynamics of a perennial rye grass. **Agricultural and forest meteorology**. v.88, p.37-45, 1997.

BRONFIELD, S.M.; JONES, O.L. The effect of sheep on the recycling of phosphorus in hayed-off pastures. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.21, p.699- 711, 1970.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R. F. et al. (Ed.) **Fertilidade do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.375-470.

CAMPOS, B.C.; REINERT, D.J.; NICOLODI, R.; RUEDELL, J.; PETRERE, C. Estabilidade estrutural de um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico após sete anos de rotação de culturas e sistemas de manejo de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.19, n.1, p.121-126, 1995.

CARPENEDO, V.; MIELNICZUK, J. Estado de agregação e qualidade de agregados de Latossolos Roxos, submetidos a diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.14, n.1, p.99-105,1990.

CARTER, M. R.; KUNELIUS, H. T.; ANGERS, D. A. Soil structural form and stability, and organic matter under cool-season perennial grasses. **Soil Science Society of America Journal**, v.58, n.4, p.1194-1199, 1994.

CARVALHO, P.C.F.; MORAES, A.; PONTES, L.S.; ANGHINONI, I.; SULC, R.M.; BATELLO, C. Definições e terminologias para Sistema Integrado de Produção Agropecuária. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.45, n.5, p.1040-1046, 2014.

COMISSÃO SUL BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE, **Informações Técnicas para Trigo e Triticale** – Safra 2015, Canela, RS. 2015. 229p.

CORREA, J.C.; REICHARDT, K. Efeito do tempo de uso de pastagens sobre as propriedades de um latossolo amarelo da Amazônia central. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.30, p.107-114, 1995.

CORRÊA, L.A.; FREITAS, A.R.; VITTI, G.C. Respostas de *Panicum maximum* cv. Tanzânia a fontes e doses de fósforo no estabelecimento. **Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v. 34, p.190-192, 1997.

DORAN, J.W.; PARKIN, T.B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F. & STEWART, B.A., eds. Defining soil quality for a sustainable environment. Madison, SSSA, 1994. p.1-20.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA SOJA. **Indicações Técnicas para a Cultura da Soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina, safras 2014/2015 e 2015/2016.** ed. Pelotas, RS, 2014. 124p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA SOLOS. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 2. ed. Brasília, 2006. 306p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA TRIGO. XXX Reunião Nacional de Pesquisa de Cevada – **Indicações Técnicas para produção de cevada cervejeira nas safras 2015 e 2016.** ed. Passo Fundo, 2015. 106p.

FLORES, J.P.C.; ANGHINONI, I.; CASSOL, L.C.; CARVALHO, P.C.F.; LEITE, J.G.D.B.; FRAGA, T.I. Atributos físicos do solo e rendimento de soja em sistema plantio direto em integração lavoura-pecuária com diferentes pressões de pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.31, n.4, p.771-780, 2007.

FRANZLUEBBERS, A.J. Integrated crop-livestock systems in the Southern USA. **Agronomy Journal**, Madison, v. 99, n.2, p. 362-372, 2007.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. FAO - Roma, 2014. Disponível em: <<http://www.fao.org/ag/AGP/AGPC/doc/Counprof/Brazil/Brazil.htm>>. Acesso em: 10 fev. 2016.

FAO. An international consultation on integrated crop-livestock systems for development: The way forward for sustainable production intensification. **Integrated Crop Management**, v. 13, 64p. 2010.

FONSECA, A.F. Considerações sobre Manejo e a Ciclagem de Nutrientes em Sistemas Integrados de Produção Agropecuária. **Informações agronômicas**, n.148, p.19-21, 2014.

FONSECA, D.M.; GOMIDE, J.A.; ALVAREZ V, V. H.; NOVAIS,R.E. Fatores que influenciam os níveis críticos de fósforo para o estabelecimento de gramíneas forrageiras: II. Em campo. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v.21, n.1, p.35-40, 1997.

FONSECA, J.A.; MEURER, E.J. Inibição da absorção de magnésio pelo potássio em plântulas de milho em solução nutritiva. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.21, n.1, p.47-50, 1997.

FRIBOURG, H.A. Summer annual grasses. In: HEATH, M.E.; BARNES, R.F.; MEATCALFE, D.S. (Eds.) **Forages: the science of grassland agriculture.** Ames: Iowa State University Press, 1985. p.278-286.

GASTAL, F.; LEMAIRE, G. N uptake and distribution in crops: an agronomical and

ecophysiological perspective. **Journal of Experimental Botany**. v.53, n.370, p.789-799, 2002.

GREENWOOD, D.J.; GASTAL, F.; LEMAIRE, G.; DRAYCOTT, A.; MILLARD, P.; NEETESON, J.J. Growth rate and % N of field growth crops: theory and experiments. **Annals of Botany**. v.67, p.181-190, 1991.

GREENWOOD, K.L.; MCKENZIE, B.M. Grazing effects on soil physical properties and the consequences for pastures: a review. **Animal Production Science**, v.41, n.8, p. 1231-1250, 2001.

GRINDLAY, D.J.C. Towards an explanation of crop nitrogen demand based on the optimization of leaf nitrogen per unit leaf area. **Journal of Agricultural Science**. v.128, p.377-396, 1997.

HERRERO, M.; THORNTON, P.K.; NOTENBAERT, A.M.; WOOD, S.; MSANGI, S.; FREEMAN, H.A.; BOSSIO, D.; DIXON, J.; PETERS, M.; VAN DE STEEG, J.; LYNAM, J.; PARTHASARATHY RAO, P.; MACMILLAN, S.; GERARD, B.; MCDERMOTT, J.; SERE, C.; ROSEGRANT, M. 2010. Smart investments in sustainable food production: revisiting mixed crop-livestock systems. **Science**, 327: 822-825.

HOPKINS, W.G. **Introduction to plant physiology**. Toronto: John Wiley and Sons, INC, 1995, 464p.

KICHEL, A.N., MIRANDA, C.H.B., ZIMMER, A.H. **Degradação de pastagens e produção de bovinos de corte com a integração agricultura x pecuária**. In: FERREIRA, C. C. B. et al. (eds.). SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE - SIMCORTE. 1. Viçosa. Anais... Viçosa: UFV. 1999. p.201-234.

KICHEL, A.N.; MIRANDA, C.H.B. Uso da aveia como planta forrageira. **EMBRAPA Gado de corte**, n.45, 2000.

LEMAIRE, G.; FRANZLUEBBERS, A.; CARVALHO, P.C F.; DEDIEU, B. Integrate crop-livestock systems: Strategies to achieve synergy between agricultural production and environment quality. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Amsterdam, v. 190, p. 4-8, 2014.

LEMAIRE, G.; GASTAL, F. Quantifying crop responses to nitrogen deficiency and avenues to improve nitrogen use efficiency. In: SADRAS, V.O.; CALDERINI, D.F. (Eds.) **Crop Physiology**. Applications for genetic improvement and agronomy. Adelaide: Academic Press, Elsevier, 2009. p.171-199.

LEMAIRE, G.; JEUFFROY, M-H.; GASTAL, F. Diagnosis tool for plant and crop N status in vegetative stage. Theory and practices for crop N management. **European Journal of Agronomy**. v.28, p.614-624, 2008.

LEMAIRE, G.; GASTAL, F. N uptake and distribution in plant canopies. In: **Diagnosis of the nitrogen status in crops**. Paris : INRA, 1997. p. 3-43

LEMAIRE, G; SALETTE, Relation entre dynamique de croissance et dynamique de prélevement d'azote pour un peuplement de graminées fourragères. 1. Etude de l'effet du milieu. **Agronomie**, v.4, p.241-249, 1984.

LI, W.; HE, P.; JIN, J. Critical nitrogen curve and nitrogen nutrition index for spring maize in north-east China. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 35, p. 1747-1761, 2012.

LIMA, C.L.R.; SILVA, A.P.; IMHOFF, S.; LEÃO, T.P. Compressibilidade de um solo sob sistemas de pastejo rotacionado intensivo irrigado e não irrigado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 28:945-951, 2004.

LOPES, A.S.; GUILHERME, L.R.G. Uso eficiente de fertilizantes. In: SIMPÓSIO AVANÇADO DE SOLOS E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 1989, Piracicaba. **Anais...** Campinas: Fundação Cargill, 1989. p.1-58.

LUGÃO, S.M.B.; SARMENTO, P.; RODRIGUES, L.R.A. Características físicas do solo em pastagem de *Panicum maximum* Jacq.(acesso BRA-006998) adubada com nitrogênio. **Reunião da Sociedade Brasileira de Zootecnia**. v.36, 2003.

LUSTOSA, S. B. C. **Características estruturais e morfogênese de azevém anual em resposta ao nitrogênio**. Curitiba, 64 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Paraná. 2002.

MALAVOLTA, E. **Nutrição, adubação e calagem para o cafeeiro**. In: RENA, A.B.; MALAVOLTA, E.; ROCHA, M.; YAMADA, T. (Ed.). Cultura do cafeeiro: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: Potafós, 1986. p. 136-274.

MALAVOLTA, E. Os elementos minerais. In: MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980.

MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola: Nutrição de plantas e fertilizantes do solo**. São Paulo, Editora Agronômica Ceres, 1976. 528p.

MARINO, M.; MAZZANTI, A.; ASSUERO, S.G.; GASTAL, F.; ECHEVERRÍA, H.E.; ANDRADE, F. Nitrogen dilution curves and nitrogen use efficiency during winter-spring growth of Annual Ryegrass. **Agronomy Journal**, v.96, p.601-607, 2004.

MINSON, D.J. Nutritional differences between tropical and temperate pastures. In: ed. F.H.W. Morley *Grazing Animals*. World Animal Sciences Series (eds. A. Neimann-Sorensen and D.E. Tribe). Amsterdam, **Elsevier**. p.143-157. 1981.

MONTEIRO, F. A. Nutrição mineral e adubação. **Simpósio sobre Manejo da Pastagem**, v.12, p.219-244, 1995.

MONTEIRO, F.A.; WERNER, J.C. Reciclagem de nutrientes nas pastagens. In: Peixoto, A.M., Moura, J.C e FARIA, V.P. **Simpósio sobre o Manejo da Pastagem**, 14, 1997.

Anais...Piracicaba: FEALQ, 1997. p.55- 84.

MOORE, J.E. Forage crops. In: HOVELAND, C.S. (Ed.). Crop quality, storage, and utilization. Madison: **Crop Science Society of America**, 1980.

MORAES, A.; CARVALHO, P.C.F.; ANGHINONI, I.; LUSTOSA, S.B.C.; COSTA, S.E.V.G.A. E KUNRATH, T.R. 2012. **Crop-livestock integration in Brazilian subtropics. International Symposium on Integrated Crop-Livestock Systems. Proceedings.** UFRGS. Porto Alegre. Brazil. (CD ROM).

MORAES, A.; PELISSARI, A.; ALVES, S.J. Integração lavoura-pecuária no Sul do Brasil. In: ENCONTRO DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA NO SUL DO BRASIL, 1., 2002, Pato Branco. **Anais....** Pato Branco: CEFET-PR, 2002. p.3-42.

MORAES, A.; MARASCHIN, G.E.; NABINGER, C. Pastagens nos ecossistemas de clima subtropical: Pesquisas para o desenvolvimento sustentável. In: ANDRADE, R. P.; BARCELLOS, A. O; ROCHA, C. M. C. (Ed.) SIMPÓSIO SOBRE PASTAGENS NOS ECOSISTEMAS BRASILEIROS – PESQUISAS PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, 27. 1995, Brasília, DF. **Anais...** Brasília: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1995. p.147-200.

MOTT, G.O.; MOORE, J.E. Evaluating forage production. In: HEATH, M.E., BARNES, R.F.,METCALFE, D.S. **Forages.** 4 ed. Ames: Iowa State University, 1985. Chap. 45.

NASCIMENTO JR., D.; BARBOSA, R.A.; MARCELINO, K.R.A.; GARCEZ NETO, A.F.; DIFANTE, G.S.; LOPES, B.A. **A produção animal em pastagens no Brasil: uso do conhecimento técnico e resultados.** In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM: SITUAÇÃO ATUAL E PERSPECTIVAS, 20, Piracicaba, 2003. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, p. 1-81, 2003.

NEUMANN, M.; OLIVEIRA, M.R.; ZANETTE, P.M. UENO, R.K.; MARAFON, F.; SOUZA, M.P. Aplicação de procedimentos técnicos na ensilagem do milho visando maior desempenho animal. In: SIMPÓSIO: PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, 4, 2011, Maringá. **Anais...** Maringá: Sthampa, 2011. p.95-130.

NEUMANN, M.; HORST, E.H.; DOCHWAT, A.; LEÃO, G.F.M.; CARNEIRO, M.K.; MELLO, R.P. Agronomic characteristics of corn for silage under nitrogen and potassium levels by covering fertilization. **Scientia Agraria Paranaensis**, v.16, n.1, p.69-77, 2017.

NUSSIO, L.G. **Milho e sorgo para a produção de silagem.** In: Santos, F. A. P.; Nussio, L.G.; Silva, S.C. Volumosos para bovinos. Piracicaba: FEALQ, 75-177,1993.

OLIVEIRA, R.A.G. **Épocas de dessecação de azevém e azevém mais ervilhaca, pastejados ou como planta de cobertura do solo, no desempenho do milho.** 2014. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

PELISSARI, A. et al. Fundamentação teórica para o controle de plantas daninhas em

integração lavoura-pecuária. **Manual de aulas práticas de plantas daninhas**. Ed. José Ferreira da Silva, Dagoberto Martins. Jaboticabal: FUNEP, 2013. 184p.

PENATI, M. A.; CORSI, M. Condições técnicas para localização e instalação da exploração leiteira. In: **SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL**. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1998. p.7-55.

PEREIRA, J.C. **As pastagens no contexto dos sistemas de produção de bovinos**. In: ZAMBOLIM, L; SILVA, A. A.; AGNES, E. L. (eds.). Manejo integrado: Integração agricultura-pecuária. Viçosa-MG: UFV, p.287-330, 2004a.

PEEL, M.C.; FINLAYSON, B.L.; MCMAHON, T.A. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 11, p. 1633-1644, 2007.

PELLEGRINI, C.B.; MEDEIROS, R.B.; CARLOTTO, S.B. Efeito da suplementação proteica e mineral de vacas de corte sob pastejo no desenvolvimento de bezerras. In: REUNIÓN DEL GRUPO TÉCNICO EM FORRAJERAS DEL CONO SUR – GRUPO CAMPOS. 22. 2008. Minas. **Anais....** Minas, Lavalleja: INIA Uruguai, 2008. p.216-217. CD-ROM.

PEREIRA, J.C. As pastagens no contexto dos sistemas de produção de bovinos. In: MANEJO INTEGRADO: INTEGRAÇÃO AGRICULTURA-PECUÁRIA, 1., 2004, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa: UFV, 2004. p.287-330.

PETEAN, L.P.; TORMENA, C.A.; FIDALSKI, J.; ALVESS.J. Altura de pastejo de aveia e azevém e qualidade física de um Latossolo Vermelho distroférico sob integração lavoura-pecuária. **Semina: Ciências Agrárias**, v.30, n.4 Sup1, p.1009-1016, 2009.

PIETOLA, L.; HORN, R.; YLI-HALLA, M. Effects of trampling by cattle on the hydraulic and mechanical properties of soil. **Soil and Tillage Research**, v.82, p.99-108, 2005.

PINTO DE CARVALHO, G.; PIRES, G.; VELOSO, A.J.V.; SILVA, C.M.R. Integração agricultura-pecuária: um enfoque sobre cobertura vegetal permanente. **Revista Eletrônica de Veterinária**, Vol. VI, nº 08, 2005.

PIRES, A.J.V.; CARVALHO, G.G.P.; VELOSO, C.M., SILVA, R.R.; SILVA, R.R. (2005). Integração agricultura-pecuária: um enfoque sobre cobertura vegetal permanente. **REDVET. Revista Eletrônica de Veterinária**, v.6, n.8, p.1-19, 2005.

PROFFITT, A.P.B.; BENDOTTI, S.; HOWELL, M.R.; EASTAHM, J. The effect of sheep trampling and grazing on soil physical properties and pasture growth for a Red-Brow earth. **Australian Journal Agricultural Research**, v.44, n.2, p.317-331, 1993.

PROFFITT, A.P.B.; BENDOTTI, S.; MCGARRY, D. A comparison between continuous and controlled grazing on a red duplex soil. I. Effects on soil physical characteristics. **Soil and Tillage Research**, v.35, n.4, p.199-210, 1995.

RAIJ, B. Van. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo: Agronômica Ceres/Potafós, 1991, 343p.

ROCHA, M. T. Aquecimento e o sequestro de carbono em projetos agroflorestais. **Revista Ecologia**, Rio de Janeiro, n. 151, 2000.

ROLAS - Rede Oficial de Laboratórios de Análise de Solo e de Tecido Vegetal dos Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. **Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Comissão de Química e Fertilidade do Solo. - 10. ed. – Porto Alegre, 2004.

RYSCHAWY, J.; CHOISIS, N.; CHOISIS, J.P.; JOANNON, A.; GIBON, A. Mixed crop-livestock systems: an economic and environmental-friendly way of farming?. **Animal**, v.6, n.10, p.1722-1730, 2012.

SAIBRO, J.C.; CASTILHO, Z.M.S.; SILVA, J.L.S.; VARELLA, A.C.; LUCAS, N M.; SAVIAN, J.F. A integração da silvicultura com pastagens e pecuária no Rio Grande do Sul. **In: Campos Sulinos – conservação e uso sustentável da biodiversidade**. Pillar V. P. et al. (Eds.). Brasília: MMA, 2009. p.403, 2009.

SALTON, V.O.; LEMAIRE, G. Quantifying crop nitrogen status for comparisons of agronomic practices and genotypes. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.164, p.54-64, 2014.

SANDERSON, M.A. et al. Diversification and ecosystem services for conservation agriculture: Outcomes from pastures and integrated crop–livestock systems. **Renewable Agriculture and Food Systems**, v.28, p.129-144, 2013.

SANDINI, I.E. et al. Efeito residual do nitrogênio na cultura do milho no sistema de produção integração lavoura-pecuária. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.41, n.8, p.1315-1322, 2011.

SANTI, A.; AMADO, T.J.C.; COSTA, J.A.A. Adubação nitrogenada na aveia preta. I. Influência na produção de matéria seca e ciclagem de nutrientes sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.27, n.6, p.1075-1083, 2003.

SANTOS, H.P.; FONTANELI, R.S.; CASTRO, R.L.; FONTANELI, R.S.; LAMPERT, E. Rendimento de grãos de trigo em sistemas de produção com integração lavoura-pecuária, sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.8, n.3, p.408-415, 2013.

SANTOS, H.P.; FONTANELI, R.S.; PIRES, J.L.F.; FONTANELI, R.S.; BIAZUS, V.; VERDI, A.C.; VARGAS, A.M. Rendimento de grãos e características agronômicas de soja em função de pastagens perenes em sistema de plantio direto. **Bragantia**, v. 73, n. 3, p. 319-326, 2014.

SAVIAN, J.V.; NETO, A.B.; DAVID, D.B.; SCHONS, R.M.T.; GENRO, T.C.M.; CARVALHO, P.C.F. Grazing intensity and stoking methods on animal production and methane emission by grazing sheep: Implications for integrated crop-livestock system. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v.190, p.112-119, 2014.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM - SAS. **SAS Language reference**. Version 6. Cary: SAS Institute, 1993. 1042p

SILVA, F.P.; AMADO, T.J.C; FERREIRA, A.O.; ASSMANN, J.M.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P.C.F. Soil carbon indices as affected by 10 years of integrated crop-livestock production with different pasture grazing intensities in Southern Brasil. **Agriculture, Ecosystems e Environment**, v.190, p.60-69, 2014.

SILVA, S. C. Da. Manejo do pastejo para obtenção de forragem de qualidade. In SANTOS, F. A. P.; MOURA, J. C. de; FARIA, NV. P. de (eds.). Visão Técnica e Econômica da Produção leiteira. 5º Simpósio sobre Bovinocultura Leiteira. FEALQ, Piracicaba, SP. **Anais...** p.129-139, 2005.

SILVA, C.A.; VALE, F.R. Disponibilidade de nitrato em solos brasileiros sob efeito da calagem e de fontes e doses de nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, p.461-2471, 2000.

SOARES, A.B.; AIOLFI, R.B.; BORTOLI, M.A.; ASSMANN, T.S.; ZATTA, A.C. Produção animal e vegetal em Sistemas Integrados de Produção Agropecuária. **III Simpósio de Produção Animal a Pasto**, p.139, 2015.

SOUZA, E.D.; COSTA, S.E.V.G.D.A.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P.C.D.F.; ANDRIGUETTI, M.H.; CAO, E.G. Estoques de carbono orgânico e de nitrogênio no solo em sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto, submetido a intensidades de pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.33, p.1829-1836, 2009.

TANNER, C.B.; MAMARIL, C.P. Pasture soil compaction by animal traffic. **Agronomy Journal**, v.51, n.6, p.329-331, 1959.

TEDESCO, M.J., GIANELLO, C., BISSANI, C.A., BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995, 174p. (Boletim técnico, n.5).

TEIXEIRA, L.B. **Dinâmica do ecossistema de pastagem cultivada em área de floresta na Amazônia Central**. Manaus, 1987. 100p. Tese (Doutorado) – Fundação Universidade do Amazonas.

TRACY, B.F.; ZHANG, Y. Soil compaction, corn yield response, and soil nutrient pool dynamics within anS integrated crop livestock systems in Illinois. **Crop Science**, Madison, v.48, n.3, p.1211-1218, 2008.

TREIN, C.R.; COGO, N.P.; LEVIEN, R. Métodos de preparo do solo na cultura do milho e ressemeadura do trevo, na rotação aveia + trevo/milho, após pastejo intensivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.15, p. 105-111, 1991.

VIÉGAS, J.; NABINGER, C.; Determination of optimal N level fertilization for Annual Ryegrass pastures. In: MORAES, A.; NABINGER, C.; CARVALHO, P. C. F.; ALVES, S.J.; LUSTOSA, S. B. C. Grassland ecophysiology and grazing ecology. **Anais**. Curitiba – PR, 1999.

VIEIRA, J.M.; KICHEL, A.N. Estabelecimento e recuperação de pastagens de *Panicum maximum*. **Simpósio sobre Manejo da Pastagem**, v.12, p.147-198, 1995.

WALQUER, R.L.; BURNS, I.G.; MOORBY, J. Responses of plant growth rate to supply: a comparison of relative addition and N interruption treatments. **Journal of experimental Botany**, v.52, n.355, p.309-317, 2001.

WERNER, J.C. **Adubação de pastagens**. Nova Odessa: Instituto de Zootecnia, 1986a. 49 p. (Boletim Técnico n.18).

WERNER, J.C.; HAAG, H.P. Estudos sobre a nutrição mineral de alguns capins tropicais. **Boletim da Indústria Animal**, Nova Odessa, v.29, n.1, p.191-245, 1972.

WERNER, J.C.; MATTOS, H.B. Estudos da nutrição de capim-gordura. **Boletim da Indústria Animal**, Nova Odessa, v.29, n.1, p.175, 1972.

WERNER, J.C. et al. Adubação de pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 17., 2001. Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2001. p. 129-156.

WILLIAMS, P.H.; HEDLEY, M.J.; GREGG, P.E.H. Effect of dairy cow urine on potassium absorption by soil. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, v.32, p.431-438, 1989.

WILSON, J.R. Nutritional limits to animal production from pastures. In: ENVIRONMENTAL AND NUTRITIONAL FACTORS AFFECTING HERBAGE QUALITY, 1981, St^a Lucia, Queensland. **Proceedings...** St^a Lucia, Queensland, 1981. p.111-131

WRIGHT, I.A. et al. Integrating crops and livestock in subtropical agricultural systems. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.92, p.1010-1015, 2011.

ZIMMER, A.H.; EUCLIDES FILHO, K. As pastagens e a pecuária de corte brasileira. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTEJO, 1997, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, p.349-379. 1997.

ZIMMER, A.H.; MACEDO, M.C.M.; KICHEL, A.N.; E ALMEIDA, R.G.. **Degradação, recuperação e renovação de pastagens**. Embrapa Gado de Corte. Brasília. DF. 42 pp. 2012.