



UDESC

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC

CENTRO DE EDUCAÇÃO SUPERIOR DO OESTE – CEO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO
**VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA
DE PASTAGENS DE INVERNO E
CULTIVO DE MILHO ADUBADO COM
DOSES CRESCENTES DE NITROGÊNIO**

DANIEL AUGUSTO BARRETA

CHAPECÓ, 2019.

DANIEL AUGUSTO BARRETA

**VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DE PASTAGENS DE
INVERNO E CULTIVO DE MILHO ADUBADO COM DOSES
CRESCENTES DE NITROGÊNIO**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Área de Concentração Ciência e Produção Animal, da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), como requisito parcial para obtenção de grau de **Mestre em Zootecnia**

Orientador (a): Dr. Dilmar Baretta

Co-orientador(s): Dr. Luiz Alberto Nottar

Chapecó, SC, Brasil

2019

**Ficha catalográfica elaborada pelo programa de geração automática da
Biblioteca Setorial do CEO/UDESC,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

Barreta, Daniel Augusto

VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DE PASTAGENS
DE INVERNO E CULTIVO DE MILHO ADUBADO COM
DOSES CRESCENTES DE NITROGÊNIO / Daniel Augusto
Barreta. --2019.

98 p.

Orientador: Dilmar Baretta

Coorientador: Luiz Alberto Nottar

Dissertação (Mestrado) -- Universidade do Estado de Santa
Catarina, Centro de Educação Superior do Oeste, Programa de
Pós-Graduação em Zootecnia, Chapecó, 2019.

1. Adubação nitrogenada. 2. *Arachis pintoi*. 3. *Avena strigosa*.
4. lucratividade. 5. plantas de cobertura. I. Baretta, Dilmar. II.
Nottar, Luiz Alberto. III. Universidade do Estado de Santa Catarina,
Centro de Educação Superior do Oeste, Programa de Pós-Graduação
em Zootecnia. IV. Título.

Universidade do Estado de Santa Catarina
UDESC Oeste
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia

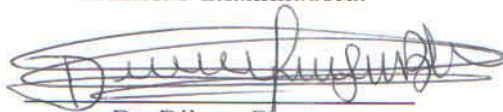
A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado

**VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DE PASTAGENS DE
INVERNO E CULTIVO DE MILHO ADUBADO COM DOSES
CRESCENTES DE NITROGÊNIO**

Elaborada por
Daniel Augusto Barreta

como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Zootecnia


Comissão Examinadora:



Dr. Dilmar Baretta
(Presidente/Orientadora) (UDESC Oeste)



Dr. Flávio Jose Simioni
Membro externo PPGZOO (UDESC CAV)



Dr. Eliana Vera Geremia
Membro externo PPGZOO (UNOESC)

Chapecó, 18 de fevereiro de 2019.

AGRADECIMENTOS

Ao patrão velho lá do céu, por me dar uma família linda, entusiasmo para persistir, fé para nunca desistir e principalmente saúde para poder levantar todos os dias da cama, raciocinar para resolver os problemas e tranquilidade para poder descansar, enquanto muitos rezam todos os dias para pedir o que eu tenho.

Aos meus pais, minha mãe Diane que sempre me amou e me deu forças para continuar estudando e incentivando a que eu continuasse a pós-graduação. Meu pai Alsir que mesmo não tendo a vivência de ensino superior sempre soube entender as minhas dificuldades e aconselhou para os melhores caminhos, além disso, foi um conselheiro técnico em muitos dos assuntos ligado ao manejo da lavoura. Ao meu irmão Bruno que sempre torceu, as vezes de longe, as vezes de perto, para o meu sucesso, que compartilha comigo os seus sonhos e me encoraja para alcançar os meus. A minha namorada Fernanda, que é um exemplo para mim, de como encarar a vida contornando as adversidades do dia a dia, com altruísmo e amor. Meus caros, eu os amo.

Aos meus demais familiares, primos e primas, tios e tias, padrinhos e madrinhas, avôs e avós, que rotineiramente, a sua maneira, desejavam-me coisas boas, uma boa viagem, uma boa semana, um se cuida... entre tantos outros dizeres.

A professora, colega de classe, de ambiente de trabalho e amiga Julia Corá Segat, por todo o apoio durante estes dois anos de mestrado, que incluíram conselhos, análises estatísticas, correções, conversas e compartilhamento de conquistas.

Ao grupo de alunos do Laboratório de Solos da UDESC-CEO, a aqueles que rotineiramente ou esporadicamente auxiliaram nas atividades do experimento, nas etapas a campo e também laboratorial. Em especial ao colega Luis pelos conselhos de escrita e análise estatística.

Aos colegas do PPGZOO 2017-18, em especial aos que dividiram a morada comigo, Mauricio e Igor e também aos professores do PPGZOO.

Ao Prof. Dr. Flávio José Simioni pelas orientações principalmente no manuscrito III e pela participação na banca avaliadora, juntamente com a competente zootecnista Eliana Vera Geremia.

Ao meu coorientador Prof. Dr. Luiz Alberto Nottar, que sempre foi prestativo quando

precisei de alguma coisa, desde suas correções até o suporte a campo do experimento.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Dilmar Baretta, por me incentivar a criar um senso crítico na pesquisa, disponibilizar os recursos do grupo de pesquisa Solos e Sustentabilidade, me dar a liberdade de caminhar nos meus próprios caminhos, porém exercendo sempre uma vigilância atenta para que eu seguisse os melhores trechos.

Ao CNPq pela concessão da minha bolsa de estudos durante os 24 meses de mestrado, apoio que foi imprescindível para que eu pudesse me dedicar integralmente as atividades do PPGZOO UDESC. Também aos recursos repassados pelo Grupo de Pesquisa Solos e Sustentabilidade via PAP-UDESC/FAPESC.

A UDESC-CEO, por me proporcionar um estudo de qualidade durante estes últimos dois anos, com professores preparados e engajados em elevar o senso crítico e a visão holística dos alunos quanto a Pós-graduação em Zootecnia.

Muito obrigado

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia
Universidade do Estado de Santa Catarina

VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DE PASTAGENS DE INVERNO E CULTIVO DE MILHO ADUBADO COM DOSES CRESCENTES DE NITROGÊNIO

AUTOR: Daniel Augusto Barreta

ORIENTADOR: Dilmar Baretta

Chapecó, 18 de fevereiro de 2018

O uso de pastagens consorciadas está alicerçado no sinergismo promovido pelo cultivo conjunto de gramíneas e leguminosas, mas o uso da adubação mineral nitrogenada pode ocupar o espaço dos efeitos positivos promovidos pelo consórcio. O objetivo do estudo foi verificar a viabilidade técnica e econômica do uso de quatro consorciações de aveia preta e leguminosas em detrimento a aveia preta estreme fertilizada com nitrogênio mineral (N), seguidas de um cultivo subsequente de milho com doses crescentes de N. O experimento foi dividido em duas etapas, fase pastagem e fase lavoura. Na fase pastagem foram avaliados cinco tratamentos: aveia preta (*Avena strigosa* cv. Embrapa 139) estreme adubada com 200 kg de N ha⁻¹ (Av+N); aveia preta + trevo branco (*Trifolium repens* cv. Zapican) (Av+Tb); aveia preta + ervilhaca (*Vicia sativa* cv. SS Ametista) (Av+Er); aveia preta + trevo vermelho (*Trifolium pratense* cv. Estanzuela 116) (Av+Tv); e aveia preta + amendoim forrageiro (*Arachis pintoi* cv. Belmonte) (Av+Am). O delineamento experimental foi de blocos casualizados com quatro repetições. As variáveis analisadas foram: produção de matéria seca (MS, kg ha⁻¹) e a composição químico-bromatológica das pastagens. A partir destes dados, foram estimadas as variáveis de produção de leite por ton de forragem (kg de leite ton⁻¹ de MS) e por área (kg de leite ha⁻¹). Após procedeu-se a dessecação e na sequência o plantio do milho. O cereal foi manejado igualmente entre as parcelas, exceto quanto a adubação nitrogenada em cobertura, cujas taxas de N mineral foram 0; 100 e 200 kg de N ha⁻¹. Foram mensuradas as seguintes variáveis: teor de clorofila foliar, rendimento de grãos (kg ha⁻¹) e peso de mil sementes, além de outros parâmetros biométricos de planta e espiga. O tratamento Av+N apresentou maior rendimento de MS no segundo corte em relação aos demais consórcios, além de maior rendimento total de MS e produção de leite por área. As diferenças na composição químico-bromatológica dos tratamentos não promoveram uma diferença significativa na produção de leite ton⁻¹ de MS. A produtividade do milho foi maior com a dose de 200 kg de N ha⁻¹ em relação aos demais tratamentos avaliados. Por outro lado, as plantas de cobertura não influenciaram a produtividade, apesar de que várias variáveis biométricas tenham apresentado interação entre dose e cobertura. Em termos econômicos o tratamento Av+N apresentou os melhores resultados de renda bruta da etapa pastagem. Na etapa lavoura, os melhores resultados para o milho em termos de renda bruta, margem bruta e renda líquida foram sob o consórcio Av+Er, porém não diferiu do tratamento Av+N. Em termos de sistema o tratamento Av+N é a opção mais econômica.

Palavras-chave: Adubação nitrogenada, *Arachis pintoi*, *Avena strigosa*, lucratividade, plantas de cobertura.

ABSTRACT

Master's Dissertation
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia
Universidade do Estado de Santa Catarina

TECHNICAL AND ECONOMIC VIABILITY OF WINTER PASTURES AND CORN CULTIVATION FERTILIZED WITH INCREASING DOSES OF NITROGEN

AUTHOR: Daniel Augusto Barreta

ADVISER: Dilmar Baretta

Chapecó, February 18, 2018

The use of intercropped pastures is based on the synergism promoted by the joint cultivation of grasses and legumes, but the use of nitrogen fertilizer may occupy the space of the positive effects promoted by the consortium. The objective of the study was to verify the technical and economic viability of the use of four consortia with black oats and leguminous in detriment to black oats fertilized with mineral nitrogen (N), followed by a subsequent corn cultivation with increasing doses of N. The experiment was divided into two stages, pasture stage and cropping stage, and the experimental design was a randomized block with four replicates. In the pasture stage, five treatments were evaluated: black oats (*Avena strigosa* cv. Embrapa 139), fertilized with 200 kg of N ha⁻¹ (Bo+N); black oats + white clover (*Trifolium repens* cv. Zapican) (Bo+Wc); black oats + vetch (*Vicia sativa* cv. SS Ametista) (Bo+Ve); black oats + red clover (*Trifolium pratense* cv. Estanzuela 116) (Bo+Rc); and black oats + forage peanuts (*Arachis pintoi* cv. Belmonte) (Bo+Fp). The variables analyzed in the pasture stage were: dry matter production (kg ha⁻¹) and the chemical-bromatological composition of the pastures. From these data, the variables of milk production per ton of forage (kg of milk ton⁻¹ of DM) and per area (kg of milk ha⁻¹) were estimated. After the desiccation was carried out and corn plantation was followed. The cereal was also managed between the plots, except for the nitrogen fertilization in coverage, whose application rates of mineral N were 0; 100 and 200 kg of N ha⁻¹. At this stage, the evaluation scheme was split plot. The following variables were measured: leaf chlorophyll content, grain yield (kg ha⁻¹) and weight of one thousand seeds, as well as other plant and spike biometric parameters. The data were submitted to analysis of variance and the means were compared by the Tukey test at 5% probability. The Bo+N treatment presented higher DM yield in the second cut compared to the other consortia. The same was verified for the total DM yield and this effect resulted in higher milk production per area, since the differences in the chemical-bromatological composition of the treatments did not promote a significant difference in the production of milk ton⁻¹ of DM. Maize productivity was higher with the 200 kg N ha⁻¹ dose in relation to the other evaluated treatments. On the other hand, the coverage plants did not influence productivity, although several biometric variables showed interaction between dose and coverage. In economic terms the treatment Bo + N presented the best results of gross income of pasture stage. In the corn stage, the best results in terms of gross income, gross margin and net income were under Bo + Ve consortium, but did not differ from Bo + N. In terms of system Bo + N treatment is the most economical option.

Keywords: Nitrogen fertilization, *Arachis pintoi*, *Avena strigosa*, profitability, cover crop.

SUMÁRIO

1. CAPÍTULO I	10
1.1. REVISÃO DE LITERATURA	10
1.1.1. O USO DE PASTAGENS CONSORCIADAS E A PRODUÇÃO DE LEITE ...	10
1.1.2. INFLUÊNCIA DAS PLANTAS DE COBERTURA NA PRODUTIVIDADE DO MILHO CULTIVADO EM SUCESSÃO.....	14
1.1.3. VIABILIDADE ECONÔMICA DO USO DE PASTAGENS CONSORCIADAS PARA PRODUÇÃO DE LEITE E DE MILHO CULTIVADO EM SUCESSÃO.....	19
2. CAPÍTULO II	25
2.1. – MANUSCRITO I - PRODUÇÃO, COMPOSIÇÃO QUÍMICO-BROMATOLÓGICA E PRODUTIVIDADE ESTIMADA DE LEITE DE PASTAGENS CONSORCIADAS DE ESTAÇÃO FRIA	26
2.1.1. RESUMO.....	27
2.1.2. INTRODUÇÃO	28
2.1.3. MATERIAL E MÉTODOS	29
2.1.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	32
2.1.5. CONCLUSÃO	39
2.1.6. REFERÊNCIAS.....	39
2.2. – MANUSCRITO II - INFLUÊNCIA DE PLANTAS DE COBERTURA NAS CARACTERÍSTICAS DA PLANTA DE MILHO SOB DOSES CRESCENTES DE N MINERAL	48
2.2.1. RESUMO.....	49
2.2.2. INTRODUÇÃO	50
2.2.3. MATERIAL E MÉTODOS	51
2.2.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	54
2.2.5. CONCLUSÃO	61
2.2.6. REFERÊNCIAS.....	61
2.3. – MANUSCRITO III - VIABILIDADE ECONÔMICA DE CULTIVO DE MILHO COM DOSES CRESCENTES DE NITROGÊNIO MINERAL EM SUCESSÃO AS PASTAGENS CONSORCIADAS	71
2.3.1. RESUMO.....	72
2.3.2. INTRODUÇÃO	73
2.3.3. MATERIAL E MÉTODOS	74
2.3.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	79
2.3.5. CONCLUSÃO	84
2.3.6. REFERÊNCIAS.....	84
3. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	94
4. REFERÊNCIAS.....	95

1. CAPÍTULO I

1.1. REVISÃO DE LITERATURA

1.1.1. O USO DE PASTAGENS CONSORCIADAS E A PRODUÇÃO DE LEITE

O desempenho zootécnico dos ruminantes tem forte dependência da produtividade da pastagem na qual estão inseridos. A disponibilidade de forragem e sua a qualidade físico-química definem o potencial produtivo de bovinos, ovinos, caprinos e demais ruminantes quando submetidos a sistemas de alimentação à base de pasto.

No Brasil, os sistemas baseados em pastagem correspondem à imensa maioria, tanto para produção de carne quanto para produção de leite. Contudo, cerca de 50% das áreas de pastagem, algo em torno de 100 milhões de ha, apresentam algum grau de degradação. Se esta situação é motivo de preocupação ela permite também vislumbrar um horizonte de oportunidades, com a possibilidade de o Brasil aumentar, e muito, a produção de leite e carne bovina, sem a necessidade de agredir os recursos ambientais (COFFEY et al., 2016; DIAS-FILHO 2014; DIAS-FILHO 2016).

Em termos de produção leiteira, no ano de 2017, o Brasil alcançou 34,5 bilhões de kg de leite, o que corresponde a 4,2% da produção mundial. A região Sul é a maior produtora, com mais de 35% do leite produzido. Esta região, segundo a classificação de KÖPPEN (1948) é considerada de clima temperado úmido sem estação seca, com variação de verões quentes ou amenos (Cfa ou Cfb, respectivamente). Tais características tornam-na e, mais precisamente, o Oeste Catarinense, uma verdadeira pujança nessa atividade, por associar uma mão de obra familiar qualificada com fatores climáticos e de solo favoráveis (ALTMANN et al., 2008; EPAGRI/CEPA, 2017a).

Embora as práticas de produção animal estejam em constante migração, de sistemas extensivos para produção confinada, os sistemas de produção à base de pasto apresentam um custo operacional menor, o que o torna atrativo para os produtores. Além disso, a dinâmica global dos preços agrícolas e as mudanças políticas expõem a cadeia de lácteos a uma constante flutuação de preços o que estimula a busca de sistemas mais resilientes. Nesse sentido, os sistemas à base de pasto se sobressaem aos sistemas confinados, nos quais o uso de insumos externos é maior (RAMSBOTTOM et al., 2015; HANRAHAN et al., 2018). Quando os animais são mantidos em pastagem, é preciso utilizá-las com a máxima eficiência

possível, cujo objetivo é alicerçado na manutenção da fertilidade do solo, adoção de técnicas conservacionistas, utilização de espécies de elevada qualidade nutricional e emprego de técnicas de manejo de pasto, pois o resultado final (carne ou leite) bem como os ganhos econômicos, são fortemente influenciados pela quantidade e pela qualidade da forragem disponível (GREGORINI et al., 2017).

Dentro deste escopo de intensificação com base em pastagens, o uso da consorciação de gramíneas e leguminosas é uma alternativa que traz boas características como a alta produção de matéria seca (MS), elevada qualidade nutricional e menor dependência de fertilizantes nitrogenados (AGUIRRE et al., 2014; LUSCHER et al., 2014). As opções forrageiras de leguminosas para consórcio são menos vastas que as gramíneas. Mesmo assim, há uma série de espécies que podem ser cultivadas em ambientes de clima temperado, como a ervilhaca (*Vicia sativa* L.), serradela (*Ornithopus sativus* Brot.), trevo vesiculoso (*Trifolium vesiculosum* Savi), cornichão (*Lotus corniculatus* L.), trevo branco (*Trifolium repens* L.), trevo vermelho (*Trifolium pratense* L.) e amendoim forrageiro (*Arachis pintoi* Krapov. & W. C. Greg.) (FONTANELI; SANTOS; FONTANELI, 2012).

De maneira geral, o conteúdo de fibra em detergente neutro (FDN) das gramíneas é maior em relação ao das leguminosas e justifica-se, porque as leguminosas pertencem ao grupo de plantas com ciclo fotossintético C3, as quais apresentam lenta taxa de crescimento, com menor deposição de carboidratos estruturais na parede celular (MALAGUEZ et al., 2017). Por outro lado, as gramíneas, especialmente as de clima tropical, que são do ciclo C4, possuem uma grande capacidade produtiva de MS, portanto, apresentam uma fração expressiva de carboidratos estruturais (TAIZ e ZEIGER, 2009).

Por outro lado, os motivos da adoção limitada da consorciação de espécies forrageiras se concentram na dificuldade de manejo, necessidade de elevada fertilidade do solo, insucesso do pecuarista em outras tentativas e o custo alto das sementes de leguminosas. Como agravantes, podemos citar que os principais critérios de seleção de plantas forrageiras são a produção de MS e a composição químico bromatológica, ou seja, a capacidade de gramíneas e leguminosas associarem-se entre si é um fator secundário, que muitas vezes nem é considerado nos critérios de seleção (REIS; BERNARDES e SIQUEIRA, 2013). Além disso, SARMENTO (2017) afirma que no Estado do Rio Grande do Sul, a maior parte das sementes de pastagens temperadas são provenientes de um comércio informal e muitas delas

não atendem os requisitos mínimos para serem denominadas como semente. No caso de sementes de leguminosas, que tem um custo mais elevado, este tipo de comércio sem certificação é ainda mais atrativo ao consumidor, que na maioria das vezes escolhe o fornecedor com base no menor preço, o que pode favorecer o insucesso da implantação da pastagem.

Apesar da maior complexidade de se manejar uma pastagem consorciada, com a presença de leguminosas, seu uso justifica-se no incremento dos teores de proteína bruta (PB) e de digestibilidade em comparação a uma pastagem de gramínea estreme (CASAGRANDE et al., 2013; DINEEN et al., 2018). Tal fato tem instigado muitos pesquisadores a implementarem esforços em pesquisas que envolvem o uso de pastagens consorciadas e sua relação com a produção de leite (O'CALLAGHAN et al., 2016; PEMBLETON et al., 2016), modificação do perfil de ácidos graxos do leite (LAHLOU et al., 2014; REGO et al., 2016), características sensoriais dos derivados (O'CALLAGHAN et al., 2017) e a sustentabilidade do sistema (DICK; SILVA e DEWES, 2015; YAN et al., 2013).

No contexto da produção leiteira, HARRIS et al. (1998) realizaram um experimento clássico para avaliar o efeito do uso de leguminosas na produção de leite. Ao todo, 15 vacas Jersey foram alocadas individualmente em baias e receberam uma dieta restrita a trevo branco e azevém, de modo que os tratamentos consistiam em diferentes proporções de trevo na mistura, 200, 500 e 800 g kg⁻¹ de matéria seca. A produção de leite aumentou quando a proporção de trevo cresceu de 20 para 50%. Contudo, o mesmo efeito não foi percebido quando a proporção foi de 50 para 80%. Os autores atrelaram os resultados principalmente à maior ingestão de MS, em virtude da alta digestibilidade da leguminosa. Também reiteram que na prática, uma participação de 40% de leguminosas no dossel forrageiro já seria suficiente para garantir um incremento de produção. Esta proporção é condizente com os valores propostos por LUSCHER et al. (2014) de 30 a 50% de participação da leguminosa.

O efeito da pastagem consorciada na produção de leite também foi estudado por PEMBLETON et al. (2016). As vacas foram divididas em duas situações de pastejo diferentes. Um dos grupos permaneceu em uma pastagem de azevém perene (*Lolium perene* L.) estreme, enquanto o outro foi alocado em uma pastagem mista azevém perene (*Lolium perene* L.), trevo branco (*Trifolium repens* L.) e língua de ovelha (*Plantago lanceolata* L.). A produção de leite foi superior nos animais em pastagem mista no início e final da lactação,

quando comparados ao lote que permaneceu na pastagem estreme. Um experimento semelhante foi realizado na França e avaliou a produção de leite de vacas holandesas em pastagem estreme de azevém perene ou em pastagem consorciada de azevém perene, trevo branco e trevo vermelho (as leguminosas representaram cerca de 25% do dossel). A produção de leite foi maior para o sistema misto (17,2 vs 16,1 Kg leite dia⁻¹), contudo os autores não encontraram uma explicação concisa, haja vista que o consumo estimado de matéria seca e a qualidade nutricional das pastagens foi semelhante (ROCA-FERNÁNDEZ et al., 2016).

Por outro lado, ENRIQUEZ-HIDALGO et al. (2014) não verificaram diferenças na produção de leite (19,0 vs 19,8 kg dia⁻¹), consumo de matéria seca (15,0 vs 16,5 kg dia⁻¹) e produção de sólidos (1,14 vs 1,19 kg dia⁻¹) para vacas em pastagem de azevém estreme ou azevém consorciado com trevo branco, respectivamente. Além disso, a produção diária de metano e a produção por kg de leite também foi semelhante (360,5 vs 353,6 g CH₄ vaca dia⁻¹; 26,5 vs 26,0 g CH₄ kg leite⁻¹) entre os tratamentos.

É possível verificar na grande maioria de trabalhos citados até o momento a presença recorrente do trevo branco. Isso acontece porque esta é a leguminosa forrageira de clima temperado mais utilizada no mundo para pastejo em associação com gramíneas (BALL et al., 2007). Contudo, há uma série de resultados controversos quanto ao seu uso. Neste sentido, DINEEN et al. (2018) realizaram uma meta-análise para avaliar o efeito da inclusão de trevo branco em pastagens de azevém na produção de leite.

A base de dados, composta por 15 artigos publicados entre os anos de 1985 e 2015 serviu para comparar o efeito da presença e ausência do trevo. O conteúdo médio da leguminosa no dossel forrageiro foi de 31,6%, e permitiu uma produção diária de leite e de sólidos totais maior (18,3 vs 19,7 kg leite; 1,36 vs 1,48 kg sólidos) para os animais alocados em pastagem consorciada. Além disso, o uso dos consórcios permitiu uma redução de 81 kg ha⁻¹ de nitrogênio aplicado ao sistema anualmente, o que é benéfico do ponto de vista ambiental e econômico. Resultados semelhantes foram encontrados por EGAN; GALVIN & HENNESSY (2018) que verificaram a mesma produtividade de leite por animal e por hectare entre um sistema de pastagem estreme de azevém fertilizado com 250 kg N ha⁻¹ por ano comparado a um sistema de consórcio de azevém e trevo branco com redução de 100 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹.

Essas respostas servem para instigar o meio técnico-científico no aprofundamento de pesquisas com forrageiras consorciadas, a fim de adequar as melhores opções de consórcio às condições edafo-climáticas de cada região e com isso impulsionar a adoção da técnica entre os produtores. Pois mesmo que às vezes modestos, a presença de leguminosas no dossel forrageiro, promove incrementos na ingestão e digestibilidade da MS e aumento na produção de leite em sistemas à base de pasto, além do caráter mais sustentável, requisito indispensável para a pecuária moderna.

1.1.2. INFLUÊNCIA DAS PLANTAS DE COBERTURA NA PRODUTIVIDADE DO MILHO CULTIVADO EM SUCESSÃO

O Brasil há muito tempo deixou de ser coadjuvante para assumir o protagonismo na produção mundial de grãos. Na safra 2017/18, a área plantada é estimada em 61,6 milhões de hectares, 1,2% a mais que o ano anterior. O grande destaque é a produção da soja, que na safra 17/18 foi semeada em 35,1 milhões de ha, 1,2 milhões a mais que a safra anterior (CONAB, 2018; EMBRAPA, 2018). Em contrapartida, a área de milho fora superada pela soja ainda na safra 97/98, devido principalmente à atratividade financeira da oleaginosa. Mais recentemente, na safra 17/18, a área de milho primeira safra reduziu de 5,5 para 5,1 milhões de hectares e a área de segunda safra de 12,1 para 11,6 milhões de hectares, guinados principalmente pela expectativa futura menos favorável do mercado. A região Sul é a maior produtora de milho primeira safra, sendo também a que registrou a maior queda na área plantada (19,6%) em relação à safra anterior (1,37 vs 1,71 milhões de hectares). Contudo, a produtividade média na região é superior às outras regiões, com estimativa de rendimento de 7478 kg ha⁻¹ (CONAB, 2018).

Em Santa Catarina, também a atratividade econômica da cultura da soja é um dos principais fatores que explica a diminuição da área cultivada de milho. O custo operacional direto de produção de soja em Santa Catarina, em agosto de 2017, foi de R\$ 2.669,71 ha⁻¹, contra um custo de produção do milho de R\$ 3.840,53 ha⁻¹, em que os fertilizantes respondem por cerca de 30% do custo total da lavoura de milho (EPAGRI/CEPA, 2017b; EPAGRI/CEPA, 2017c). O alto custo dos fertilizantes químicos impacta diretamente nos custos operacionais totais da produção de milho, e pode comprometer a lucratividade do sistema (BERTALOT et al., 2008; LACERDA et al., 2015). Entre os nutrientes, o N é o mais

requerido pela cultura do milho e o seu custo de aplicação é elevado (SOUZA; BUZETTI e MOREIRA, 2015). Devido a isso, o interesse na prática de cultivar adubos verdes em pré-cultivo do milho, com intuito principal de incorporar N aos sistemas produtivos é crescente, atrativo e contribui para a sustentabilidade dos sistemas produtivos (CHIEZA et al. 2017).

Esta prática pode ser considerada relativamente recente na agricultura ocidental, cuja adoção remonta do final do século XIX, se popularizando na década de 1960 como uma forma de reduzir o uso de fertilizantes minerais (PAINE e HARRISON, 1993). Gramíneas e leguminosas tem dinâmicas de decomposição diferentes. As gramíneas comumente apresentam relação C/N maior e uma decomposição dos resíduos mais longa, o que acaba protegendo o solo por mais tempo. As leguminosas, via de regra, apresentam uma baixa relação C/N, rápida decomposição e ciclagem de nutrientes. Isso ocorre pela capacidade que estas plantas têm de realizar a fixação biológica de nitrogênio. Por outro lado, o consórcio entre gramíneas e leguminosas apresenta uma relação C/N mais equilibrada, com uma decomposição intermediária aos cultivos solteiros (ZIECH et al. 2015). Nesse sentido, visando sincronizar a decomposição da palhada dos adubos verdes, com os requerimentos da cultura em sucessão, muitos pesquisadores têm implementado esforços nesta área de pesquisa. Percebe-se que, se bem manejadas, as plantas de cobertura verde, gramíneas ou leguminosas, em cultivo solteiro ou consorciadas, são importantes aliadas para o desempenho agrônomo e zootécnico de sistemas produtivos.

CHU et al. (2017) após três anos de experimento de sucessão milho – soja no verão, verificaram valores superiores de nitrogênio potencialmente mineralizável no solo para os sistemas que na entressafra eram cultivados com o consórcio de centeio e trevo encarnado; e a mistura de centeio, aveia, nabo forrageiro, nabo roxo e trevo encarnado. Os piores resultados foram verificados no tratamento controle (sem cobertura) e trigo. Os tratamentos centeio estreme e centeio consorciado com ervilhaca apresentaram valores intermediários de nitrogênio potencialmente mineralizável.

Com intuito de comparar a dinâmica do N no solo e a produtividade de milho, ANDREWS et al. (2018) estabeleceram um experimento por dois anos no Sudeste dos Estados Unidos. Os tratamentos consistiam em três coberturas de inverno: centeio (*Secale cereale* L.), trevo encarnado (*Trifolium incarnatum* L.) e trevo branco (*Trifolium repens* L.). O centeio e o trevo encarnado foram dessecados previamente ao plantio do milho nos dois

anos experimentais, por outro lado, o trevo branco foi dessecado apenas em faixas de 0,2 m, exatamente na linha de plantio do milho, ou seja, dois tratamentos eram sob cobertura morta enquanto o terceiro era sobre cobertura morta em consórcio com uma planta perene já estabelecida. As doses de N mineral aplicado nos tratamentos foram de 56, 168 e 280 kg N ha⁻¹ para trevo branco, trevo encarnado e centeio, respectivamente. Em contrapartida, os cultivos foram capazes de liberar para o sistema durante a fase vegetativa do milho 145, 105 e 25 kg N ha⁻¹, respectivamente. O índice de eficiência de uso do nitrogênio (rendimento de grãos/absorção de N) foi igual entre os tratamentos, ou seja, o N foi utilizado da mesma maneira, independentemente da fonte. Quanto a produtividade, os tratamentos trevo encarnado e centeio proporcionaram maior produção (13,3 e 13,0 ton grãos ha⁻¹) que o trevo branco (10,4 ton grãos ha⁻¹). Os autores concluem que mesmo que o tratamento com a cobertura viva tenha produzido cerca de 20% a menos que as demais, utilizou apenas 56 kg N ha⁻¹, ou seja, é uma estratégia para diminuir as necessidades de N mineral, principalmente em períodos de alto custo dos fertilizantes.

COOMBS et al. (2017) avaliaram três coberturas e o pousio na produtividade de milho por dois anos em dois solos distintos. Os tratamentos foram trevo vermelho (*Trifolium pratense* L), trevo encarnado (*Trifolium incarnatum* L), alfafa (*Medicago sativa* L.) e pousio (sem cobertura). No tratamento sem cobertura, as parcelas foram subdivididas e procedeu-se a adubação nitrogenada nas doses 0, 112 e 224 kg N ha⁻¹. De maneira geral, a semeadura da alfafa e do trevo vermelho permitiu rendimentos de milho superiores ao tratamento sem cobertura e sem adubação nitrogenada. Os autores ainda chamam atenção para os resultados da safra 2013 em solo franco-arenoso, no qual a produção de milho foi semelhante entre o tratamento com a maior adubação e os sistemas apenas com as leguminosas. De acordo com os autores, estes resultados permitem uma substituição parcial dos fertilizantes nitrogenados, apesar de recomendarem mais pesquisas para estabelecer qual seria a grandeza desta substituição.

Com intuito de avaliar o efeito de plantas de cobertura adubadas ou não com cama de aves, SEMAN-VARNER, VARCO e O'ROURKE (2017) estabeleceram oito tratamentos de culturas de cobertura: centeio estreme (*Secale cereale* L.); ervilhaca estreme (*Vicia villosa* Roth); centeio e ervilha consorciadas e pousio, os quatros tratamentos foram adubados ou não com 2 ton ha⁻¹ de cama de aves (33 kg N ton⁻¹). Os tratamentos foram repetidos por três

anos, com plantio de milho sequencial a dessecação das culturas. A adubação orgânica não apresentou efeito sobre a produtividade de grãos, no entanto, houve interação significativa com as coberturas. As culturas de cobertura influenciaram o rendimento de grãos. O rendimento de grãos de milho foi maior sob a cultura da ervilhaca, seguido do consórcio e menor para centeio. A ervilhaca, apesar de fazer FBN, teve um aumento substancial de 41% no conteúdo de N com a adubação orgânica, o que possivelmente incrementou a taxa de mineralização de N. Esse sinergismo é crucial para o aumento da produtividade de grãos de milho. Os autores atribuíram os resultados inferiores do centeio à alta relação C/N de seus resíduos, logo, a imobilização de N afetou a produtividade do milho. Contudo, sua decomposição mais lenta poderia ser utilizada quando a cultura sucessora é mais tardia. O uso combinado de uma leguminosa com a adubação orgânica foi a melhor opção.

O uso de culturas de cobertura ainda é limitado nos EUA, sendo o seu custo operacional o principal fator limitante. Contudo, a adoção da técnica e de financiamentos com este intuito é crescente. A maior área plantada com culturas de cobertura foi em 2016, com 5,4 milhões de hectares, o que representa 9,4% da área de milho e soja de nove estados do meio oeste americano. Quanto a produtividade de milho, as áreas com cobertura apresentaram menores produtividades numéricas em todos os anos entre 2008 até 2015. No entanto, estes resultados devem ser analisados com cautela, pois os produtores cultivaram as coberturas nos solos pobres, justamente porque tem consciência de que a prática é um meio de melhorar a fertilidade do solo (SEIFERT, AZZARI e LOBELL, 2018).

Estudo semelhante também foi desenvolvido no Sul do Brasil para avaliar a produtividade de milho cultivado em sucessão a diferentes espécies de inverno sem o uso de adubação nitrogenada. Os tratamentos foram: triticales (*Triticosecale rimpaui*), aveia branca (*Avena sativa* L.), aveia preta (*Avena strigosa* Schreb.), nabo forrageiro, (*Raphanus sativus* L.), ervilhaca (*Vicia sativa* L.), consórcio aveia preta + ervilhaca (30/70%), aveia preta + nabo forrageiro (30/70%), aveia preta + ervilhaca + nabo forrageiro (33, 33, 34%), azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) e linhaça (*Linum usitatissimum*). A maior produção de milho foi obtida em sucessão a ervilhaca (8,9 ton ha⁻¹). Contudo, este resultado não diferiu dos consórcios aveia preta + ervilhaca + nabo forrageiro e aveia preta + ervilhaca (8,15 e 7,28 ton ha⁻¹, respectivamente). Estes resultados são uma alternativa para sistemas com menor demanda de N mineral (CHERUBIM et al., 2014). Mesmo sem o uso de nitrogênio, estas

produtividades são até superiores a produtividade estimada de milho na região Sul na safra 17/18 (7,45 ton ha⁻¹) (CONAB, 2018).

No município de Lages/SC, foram estabelecidos cinco tratamentos com plantas de cobertura de inverno para verificar a produção de MS ha⁻¹ e acúmulo (kg ha⁻¹) de nutrientes na parte aérea das plantas. Os cultivos foram: pousio (testemunha); aveia preta (*Avena strigosa* Schreb.); nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.); ervilhaca (*Vicia sativa* L.) e o consórcio de aveia preta, nabo forrageiro e ervilhaca comum. A produção de MS ha⁻¹ da aveia preta e do consórcio foram semelhantes (14,4 vs 12,7 ton ha⁻¹) e ligeiramente próximas a ervilhaca estreme (11,5 ton ha⁻¹). O nabo forrageiro apresentou produção menor (6,1 ton ha⁻¹), mesmo assim, bastante superior ao pousio (3,2 ton ha⁻¹). Em relação ao acúmulo de nutrientes da parte aérea, o cultivo de ervilhaca estreme e o consórcio apresentaram os melhores resultados de acúmulo de N, 261 vs 211 kg N ha⁻¹, respectivamente (WOLSCHICK et al. 2016). Resultados como este demonstram o potencial de utilização de adubos verdes na nutrição de gramíneas cultivadas em sucessão.

VIOLA et al. (2013) avaliaram a produtividade de trigo (*Triticum aestivum* L.) em sucessão a diferentes adubos verdes e com doses crescentes de nitrogênio em Pato Branco/PR em 2010. Os tratamentos foram: palhada de milho (pousio), nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.), ervilhaca comum (*Vicia sativa* L.), tremoço (*Lupinus albus* L.), ervilha forrageira (*Pisum sativum* subsp. *Arvense*) e feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) e as doses de N 0, 40, 80 e 120 kg N ha⁻¹. Todos os tratamentos apresentaram respostas positivas às doses de adubação nitrogenada. Contudo, o rendimento de grãos de trigo, da ervilhaca e da ervilha forrageira sem adubação nitrogenada foi semelhante a palhada de milho com 40 kg N ha⁻¹. Também foi verificada uma produção igual entre o nabo forrageiro sem adubação e a palhada de milho com 80 kg N ha⁻¹. Os autores atribuem os resultados à rápida decomposição destes resíduos, o que permitiu uma sincronia entre a liberação de nutrientes e os estádios de maior demanda da cultura do trigo (perfilhamento e enchimento de grão), constituindo-se uma prática sustentável para suprir ou complementar a adubação nitrogenada.

Como percebido, esta temática de estudos se popularizou bastante mundialmente ao longo dos últimos anos, mas os fatores regionais (clima, solo, pluviosidade etc.) como um todo propiciam resultados distintos entre os trabalhos. Uma forma de congregar cientificamente vários resultados de pesquisa é por meio da meta-análise (SAUVANT et al.,

2008). Neste sentido, MARCILLO & MIGUEZ (2017) compilaram dados de 65 artigos publicados entre 1965 e 2015 para avaliar o efeito das culturas de cobertura no rendimento do milho. Foram significativos os efeitos de espécie de cobertura, taxa de nitrogênio mineral no milho e período da dessecação. De maneira geral, os resultados vêm ao encontro com os resultados reportados nesta revisão até o presente momento. Quando comparada a produtividade em função da cobertura vegetal, o uso de gramíneas não diferiu do tratamento sem cobertura. O uso de consórcios (gramínea e leguminosa) apresentou rendimentos 13% maiores que os tratamentos sem cobertura e gramíneas, enquanto que o uso de leguminosas incrementou 21 % a produtividade do milho.

Em relação ao tempo entre a dessecação e o plantio do milho, dessecações com mais de 14 dias de antecedência não diferiram de sistemas sem cobertura. Dessecações em tempo médio (7-13 dias) incrementaram em média 17% na produtividade do milho. Dessecações tardias 0-6 dias aumentaram a produção em 30%. Tal resultado está relacionado com a rápida disponibilização do N contido na palhada de leguminosas, ou seja, dessecações muito antecipadas não permitem o aproveitamento do N para a cultura posterior (ACOSTA et al., 2011). A taxa de adubação mineral no milho também exerceu influência na produção, o que era esperado, pois doses mais altas de N acabam por diluir o efeito da cultura de cobertura (MARCILLO & MIGUEZ, 2017). Os autores também verificaram o efeito da região geográfica no resultado produtivo, em alguns locais o uso de cobertura foi equivalente ao solo descoberto, porém, em outros locais os ganhos foram de até 22 %.

Os resultados promissores descritos até o presente momento, principalmente quanto ao uso de leguminosas e consórcios, atrelado ao fato de que o fator regional é capaz de interferir nas respostas, justifica que mais pesquisas sejam desenvolvidas no Brasil, principalmente na região Sul, no que tange o uso de plantas de cobertura e sua influência na produtividade do milho, economia de fertilizante mineral e sustentabilidade dos sistemas.

1.1.3. VIABILIDADE ECONÔMICA DO USO DE PASTAGENS CONSORCIADAS PARA PRODUÇÃO DE LEITE E DE MILHO CULTIVADO EM SUCESSÃO

De maneira geral, a maioria dos trabalhos científicos na área de ciências agrárias são voltados a avaliação de variáveis-resposta de cunho técnico. Por outro lado, avaliações do aspecto econômico são menos disseminadas entre os pesquisadores. Entretanto, a viabilidade

econômica é o principal atributo que define a adoção ou não de uma determinada técnica/tecnologia por parte de empresas e produtores rurais. Assim, a análise do retorno econômico é fundamental para garantir a sustentabilidade das empresas rurais (SOARES et al., 2015).

Dentro deste escopo, um estudo realizado na Irlanda buscou compreender os fatores associados a lucratividade dos sistemas de produção de leite baseado em pastagens, através da compilação de dados produtivos e econômicos de 257 fazendas leiteiras na Irlanda entre 2008 e 2015. Este acompanhamento temporal dos dados permitiu uma análise perante diferentes condições climáticas e oscilações no preço do leite pago ao produtor. Os resultados apontaram que cada tonelada adicional de MS de pastagem proveu um incremento de € 173,00 de lucro líquido por ano. Por outro lado, um aumento de 10% na proporção da dieta de alimentos adquiridos fora da propriedade resultou em uma diminuição do lucro líquido por hectare de € 97,00. Em síntese, os autores afirmam que uma maior lucratividade destes sistemas está associada à maximização do uso da pastagem, com ajuste de lotação animal instantânea e ao longo do ano, com intuito de associar os períodos de maior demanda de forragem com a maior oferta (HANRAHAN et al. 2018). De acordo com estas informações, é coerente afirmar que o rendimento financeiro de uma fazenda leiteira está associado não apenas a qualidade químico-bromatológica da pastagem, mas também com uma alta produção de MS de forragem.

Também com intuito de verificar a lucratividade dos sistemas de produção, fora mantido por três anos um experimento na Nova Zelândia no qual os animais permaneceram em pastagem consorciada de azevém perene (*Lolium perenne* L.) e trevo branco (*Trifolium repens* L.), os quais foram alocados em sete tratamentos. Três tratamentos foram denominados de baixa lotação (3,35 vacas ha⁻¹) e a pastagem recebeu as doses de 0, 200 e 400 kg N ha⁻¹. Outros quatro tratamentos foram chamados de alta lotação (4,41 vacas ha⁻¹), de modo que três deles receberam 200 kg N ha⁻¹ e um recebeu 400 kg N ha⁻¹. Em dois dos tratamentos de 200 kg N ha⁻¹ os animais receberam respectivamente 1,3 ou 1,1 ton de MS de grão de milho quebrado ou silagem de milho por animal/ano. Todos os manejos apresentaram incremento da receita bruta da fazenda em detrimento a dose 0 kg de N. Contudo, os custos operacionais também aumentaram em virtude da compra dos insumos. Ao final o lucro operacional dos sistemas variou em mais de 140%, de modo que os sistemas com uso de

milho quebrado e silagem tiveram lucros menores (1.390,00 e 1.812,00 NZ\$ ha⁻¹, respectivamente) que o sistema sem a entrada de N (2.130,00 NZ\$ ha⁻¹). A maior lucratividade foi obtida no sistema denominado de baixa lotação associado a maior dose de N (2.828,00 NZ\$ ha⁻¹). Neste sistema a produção de leite aumentou cerca de 4,4 litros/dia a cada kg de N adicionado no sistema e o custo marginal do leite adicional foi de NZ\$ 0,37/kg. Os autores concluíram que o uso estratégico dos fertilizantes nitrogenados é um caminho para aumentar a rentabilidade das fazendas leiteiras da Nova Zelândia (MACDONALD et al., 2017). As conclusões destes autores reforçam a eficácia do N no incremento da produção e rentabilidade dos sistemas baseados em pastagem.

A partir de uma modelagem de dados de fazendas leiteiras do estado de Michigan-USA, todos os custos e receitas de uma propriedade representativa dos padrões da região foram avaliados por um simulador agrícola completo desenvolvido pelo Serviço de Pesquisa Agrícola (ARS) do USDA (USDA-ARS, 2014). A fazenda representativa simulada no programa possuía duas variáveis: (a) a composição da pastagem e (b) a condição climática. Quanto à pastagem, foram testadas 48 combinações, compostas por quatro gramíneas dácilo (*Dactylis glomerata*) azevém perene (*Lolium multiflorum*) erva-de-febra (*Poa pratensis*) e festuca (*Festuca arundinacea*) e duas leguminosas (*Trifolium repens* L. e *Trifolium pratense* L.) e seis variações na porcentagem de leguminosa na mistura (0 – 50%, com incrementos graduais de 10%). Em relação as condições climáticas, os dados foram testados para a condição atual e outros 42 modelos futuros (2040-2060). As projeções apontaram que a porcentagem de leguminosa na pastagem é a principal variável que afeta a lucratividade dos sistemas. De maneira geral, as quatro combinações com maior retorno líquido por/animal na fazenda eram compostas por 50% de trevo vermelho, em especial, quando consorciada com azevém perene (US\$ 173,3/ vaca ano⁻¹). Os autores concluíram que este também é o sistema mais resiliente às mudanças climáticas, e que as pastagens deveriam manter pelo menos 30% da leguminosa em sua composição (ROJAS-DOWNING et al., 2018).

A partir dos trabalhos citados até o momento em relação a produção de leite, é perceptível a importância do N para a produção de pastagem e a consequente produção de leite. Contudo, em cenários de alto custo dos fertilizantes, o emprego de leguminosas na pastagem parece atenuar esta escassez, principalmente pela alta qualidade químico-brotatológica destas espécies.

Em relação a lucratividade de sistemas de produção de gado de corte, um experimento na Irlanda avaliou a lucratividade de cinco sistemas de terminação de novilhos holandês que permaneciam em pastejo: confinamento por 200 dias e abate com 15 meses; confinamento por 100 dias e abate com 19 meses; a pasto com suplementação de 5 kg dia⁻¹ de concentrado por 100 dias e abate aos 19 meses; a pasto com suplementação de 5 kg dia⁻¹ de concentrado por 60 dias e abate com 21 meses; confinamento por 92 dias com silagem de gramínea e 5 kg dia⁻¹ de concentrado, abate aos 24 meses. É importante salientar que o custo de oportunidade da terra foi inserido no cálculo, bem como os custos de aquisição dos animais. Embora o sistema confinado mais precoce tenha apresentado a maior produção de carne ha⁻¹, o custo com concentrado representou cerca de 68% do custo variável, o que conduziu o sistema a uma margem líquida negativa (€105/animal). Não obstante, um resultado semelhante foi verificado com o sistema mais tardio, cujo custo de oportunidade da terra e a menor produção de carne ha⁻¹ foram cruciais para sacramentar também uma margem líquida negativa (€69/animal). Desta forma, o sistema intermediário, com suplementação a pasto e abate aos 19 meses foi o mais rentável (€145/animal), pois combinou boa produção de carne ha⁻¹ e baixo consumo de concentrado, ou seja, é preciso intensificar o aproveitamento da pastagem (MURPHY et al., 2017).

Embora as plantas forrageiras possam ser utilizadas pelos sistemas pecuários, muitas vezes elas são semeadas nas áreas agrícolas simplesmente como plantas de cobertura, o que abre uma nova abordagem de estudos, que avaliam a influência de plantas de cobertura na lucratividade de sistemas agrícolas.

Neste sentido, MAHAMA et al. (2016) avaliaram o retorno líquido e a taxa marginal de retorno do milho cultivado sobre três coberturas de verão e pousio com doses crescentes de N. As culturas utilizadas foram: feijão caupi (*Vigna unguiculata* L.), feijão guandu (*Cajanus cajan* L.) e crotalária (*Crotalaria juncea* L.), todas cultivadas após a colheita do trigo. No tratamento pousio, a dose de N aplicada no milho foi de 0, 45, 90, 135 e 180 kg N ha⁻¹, na forma de uréia. É importante salientar que o uso das coberturas permitiu uma produtividade de grãos (ton ha⁻¹) semelhante ao milho cultivado sobre pousio com 45 kg N ha⁻¹. Contudo, o uso de coberturas apresentou um retorno líquido inferior (US\$ ha⁻¹ 235,10; 15,99 e -292,60 para feijão caupi, feijão guandu e crotalária, respectivamente) aos tratamentos com pousio, que apresentaram lucros de US\$ ha⁻¹ 324,00; 520,60; 765,80;

1113,00 e 1152,00, para as doses de 0, 45, 90, 135 e 180 kg N ha⁻¹. Mesmo que a rentabilidade tenha sido crescente com o uso do N, os autores atrelaram os melhores resultados a dose de 135 kg N ha⁻¹, pois a partir deste nível os ganhos passam a ser moderados e a receita marginal é pequena. Por fim, os autores ainda salientam a importância das plantas de cobertura para complementar a adubação nitrogenada, principalmente nos Países africanos, cuja adoção e disponibilidade dos fertilizantes ainda é baixa.

Dentro deste escopo, FINE (2018) associou o uso das plantas de cobertura nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.), aveia branca (*Avena sativa* L.) e ervilha (*Vicia sativa* L.) com $\frac{2}{3}$ da dose de N recomendada para produção de milho. Esta alternativa foi mais produtiva e mais lucrativa que o uso da dose completa de N em um sistema sem cobertura. Contudo, é importante salientar que neste estudo o produto comercializado foram as espigas de milho, por se tratar de milho doce. Do mesmo modo, uma pesquisa realizada entre os anos de 2015 e 2016 com mais de mil agricultores americanos, apontou que para $\frac{1}{3}$ dos produtores o uso de culturas de cobertura sucessivamente aumentou a lucratividade da fazenda, enquanto que para apenas 6% a lucratividade diminuiu. Os demais respondentes não perceberam diferenças ou não tem resultados suficientes para embasar uma resposta (CITE e SAVE, 2016). Embora estes dados sejam promissores, em geral, há poucas análises econômicas a longo prazo que avaliem o uso contínuo de culturas de cobertura, somado a isso, questões operacionais, políticas e de experiências anteriores com o insucesso da técnica em uma primeira tentativa são barreiras que contribuem para adoção limitada da prática (BLANCO-CANQUI et al., 2015; ROESCH-MCNALLY et al., 2018).

Os fatores ligados à inviabilidade do uso de culturas de cobertura, em especial, de leguminosas, estão associados principalmente ao seu custo de implantação, que compreende os custos de semente, operação de plantio, dessecação e adubação (BERGTOLD et al., 2017). Estes mesmos autores estimaram (condições norte-americanas) o custo total de US\$ 166,00 ha⁻¹ para implantação de ervilhaca, e que os benefícios diretos obtidos na cultura do milho seriam incapazes de viabilizar o uso. Além disso, o uso de coberturas não fornece um retorno líquido imediato, o que torna necessário o emprego por mais de um ano agrícola (DERPSCH, 2008). Somado a isso, quando os produtores utilizam milho em sucessão as leguminosas, é preciso reduzir a dose de N mineral, caso contrário, os benefícios serão perdidos, ou seja, é preciso uma gestão inteligente e eficiente dos recursos (BERGTOLD et

al., 2012).

O custo elevado da implantação de culturas de cobertura é a principal barreira para adoção deste manejo, porém mesmo que os benefícios imediatos não sejam positivos, a inclusão de culturas de cobertura promove a sustentabilidade e longevidade dos sistemas produtivos (BERGTOLD et al., 2017). Na tentativa de disseminar o uso de coberturas, alguns estados norte-americanos, como Maryland já oferecem uma compensação financeira de até US\$ 185,00 ha⁻¹ aos produtores que plantam culturas de cobertura em sistema de plantio direto (MARYLAND DEPARTMENT OF AGRICULTURE, 2017).

Em última análise, é preciso considerar as peculiaridades locais de cada sistema de produção, uma vez que a realidade norte-americana de subsídio aos produtores dificilmente será implementada no Brasil e que a diversidade edafoclimática produz resultados distintos entre os ambientes. Apesar disto, as expectativas são promissoras e permitem maior resiliência do produtor quanto às oscilações no preço dos fertilizantes nitrogenados, e maior sustentabilidade dos sistemas produtivos. Não obstante, é preciso ter uma visão holística, pois os resultados imediatos podem ser modestos.

De maneira geral, muitos experimentos pecuários e agrícolas não colocam no mesmo patamar os melhores resultados técnicos com a máxima viabilidade econômica, isso justifica cada vez mais a junção destas áreas, pois é preciso produzir de forma sustentável, e a sustentabilidade e longevidade de qualquer sistema produtivo é intimamente dependente da eficiência econômica.

2. CAPÍTULO II

ARTIGOS e/ou MANUSCRITO

Os resultados desta dissertação são apresentados na forma de três manuscritos, com sua formatação de acordo com as orientações do manual de orientação de trabalhos acadêmicos da UDESC.

2.1. – MANUSCRITO I - PRODUÇÃO, COMPOSIÇÃO QUÍMICO-BROMATOLÓGICA E PRODUTIVIDADE ESTIMADA DE LEITE DE PASTAGENS CONSORCIADAS DE ESTAÇÃO FRIA

Autores: Daniel Augusto Barreta, Luiz Alberto Nottar, Dilmar Baretta

De acordo com normas do Manual da UDESC

2.1.1. RESUMO

A consorciação de plantas forrageiras tem por intuito explorar a complementariedade entre as plantas. De maneira geral, as gramíneas têm alta capacidade de produção de matéria seca, enquanto que as leguminosas destacam-se pelo valor nutritivo. Diante desta premissa, o objetivo deste trabalho foi avaliar o rendimento, qualidade químico-bromatológica e produção de leite ha^{-1} de quatro consorciações de aveia preta e leguminosas em detrimento a aveia preta estreme fertilizada com N mineral. Os tratamentos utilizados foram: aveia preta (*Avena strigosa* cv. Embrapa 139) estreme adubada com 200 kg de N ha^{-1} (Av+N); aveia preta + trevo branco (*Trifolium repens* cv. Zapican) (Av+Tb); aveia preta + ervilhaca (*Vicia sativa* cv. SS Ametista) (Av+Er); aveia preta + trevo vermelho (*Trifolium pratense* cv. Estanzuela 116) (Av+Tv) e aveia preta + amendoim forrageiro (*Arachis pintoi* cv. Belmonte) (Av+Am). As espécies foram implantadas em parcelas de 80 m^2 dispostas em um delineamento de blocos casualizados com quatro repetições. As unidades experimentais foram cortadas mecanicamente em três oportunidades, a primeira quando todas as parcelas apresentaram altura média superior a 30 cm, enquanto que os cortes posteriores seguiram um intervalo fixo de 28 dias. As amostras foram agrupadas e analisadas quanto a: proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra insolúvel em detergente neutro (FDN), fibra insolúvel em detergente ácido (FDA), carboidratos não fibrosos (CNF), digestibilidade estimada da matéria seca (DMS) e matéria mineral (MM), além da digestibilidade do FDN em 48 horas (DFDN). A partir das informações de produção de massa seca e da composição químico-bromatológica das pastagens foi possível estimar a produção de leite por área (kg ha^{-1}) por meio do simulador *milk2016*®. Todos os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. A composição químico-bromatológica não diferiu entre os tratamentos Av+N e Av+Er para todos os atributos avaliados. A adubação nitrogenada na cultura da aveia preta permitiu maior rendimento de MS e maior produção de leite por área em relação aos consórcios Av+Er, Av+Tb, Av+Tv e Av+Am. Contudo, esta diferença não ocorreu devido a ganhos no valor nutritivo da forragem e sim pela maior produção de matéria seca, explicada pela maior diferença especialmente na produção do segundo corte.

Palavras-chave: adubação mineral, *Arachis pintoi*, *Avena strigosa*, produção de leite.

2.1.2. INTRODUÇÃO

As regiões subtropicais do planeta apresentam chuvas bem distribuídas ao longo do ano o que não impõe restrições hídricas para o cultivo de pastagens. Em contrapartida, as temperaturas são contrastantes, com períodos de calor entre os meses de outubro e abril e frio entre os meses de maio a setembro. Neste cenário as espécies estivais têm seu potencial de produção limitado, o que justifica o emprego de pastagens de inverno (SBRISSIA et al., 2017; SOARES et al., 2005).

Em se tratando de espécies de inverno, as gramíneas mais utilizadas na região Sul são a aveia preta (*Avena strigosa* Schreb), aveia branca (*Avena sativa* L.) e azevém (*Lolium multiflorum* Lam.), quanto as leguminosas, é comum o uso de ervilhaca (*Vicia sativa* L.), cornichão (*Lotus corniculatus* L.) e os trevos vesiculoso (*Trifolium vesiculosum* Savi) vermelho (*Trifolium pratense* L.) e branco (*Trifolium repens* L.) (FONTANELI; SANTOS; FONTANELI, 2012). Em geral, é comum o cultivo destas espécies de maneira estreme, no caso de leguminosas, ainda podem ser cultivadas como banco de proteínas. Apesar disso, o consórcio de plantas forrageiras pode apresentar resultados positivos quanto a produção de matéria seca (MS) e melhoria na qualidade forrageira (ALONZO et al., 2017; GUZATTI et al., 2015; HANISCH et al., 2016). Nesse sentido DINEEN et al. (2018) realizaram uma meta-análise para avaliar o efeito da inclusão de trevo branco em pastagens de azevém na produção de leite. Os resultados apontaram uma melhora na produção de leite e sólidos com a inclusão da leguminosa (19,7 vs 18,3 kg leite dia⁻¹; 1,48 vs 1,36 kg sólidos dia⁻¹) na pastagem, além disso, os sistemas reduziram em 81 kg ha⁻¹ a aplicação de nitrogênio exógeno. Apesar do importante papel nutricional no dossel forrageiro, o emprego de leguminosas em pastagens de gramíneas estremes também fornece nitrogênio ao sistema, por meio da fixação biológica de nitrogênio realizada pelas bactérias do gênero *Rhizobium*. A transferência deste nitrogênio é realizada pela mineralização da serapilheira da leguminosa, bem como pelo desprendimento dos nódulos, o que torna este nutriente passível de absorção pelas gramíneas (BARBERO et al., 2009).

Além do uso do consórcio, o emprego da adubação nitrogenada também pode guinar as respostas de uma pastagem. Em geral, o emprego de fertilizantes nitrogenados aumenta a produção de MS (COBLENTZ et al., 2017; KILIÇALP et al., 2018) e melhora os teores de proteína bruta (PB) (LAGUNES et al., 2018; WARAMIT; MOORE; FALES, 2012). Em

contrapartida, para outras variáveis, como porcentagem de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), nutrientes digestíveis totais (NDT), degradabilidade e digestibilidade da MS, os resultados são variáveis. Por vezes a adubação nitrogenada pode melhorar estes atributos (ÇOLAK; SANCAK, 2017) como também tornar piores (CECATO et al., 2017) ou não influenciar (COBLENTZ et al., 2017; KILIÇALP et al., 2018).

Em linhas gerais, as leguminosas consorciadas com gramíneas oferecem melhor qualidade químico-bromatológica do dossel, enquanto que o uso do nitrogênio está mais atrelado ao aumento da produção de massa. Logo, a produção animal em pastagem, leia-se carne, leite ou lã, é o resultado da combinação entre o valor nutricional do pasto com a oferta de forragem (ARANHA et al., 2018). Neste sentido, muitos pesquisadores já implementaram esforços para sumarizar estas variáveis (SHENK, 1975; UNDERSANDER; HOWARD; SHAVER, 1993). Mais recentemente, UNDERSANDER et al. (2013) desenvolveram equações baseadas majoritariamente no National Research Council (2001) para predição da produção de leite por tonelada de pastagem. Deste modo, a estimativa de leite produzido (kg ha^{-1}) combina a produção de forragem (ton ha^{-1}) com as características bromatológicas da pastagem em um único indicador, o que permite comparar diferentes pastagens em um índice comum. Por se tratar de um índice recente, são escassos trabalhos que apresentam este tipo de resposta com o uso de pastagens consorciadas, especialmente nas condições climáticas da região Sul do Brasil.

Baseado nas premissas descritas até o momento, o objetivo deste trabalho foi avaliar o rendimento, qualidade químico-bromatológica e produção de leite ha^{-1} de quatro consorciações de aveia preta e trevo branco, trevo vermelho, ervilhaca e amendoim forrageiro em detrimento a aveia preta estreme adubada com 200 kg N ha^{-1} .

2.1.3. MATERIAL E MÉTODOS

2.1.3.1. Local do experimento

O experimento foi realizado na Fazenda Experimental do Centro de Educação Superior do Oeste (FECEO-UDESC), localizada no município de Guatambú-SC ($27^{\circ}09'07.0''\text{S}$, $52^{\circ}47'19.1''\text{O}$, altitude de 510 m). O clima da região, de acordo com a classificação de KÖPPEN é temperado úmido com verão quente (Cfa) (ALVARES et al.,

2013) e o solo é considerado um Latossolo Vermelho distrófico (EMBRAPA, 2013). A área experimental era previamente ocupada por uma pastagem perene estival (*Cynodon dactylon* cv. Jiggs) a qual foi dessecada em duas oportunidades, 21 (08/04/2017) e 34 (21/04/2017) dias antes da implantação do experimento com o uso de 1860 g de ingrediente ativo ha⁻¹ de glifosato. A correção do pH foi realizada por meio da aplicação de calcário calcítico, no dia 07/04/18, de acordo com as recomendações do CQFS – RS/SC (2016). A caracterização dos parâmetros químicos do solo foi realizada de acordo com a metodologia proposta por TEDESCO et al. (1995) e está disponível na Tabela 1. Os dados pluviométricos estão disponíveis na Figura 1.

2.1.3.2. Tratamentos

A implantação do experimento ocorreu no dia 12/05/2017, as culturas foram semeadas em canteiros de 80 m² (10 x 8 m), com corredores de 1 m entre as parcelas. Os tratamentos consistiram em quatro diferentes consorciações de gramínea e leguminosa e um cultivo de gramínea estreme, logo, foram avaliados cinco tratamentos, cada qual, com quatro repetições ordenadas em uma distribuição de blocos casualizados (DBC). Os tratamentos foram: aveia preta (*A. strigosa* cv. Embrapa 139) estreme adubada com 200 kg de N ha⁻¹ (Av+N); aveia preta + trevo branco (*T. repens* cv. Zapican) (Av+Tb); aveia preta + ervilhaca (*V. sativa* cv. SS Ametista) (Av+Er); aveia preta + trevo vermelho (*T. pratense* cv. Estanzuela 116) (Av+Tv); e aveia preta + amendoim forrageiro (*A. pintoi* cv. Belmonte) (Av+Am). A densidade de semeadura utilizada foi de 70; 3; 8 e 60 kg de semente ha⁻¹, para aveia preta, trevo branco, trevo vermelho e ervilhaca, respectivamente. A aveia foi semeada manualmente em todas as parcelas, seguida de uma gradagem superficial com o uso de uma grade de discos. O mesmo procedimento foi realizado para as leguminosas, no entanto a operação foi realizada com o equipamento fechado, para promover um revolvimento mínimo do solo. Quanto ao amendoim forrageiro, este foi implantado por meio de mudas distribuídas com espaçamento de 0,4 m entre mudas e 0,5 m entre linhas.

A adubação seguiu as recomendações do CQFS - RS/SC (2016) para consorciações de inverno, com a mesma dose de adubação para P e K. Quanto a adubação nitrogenada, apenas a aveia estreme foi fertilizada com 200 kg N ha⁻¹, subdivididos em quatro oportunidades, 30 kg N ha⁻¹ na base (semeadura), 56 kg N ha⁻¹ no perfilhamento

(29/06/2017) e 57 kg N ha⁻¹ após o primeiro e segundo corte, nos dias 17/07/2017 e 15/08/2017, respectivamente. Todas as aplicações foram realizadas manualmente e com condições climáticas favoráveis.

2.1.3.3. Coleta e avaliação químico-bromatológica das amostras

Como critério para tomada de decisão quanto ao primeiro corte da aveia, adotou-se como requisito de que todas as parcelas tivessem uma altura média de plantas de pelo menos 30 cm. Após o primeiro corte, adotou-se um intervalo de 28 dias entre os próximos cortes. Nestes momentos foram coletadas as amostras de pastagem por meio do “método do quadrado” (SALMAN et al., 2006) com 0,25 m² de área útil. Posteriormente, a área total da parcela foi cortada afim de manter uma altura de resíduo de 10 cm, com o objetivo de simular o pastejo. Os cortes foram realizados nos dias 17/07/2017, 14/08/2017 e 11/09/2017 respectivamente. Todas as amostras coletadas foram encaminhadas ao laboratório no qual procedeu-se a separação de espécies e em seguida a secagem do material em estufa com circulação forçada de ar a 55 °C até peso constante (925.09; AOAC, 1990). Em seguida as amostras foram moídas em moinho tipo Willey com peneira de 1 mm e congeladas para posterior análise.

De posse dos dados de produção de MS ha⁻¹ de cada repetição, uma fração proporcional de cada corte (três cortes) foi agrupada para compor uma amostra composta, ou seja, 60 amostras (20 repetições e três cortes) foram sintetizadas em 20 amostras. Estas amostras foram analisadas por meio do método de Espectrometria de Refletância por Infravermelho Próximo (NIRS) descrito por MARTEN et al. (1989). Os parâmetros estimados foram: proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra insolúvel em detergente neutro (FDN), fibra insolúvel em detergente ácido (FDA), carboidratos não fibrosos (CNF), digestibilidade estimada da matéria seca (DMS) e matéria mineral (MM), consumo estimado da matéria seca (CEMS) além da digestibilidade do FDN em 48 horas (DFDN) pelo método descrito por GOESER e COMBS (2009).

2.1.3.4. Estimativa da produção de leite e análise estatística

A partir dos resultados químico-bromatológicos, associados a produção de massa seca da pastagem (ton ha⁻¹) foi possível estimar a produção de leite por tonelada de pastagem (kg ton⁻¹ MS), assim como a produção de leite por área (kg ha⁻¹) por meio do simulador

Milk2016® (UNDERSANDER et al., 2016). Este programa é uma versão atualizada das planilhas *Milk95* (UNDERSANDER; HOWARD; SHAVER, 1993) e *Milk2006* (SHAVER et al., 2006). O simulador utiliza as informações de porcentagem de MS, PB, FDN, porcentagem de leguminosas na mistura e a digestibilidade total do FDN. Conforme descrito por SHAVER et al. (2001) o funcionamento do programa baseia-se na estimativa do conteúdo energético da pastagem por meio equações do NRC (2001) e da ingestão potencial de forragem em virtude da FDN e da digestibilidade da FDN. Na sequência os dados foram avaliados de acordo com a normalidade pelo teste de Kolmogorov-Smirnov e para homogeneidade de variâncias pelo teste de Cochran. Na sequência os dados foram submetidos à análise de variância e ao teste de comparação de médias de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando-se SAS (2000).

2.1.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de produção total de matéria seca (ton ha^{-1}) e a contribuição de cada espécie na composição do dossel pode ser encontrada na Tabela 2. Já a distribuição da produção ao longo dos cortes pode ser visualizada na Figura 1.

Do ponto de vista da produtividade de MS a produção de aveia adubada com 200 kg N ha^{-1} foi superior aos demais tratamentos (Tabela 2). O nitrogênio é o nutriente que mais limita o crescimento das plantas forrageiras nos sistemas pastoris (WHITEHEAD et al., 1995). Assim, a maior produção de massa do tratamento com o uso de N mineral era uma hipótese do trabalho, devido a rápida disponibilização do nutriente para a planta. Outros autores já verificaram resultados semelhantes, no qual o aporte de nitrogênio mineral aumentou a produção de forragem em pastagens consorciadas de gramíneas e leguminosas (KILIÇALP et al., 2018) ou exclusivas de gramíneas (COBLENTZ; JOKELA; CAVADINI, 2016), assim como incrementos no ganho de peso por área e na taxa de lotação (CECATO et al., 2017). Além disso, BARBERO et al. (2009) frisam que o uso de consorciações de gramíneas e leguminosas incrementam a produção da pastagem, porém não permite uma comparação equivalente a pastagens estromes de gramíneas com altas doses de adubação nitrogenada.

Desta forma, o suprimento insuficiente de N no sistema foi o fator limitante para a produção de massa dos consórcios. Este efeito foi incrementado pelo lento estabelecimento

das leguminosas, baixa participação no dossel e curto período de avaliação, fatores que somados impediram a promoção de uma relação simbiótica mais intensa entre as plantas (LOUARN et al., 2016; PIRHOFER-WALZL et al., 2012).

Em um experimento com três anos de cultivo de azevém e trevo branco realizado na França LOUARN et al. (2015) verificaram que a leguminosa transferiu cerca de 147 kg N ha^{-1} para a cultura do azevém, contudo o trevo branco correspondia a cerca de 60% do dossel. Não obstante, em um mesmo consórcio na Dinamarca, cerca de 40% do conteúdo de N do azevém era oriundo do trevo branco, todavia, o consórcio estava estabelecido há três anos (RASMUSSEN et al., 2007).

Quanto aos dados produtivos, em um experimento semelhante a este, porém com dose de $80 \text{ kg de N ha}^{-1}$ CARVALHO et al. (2018) verificaram uma produção de $3827 \text{ kg MS ha}^{-1}$ de aveia preta em três cortes, resultado muito semelhante ao obtido neste trabalho. Em contrapartida, no consórcio com ervilhaca, os resultados dos autores foram substancialmente superiores alcançando $3010 \text{ kg MS ha}^{-1}$. Mesmo assim, a produção do consórcio aveia + ervilhaca aumentou quando esta foi submetida à adubação nitrogenada, o que reforça as afirmações citadas anteriormente.

Em relação à participação das leguminosas no dossel forrageiro, as consorciações que contém amendoim forrageiro e trevo branco estão muito abaixo do recomendado (Tabela 2). Embora as recomendações são variáveis entre os autores, concentram-se entre 12 e 23% (CADISH, SCHUNKE, GILLER, 1994), 30 e 50% (LUSCHER et al., 2014) e 40% (HARRIS et al., 1998). Estes resultados são decorrentes de uma série de fatores. No caso do amendoim, seu plantio é indicado na estação da primavera e a maior produção de massa está concentrada nos meses mais quentes e chuvosos do ano, enquanto que no inverno seu desenvolvimento praticamente cessa, deste modo, o resultado já era uma hipótese do trabalho (FONTANELI, FONTANELI, SANTOS, 2012; ZIECH et al., 2016).

Quanto ao trevo branco, esta é uma espécie de estabelecimento lento, logo a sua produção é mais concentrada na primavera (TAMBARA et al., 2017). Além disso, outro fator que influencia na participação destas plantas no dossel forrageiro é que elas são rizomatosas e de crescimento prostrado, logo, a altura de corte de 10 cm favoreceu a amostragem das demais espécies, que tem hábito de crescimento ereto (PARIS et al., 2008).

No presente estudo, não foram verificadas diferenças entre os tratamentos para as variáveis EE, FDN, FDA, digestibilidade estimada da MS e digestibilidade do FDN (48h) (Tabela 3). O menor percentual de MS da aveia estreme adubada em relação aos demais tratamentos pode estar relacionado com a adubação, pois o nitrogênio promove o alongamento das folhas e aumenta a taxa de desenvolvimento das mesmas (PEREIRA et al., 2012). Logo, folhas novas são mais tenras, e apresentam maior percentual de água na sua composição.

O teor de PB foi superior no consórcio de aveia preta com ervilhaca e aveia preta estreme com adubação nitrogenada em relação aos demais consórcios (Tabela 3). O uso da adubação nitrogenada responde diretamente no percentual de proteína bruta das plantas, o que explica os teores encontrados neste experimento. Este fato já foi verificado tanto em gramíneas temperadas, como a aveia e azevém (CASSOL et al., 2011; ÇOLAK e SANCAK, 2017), como em gramíneas tropicais (CECATO et al., 2017, LAGUNES et al., 2018). O valor encontrado é próximo ao retratado por CARVALHO et al. (2018) de 21.7% no ano de 2014 com o uso de 80 kg N ha⁻¹ e superior ao reportado por COBLENTZ et al. (2017) de 17,3% com uso de 100 kg N ha⁻¹. Contudo, estes autores verificaram um incremento linear na PB, o que sugere que doses acima de 100 kg poderiam incrementar os teores proteicos.

Embora não tenha sido realizada a avaliação bromatológica separada por espécies, a participação de cerca de 20% da ervilhaca no dossel foi eficiente em incrementar o teor protéico do consórcio, isto porque a ervilhaca é uma das leguminosas com maior teor de N. ÇETIN & TURK (2016) verificaram cerca de 22,5% de PB para ervilhaca no início do florescimento, não obstante AKDENIZ et al. (2018) verificaram teores de proteína superior a 26% em quatro cultivares avaliadas, além disso, os autores reiteram que o uso desta espécie é promissora para a nutrição animal em pastagem. Os teores de PB também foram superiores em uma pastagem de capim bermuda (*Cynodon dactylon* cv. Coastcross) em consórcio com ervilhaca + 75 kg de N ha⁻¹ comparado ao capim bermuda adubado com 150 kg de N ha⁻¹ (OLIVO et al., 2016). Quanto aos demais consórcios, o amendoim forrageiro e o trevo branco praticamente não incrementaram o dossel forrageiro, logo, a amostragem era majoritariamente composta por aveia, sem adubação nitrogenada.

Em relação ao consórcio com a presença de trevo, embora sua participação seja semelhante a ervilhaca, não foi suficiente para elevar significativamente a PB do consórcio.

O trevo vermelho é uma leguminosa que pode variar bastante o conteúdo de PB, entre 13,9 e 30,1% (CLAVIN et al. 2016). ELGERSMA & SØEGAARD (2018) ao avaliarem somente o trevo vermelho em uma pastagem mista com azevém verificaram 21,25% de PB da leguminosa. Nossos resultados são semelhantes aos encontrados por BROWN et al. (2017) que em uma mistura de gramíneas de inverno verificaram um teor maior de PB quando estas foram consorciadas com ervilhaca em relação ao consórcio com trevo encarnado (*T. incarnatum*). Em contraponto ao resultado de PB, o % de CNF foi superior nos consórcios Av+Tb e Av+Tv em relação a Av+N (Tabela 3). Os tratamentos Av+Er e Av+Am não diferiram dos demais consórcios. Este resultado pode estar atrelado justamente a adubação nitrogenada. Pois embora o efeito do N não seja igual para todas as plantas, normalmente está correlacionado a um aumento na PB, o que requer uma redução de outros constituintes da planta, geralmente parede celular ou carboidratos solúveis, que são componentes do FDN e FDA (VAN SOEST, 1982).

Os resultados de MM tiveram um comportamento semelhante aos de PB, de modo que o consórcio de Av+Er e Av+N apresentaram os maiores valores (Tabela 3). Estes valores são superiores aos reportados por CARVALHO et al. (2018) de 9,27 e 8,89% para aveia adubada 80 kg N ha⁻¹ e consorciada com ervilhaca sem o uso de N, respectivamente. O aumento nos teores de matéria mineral com o uso de altas doses de N já foi relatado por outros autores (COBLENTZ et al., 2017; KILIÇALP et al., 2018). HUNT et al. (1973) verificaram uma maior absorção de N e K mediante o uso de doses de nitrogênio, isto porque o K é o elemento que mais acompanha o N na sua translocação do solo à raiz. Contudo, um efeito contrario foi verificado por ARMELIN et al. (2007) nos teores de Ca, Cs, Fe, La, Mg, Rb, Sc, Sm e Th em uma pastagem de *Brachiaria decumbens* adubada com N e K. Os autores atrelaram o fato a um efeito de diluição dos minerais na massa de forragem. Não obstante, estas afirmações vêm de encontro com o relatado por CONRAD (1978), de que o conteúdo mineral das plantas é bastante variável e inconsistente devido a mudanças do estágio de crescimento, condições climáticas e de fertilizade de solo.

A fibra que compõe as frações FDN e FDA das pastagens é nutricionalmente definida como a fração dos alimentos que é indigestível ou de lenta digestão, logo, ocupa espaço no trato gastrointestinal dos animais (MERTENS, 1997). Embora a digestibilidade da MS tenha sido semelhante entre os tratamentos, o consumo estimado de MS (% PV) diferiu entre os

consórcios, e foi menor para o tratamento Av+Am em relação a Av+Er e Av+N (Tabela 3). Entre as razões possíveis, podemos destacar a ligeira tendência de um teor maior de FDN no tratamento Av+Am em relação a Av+Er e Av+N (50,71 vs. 46,03 e 45,65, respectivamente). Nesse sentido, supõe-se que a diferença sutil do FDN do consórcio Av+Am em relação aos consórcios Av+Er e Av+N não seja suficientemente aguda para modificar a digestibilidade da MS, todavia, é capaz de reduzir a capacidade de consumo da pastagem. Essa afirmação é baseada no fato de que o FDN é a variável mais prática para prever o consumo de MS pelos ruminantes (WALDO, 1986), tanto que MERTENS (1985) relata que o consumo voluntário de vacas leiteiras é de até 1,2% do PV em FDN. Dentro deste escopo, ALLEN (2000) infere que quando os teores de FDN da dieta de vacas leiteiras são maiores que 25%, há um decréscimo linear na ingestão de matéria seca.

A porção fibrosa das pastagens também exerceu influência nos teores de NDT. De modo que já foram propostas diversas formas de estimar esta fração, $NDT = 105,2 - 0,66 * FDN$ (CHANDLER, 1990), $NDT = -1,291 * FDA + 101,35$ (HORROCKS; VALLENTINE, 1999), $NDT = 83,79 - 0,4171 * FDN$ (CAPPELE et al., 2001). Neste sentido, a partir do pressuposto anterior, de que o nitrogênio mineral promoveu uma ligeira redução da fração fibrosa da aveia, é possível explicar o maior percentual de NDT para o tratamento Av+N em relação aos tratamentos Av+Tb e Av+Tv. Este efeito não foi verificado em pastagens de sorgo adubado com doses crescentes de N (SHER et al., 2016; TANG et al., 2018). Os valores encontrados neste trabalho são superiores aos reportados por YILMAZ et al. (2015) de 56,6% em um consórcio de cevada e ervilhaca. Também são superiores ao reportado por HIRAI et al. (2014) de 50,49% NDT em uma pastagem de aveia e ervilhaca e de JAT et al. (2017) de 63% para aveia adubada com 110 kg N ha^{-1} . Porém são inferiores ao reportado por HANISCH et al. (2015) de 70% para o consórcio de azevém e ervilhaca. Deste modo, são valores considerados compatíveis com os resultados de outros autores.

A produção de leite por tonelada de forragem ($\text{kg ton}^{-1} \text{ MS}$) foi semelhante entre os tratamentos (Tabela 4), embora vários componentes da avaliação químico-bromatológico tenham sido diferentes. Entre eles, a PB, que segundo o NRC (2001) promove ganhos na produção de leite até níveis de 23% de PB na dieta. O resultado semelhante na produção de leite pode estar atrelado a alta qualidade das cinco espécies hibernais utilizadas. Haja visto que as espécies de clima temperado possuem um alto valor nutricional (SBRISSIA et al.,

2017). Neste sentido, ENRIQUEZ-HIDALGO et al. (2014) dispuseram 30 vacas holandesas em dois tratamentos, o primeiro grupo permaneceu em pastagem composta apenas por dois genótipos de azevém (tetraploide e diploide, na proporção 50:50), enquanto o segundo grupo foi alocado em uma pastagem também com a mistura de azevéns, porém com 20% de trevo branco. Os animais receberam apenas 1 kg de concentrado/animal/dia e a produção de leite foi mensurada por 198 dias. Os autores não verificaram diferenças na produção de leite (19,0 vs 19,8 kg dia⁻¹), consumo de matéria seca (15,0 vs 16,5 kg dia⁻¹) e produção de sólidos (1,14 vs 1,19 kg dia⁻¹) para a pastagem estreme e mista, respectivamente, o que ressalta a qualidade destas espécies. Em contrapartida, um aspecto negativo das pastagens hibernais é a menor produção de biomassa de forragem em comparação com as estivais (SBRISSIA et al., 2017). Contudo, o uso da adubação nitrogenada é capaz de proporcionar um incremento expressivo na produtividade das pastagens, em especial, da aveia e atenuar esta desvantagem (CASSOL et al., 2011).

Este incremento substancial na produção de MS foi verificado no tratamento Av+N, logo, a produtividade de leite por área (kg ha⁻¹) foi superior neste tratamento em relação aos demais, claramente guinado pela alta produção de massa (Tabela 4). Acredita-se que o incremento na produção de leite causado pelo uso do N em relação à média dos demais tratamentos (4325 vs. 3001 kg ha⁻¹) poderia promover maior rentabilidade do sistema, haja visto que o acréscimo de produção de leite foi na ordem de 42–45% em relação aos consórcios. Em termos práticos, DINEEN et al. (2018) realizaram uma meta-análise dos resultados de 15 artigos publicados entre os anos de 1985 e 2015 para avaliar o efeito da inclusão de trevo branco em pastagens de azevém. Os autores não verificaram diferenças na produção de leite e de sólidos por hectare em função da inclusão do trevo branco. Isso deixa claro que para uma produção maior de leite ha⁻¹ nos sistemas à base de pasto é imprescindível uma maior produção de pastagem (ELGERSMA; SØEGAARD, 2018). Não obstante, HANRAHAN et al. (2018) verificaram uma associação positiva entre incrementos de lucratividade e produção adicional de pastagem na Irlanda.

Neste sentido, uma versão mais antiga deste simulador (*Milk2006*) (SHAVER et al., 2006) foi utilizado para avaliar o efeito de diferentes alturas de corte em pastagem de azevém e festuca nos EUA. As alturas de corte de 2,5; 5,0 e 7,5 cm proporcionaram a maior produção de massa em relação as alturas de 10; 12,5 e 15 cm. De modo que a produção de leite ha⁻¹

seguiu a mesma tendência da produção de matéria seca. (HAMILTON et al., 2013). Em contrapartida, ao avaliar o efeito da altura de corte do milho na produção de silagem, os autores perceberam que ao elevar a altura de 13 para 46 cm, a produção de matéria seca decresceu cerca de 5-10%. Contudo, o rendimento de leite por área foi similar entre os tratamentos (NEYLON & KUNG, 2003) devido ao aumento da qualidade da silagem no corte alto, principalmente em termos de digestibilidade da fração fibrosa (FERRARETTO; SHAVER; LUCK, 2018).

Por meio desta medida de produtividade de leite ha^{-1} , OPSI et al. (2013) também verificaram alterações no rendimento leiteiro em virtude de características como a cultivar e a data de plantio do milho para silagem. No Brasil, a primeira versão deste simulador (*Milk95*) (UNDERSANDER; HOWARD; SHAVER, 1993) foi utilizada para comparar a produtividade de leite (kg ha^{-1}) da silagem de 21 híbridos de milho na Região Sul. Em Chapecó (SC) e Ijuí (RS) o rendimento foi semelhante entre os híbridos. Enquanto isso, em outros cinco locais, a produtividade de leite diferiu entre os híbridos (MITTELMANN et al., 2005). Estudos semelhantes também foram desenvolvidos na Região Sudeste (OLIVEIRA et al., 2003).

Mais recentemente, por meio do simulador *Milk2016* (UNDERSANDER; COMBS; SHAVER, 2013), foram verificados resultados semelhantes aos encontrados neste estudo (ANDRZEJEWSKA et al., 2018). Os autores avaliaram durante dois anos os cultivos puros de trevo caucasiano (*T. ambiguum* cv. Bieb) e azevém italiano (*Lolium multiflorum* Lam.) assim como o cultivo consorciado. No segundo ano de implantação as pastagens foram colhidas três vezes e o cultivo estreme de gramínea foi fertilizado com 150 kg N ha^{-1} . A produção de leite por tonelada de MS foi superior no cultivo da leguminosa estreme, devido ao alto valor nutritivo da forragem. Contudo, a produção de MS foi determinante e conduziu o resultado a maior produção de leite por área (kg ha^{-1}) para o cultivo fertilizado com N, seguido pelo consórcio e por fim, a leguminosa estreme. Vale ressaltar que os resultados verificados pelos autores são superiores ao deste estudo, no qual o azevém fertilizado proporcionou uma produção de leite de $1518 \text{ kg ton}^{-1} \text{ MS}$, 37 % superior ao encontrado nesse trabalho ($1102 \text{ kg ton}^{-1} \text{ MS}$).

2.1.5. CONCLUSÃO

A adubação nitrogenada na cultura da aveia preta permite maior rendimento de MS e maior produção de leite por área em relação aos consórcios de aveia preta com ervilhaca, trevo branco, trevo vermelho ou amendoim forrageiro sem o uso de fertilizante mineral nitrogenado. Contudo, esta diferença não ocorreu devido a ganhos no valor nutritivo da forragem e sim pela maior produção de matéria seca, explicada pela maior diferença especialmente na produção do segundo corte.

Apesar disto, seria interessante considerar um tempo mais longo de avaliação, que permita um melhor estabelecimento das leguminosas. Além disto, é necessário um olhar mais holístico do sistema, que avalie também os riscos ambientais do uso do N mineral.

2.1.6. REFERÊNCIAS

- AKDENIZ, H. et al. Nutritional values of four hairy vetch (*Vicia villosa* roth) varieties grown under mediterranean environment. **Fresenius Environmental Bulletin**, v. 27, p. 5385-5390, 2018.
- ALLEN, M. S. Effects of Diet on Short-Term Regulation of Feed Intake by Lactating Dairy Cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 83, p. 1598-1624, 2000.
- ALONZO, L. A. G. et al. Amendoim forrageiro manejado com baixos resíduos de pastejo por ovinos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 69, p. 173-180, 2017.
- ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, p. 711-728, 2013.
- ANDRZEJEWSKA, J. et al. Performance of Kura clover compared to that of perennial forage legumes traditionally cultivated in central Europe. **Crop Science**, v. 58, p. 443-449, 2018.
- AOAC. Association of Official Analytical Chemistry. **Official methods of analysis**. 15 ed. Virginia: Association of Analytical Chemists. 1990. 287p.
- ARANHA, A. S. et al. Performance, carcass and meat characteristics of two cattle categories finished on pasture during the dry season with supplementation in different forage allowance. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 70, p. 517-524, 2018.
- ARMELIN, M. J. A. et al. Effect of liming and fertilizer on mineral content and productivity of *Brachiaria decumbens* grass forage. **Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry**, v. 271, p. 221-224, 2007.

BARBERO, L. M. et al. Produção de forragem e componentes morfológicos em pastagem de coastcross consorciada com amendoim forrageiro. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 788-795, 2009.

BROWN, A. N. et al. Nutritional composition and in vitro digestibility of grass and legume winter (cover) crops. **Journal Dairy Science**, v.101, p. 1–11, 2017.

CADISH, G.; SCHUNKE, R. M.; GILLER, K. E. Nitrogen cycling in a pure grass pasture and a grass-legume mixture on a red latosol in Brazil. **Tropical Grasslands**, v. 28, p. 43-52, 1994.

CAPPELLE, E. R.; VALADARES FILHO, S. C.; SILVA, J. F. C. et al. Estimativas do valor energético a partir de características químicas e bromatológicas dos alimentos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, p.1837-1856, 2001.

CARVALHO, J. P. F de. et al. Production and bromatological composition of black oat cultivated with vetch when submitted to nitrogen fertilization in above sowing in the pasture of tifton 85. **Journal of Agricultural Science**, v. 10, p. 328-334, 2018.

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

CECATO, U. et al. Animal performance, production, and quality of Tanzania grass fertilized with nitrogen. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 38, p. 3861-3870, 2017.

ÇETIN, I.; TURK, M. The effects of different harvest times on forage yield and quality of some vetch (*Vicia spp.*) species. **Scientific Papers**, v. 59, p. 251-256, 2016.

CHANDLER, C. Energy prediction of feeds by forage testing explored. **Feedstuffs**, v. 62, p. 1-12, 1990.

CLAVIN, D. Red clover for silage: management impacts on herbage yield, nutritive value, ensilability and persistence, and relativity to perennial ryegrass. **Grass and Forage Science**, v. 72, p. 414-431, 2016.

COBLENTZ, W. et al. Net effects of nitrogen fertilization on the nutritive value and digestibility of oat forages. **Journal Dairy Science**, v. 100, p. 1-12, 2017.

COBLENTZ, W.; JOKELA, W.; CAVADINI, J. S. Production and nitrogen use efficiency of oat forages receiving slurry or urea. **Agronomy Journal**, v. 108, p. 1390-1404, 2016.

ÇOLAK, E.; SANCAK, C. The effect of nitrogen fertilizer doses on herbage quality of Italian ryegrass (*Lolium italicum* L.) cultivars. **Mediterranean Agricultural Sciences**, v. 30, p. 245-251, 2017.

CONRAD, J. H. Soil, plant and animal tissues as predictors of the mineral status of ruminants. In: CONRAD, J. H.; McDOWELL, L. R. **Latin American Symposium on Mineral Nutrition Research with Grazing Ruminants**. University of Florida, Gainesville, Florida. p. 143–148, 1978.

CQFS – Comissão de Química e Fertilidade de Solo – RS/SC. **Manual de calagem e adubação para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 11. ed. 2016.

DINEEN, M. et al. Meta-analysis of the effect of white clover inclusion in perennial ryegrass swards on milk production. **Journal Dairy Science**. v. 101, p. 1-13, 2018.

ELGERSMA A.; SØEGAARD, K. Changes in nutritive value and herbage yield during extended growth intervals in grass–legume mixtures: effects of species, maturity at harvest, and relationships between productivity and components of feed quality. **Grass Forage Science**, v. 73, p. 78-93, 2018.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-Embrapa Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3. ed. Brasília, 2013, 353 p.

ENRIQUEZ-HIDALGO, D. et al. Milk production and enteric methane emissions by dairy cows grazing fertilized perennial ryegrass pasture with or without inclusion of white clover. **Journal Dairy Science**. v. 97, p. 1400-1412, 2014.

FERRARETTO, L. F.; SHAVER, R. D.; LUCK, B. D. Silage review: Recent advances and future technologies for whole-plant and fractionated corn silage harvesting. **Journal Dairy Science**, v. 101, p. 3937–3951, 2018.

FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P. dos; FONTANELI, R. S. **Forrageiras para Integração Lavoura-Pecuária-Floresta na Região Sul-brasileira**. 2. ed. Brasília: Embrapa, 2012. 544p.

GOESER, J. P.; COMBS, D. K. An alternative method to assess 24-h ruminal in vitro neutral detergent fiber digestibility. **Journal Dairy Science**, v. 92, p. 3833-3841, 2009.

GUZATTI, G. C. et al. Aspectos qualitativos e produção de biomassa em pastos de aveia e azevém cultivados puros ou consorciados e submetidos a pastejo leniente. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 67, n.5, p.1399-1407, 2015.

HAMILTON, S. A. et al. Stubble Height Management Changes the Productivity of Perennial Ryegrass and Tall Fescue Pastures. **Agronomy Journal**, v. 105, p. 557-562, 2013.

HANISCH, A. L. et al. Produção, composição botânica e composição química de missioneira-gigante consorciada com leguminosas perenes. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 11, p. 60-66, 2016.

HANISCH, A. L. et al. Produção de forragem em ecossistema associado de caíva em função da aplicação de cinza calcítica e fosfato natural no solo. **Agropecuária Catarinense**, v.27, p. 62-67, 2015.

HANRAHAN, L. et al., Factors associated with profitability in pasture-based systems of milk production. **Journal Dairy Science**. v. 101, p.5474–5485, 2018.

HARRIS, S. L. et al. Effects of white clover content in the diet on herbage intake, milk production and milk composition of New Zealand dairy cows housed indoors. **Journal of Dairy Research**. v. 65, p. 389-400, 1998.

HIRAI, M. M. G. et al. Características de carcaça e qualidade da carne de novilhos terminados em pastagem de aveia branca. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, p. 2617-2628, 2014.

HORROCKS, R.D.; VALLENTINE, J. F. **Harvested Forages**. London: Elsevier Science, 1999, 426p.

HUNT, I. V. Studies of response to fertilizer nitrogen. **Journal British Grassland Society**, v. 28, p. 171, 1973.

KILIÇALP, N. et al. Botanical Composition and In Situ Dry Matter Degradability of Legume- Grass Mixture Pasture Fertilized with Different Amounts of Nitrogen. **Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology**, v. 6, p. 16-21, 2018.

LAGUNES, F. I. J. et al. In vitro ruminal degradation of neutral detergent fiber insoluble protein from tropical pastures fertilized with nitrogen. **Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias**, v. 9, p. 589-600, 2018.

LOUARN, G. et al. The amounts and dynamics of nitrogen transfer to grasses differ in alfalfa and white clover-based grass-legume mixtures as a result of rooting strategies and rhizodeposit quality. **Plant Soil**, v. 389, p. 289–305, 2015.

LUSCHER A. et al. Potential of legume-based grassland–livestock systems in Europe: a review. **Grass and Forage Science**. v. 69, p. 206–228, 2014.

MARTEN, G. C. et al. Near Infrared Reflectance Spectroscopy (NIRS): Analysis of Forage Quality. **Agriculture Handbook**, v. 643: 1-110. 1989.

MERTENS, D. R. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. **Journal Dairy Science**, v. 80, p. 1463 - 1481, 1997.

MERTENS, D.R. Factors influencing feed intake in lactating cows: From theory to application using neutral detergent fiber. **In: GA NUTRITION CONFERENCE**, 46, 1985, Athens. Proceedings... Athens: University of Georgia, 1985. p. 1-18.

MITTELMANN, A. et al. Avaliação de híbridos comerciais de milho para utilização como silagem na Região Sul do Brasil Principais espécies forrageiras. **Ciência Rural**, v. 35, p. 684-690, 2005.

NEYLON, J. M.; KUNG, J. L. Effects of cutting height and maturity on the nutritive value of corn silage for lactating cows. **Journal Dairy Science**, v.86, p. 2163-2169, 2003.

NRC, **Nutrient Requirements of Dairy Cattle**. 7 ed. Washington: National Academies Press, 2001. 381p.

OLIVEIRA, J. S. et al. Potencial de utilização de híbridos comerciais de milho para silagem, na região Sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.2, p. 62-71, 2003.

OLIVO, C. J. et al. Forage mass and nutritive value of bermuda grass mixed to forage peanut or common vetch. **Acta Scientiarum**, v. 38, p. 255-260, 2016.

OPSI, F. et al. Influence of cultivar, sowing date and maturity at harvest on yield, digestibility, rumen fermentation kinetics and estimated feeding value of maize silage, **Journal of Agricultural Science**, v. 151, p. 740–753, 2013.

PARIS, W. Produção e qualidade de massa de forragem nos estratos da cultivar coastcross-1 consorciada com *Arachis pinto* com e sem adubação nitrogenada. **Acta Scientiarum**, v. 30, p. 135-143, 2008.

PEREIRA, L. E. T. et al. Produção de forragem em pastagem de bermuda sobre-semeada com aveia e azevém. **Ciência Rural**, v. 38, p. 457-462, 2008.

PIRHOFER-WALZL, K. et al. Nitrogen transfer from forage legumes to nine neighbouring plants in a multi-species grassland. **Plant Soil**, v. 350, p. 71–84, 2012.

RASMUSSEN, J. et al. *In situ* carbon and nitrogen dynamics in ryegrass-clover mixtures: Transfers, deposition and leaching. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 39, p.804-815, 2007.

SALMAN, A. K. D.; SOARES, J. P. G.; CANESIN, R. C. Métodos de amostragem para avaliação quantitativa de pastagens. **Circular técnica 84**, Rondônia: Embrapa Rondônia, 2006. 6p.

SBRISSIA, A. F. et al. produção animal em pastagens cultivadas em regiões de clima temperado da América Latina. **Archivos Latinoamericanos de Producción Animal**, v. 25, p. 47-60, 2017.

SHAVER, R. D. et al. Milk: Combining yield and quality into a single term. **Departments of Dairy Science and Agronomy**, University of Wisconsin, Madison, University of Wisconsin-Extension. 2001.

- SHAVER, R. D. et al. MILK2006 corn silage: Calculates TDN-1x, NEL-3x, milk per ton, and milk per acre. **University of Wisconsin - Extension**, 2006.
- SHENK, J. S. Forage Breeding Guidelines for the Potential Economic Benefits of Improving Yield and Quality. **Agronomy Journal**, v. 67, p. 237-240, 1975.
- SHER, A. et al. Enhancing forage quality through appropriate nitrogen dose, seed rate and harvest stage, in sorghum cultivars grown in Pakistan. **Japanese Society of Grassland Science**, v. 63, p. 15-22, 2017.
- SOARES, A. B. et al. Produção animal e de forragem em pastagem nativa submetida a distintas ofertas de forragem. **Ciência Rural**, v. 35, p. 1148-1154, 2005.
- TAMBARA, A. A. C. et al. Production and chemical composition of grasses and legumes cultivated in pure form, mixed or in consortium. **Acta Scientiarum**, v. 39, p. 235-241, 2017.
- TANG, C. Sorghum biomass and quality and soil nitrogen balance response to nitrogen rate on semiarid marginal land. **Field Crops Research**, v. 215, p. 12-22, 2018.
- TEDESCO, M. J. et al. Análises de solo, plantas e outros materiais. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p. (Boletim Técnico, 5).
- UNDERSANDER, D. L.; COMBS, D.; SHAVER, J. R. Milk2016 (ALFALFA-GRASS): Index Combining Yield and Quality. **University of Wisconsin-Extension**. 2013. Disponível em: <<https://fyi.uwex.edu/forage/milk2016-combining-yield-and-quality-into-a-single-term/>>. Acesso em: 21 de agosto de 2018.
- UNDERSANDER, D. L.; HOWARD, W. T.; SHAVER, R. D. Milk per Acre Spreadsheet for Combining Forage Yield and Quality into a Single Term. **Journal of Production Agriculture**, v. 6, p. 231-235, 1993.
- VAN SOEST, P. J. **Nutritional Ecology of the Ruminant**. 2. ed. New York: Comstock, 1982. 528p.
- WALDO, D.R. Effect of forage quality on intake and forage concentrate interactions. **Journal of Dairy Science**, v. 69, p. 617-631, 1986.
- WARAMIT, N.; MOORE, K. J.; FALES, S. L. Forage quality of native warm-season grasses in response to nitrogen fertilization and harvest date. **Animal Feed Science and Technology**, v. 174, p. 46-59, 2012.
- WHITEHEAD, D. C. **Grassland nitrogen**. Wallingford: CAB International, 1995, 397.
- YILMAZ, Ş. et al. Effects of seeding rates on competition indices of barley and vetch intercropping systems in the Eastern Mediterranean. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, v. 39, p. 135-143, 2015.

ZIECH, M. F. Responses of *Cynodon pastures* mixed with forage peanut in Southwestern Paraná, Brazil. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 37, p. 4193-4202, 2016.

ANEXOS

Tabela 1. Parâmetros químicos e físicos do Latossolo da área experimental da Fazenda Experimental do Centro (FECEO) na profundidade 0,0-0,2 m.

	MO ¹	Argila	SB	pH	Índice SMP	CTC ²	Ca	Mg	H+Al	Al	P	K
	(%)					...cmol _c dm ⁻³ ...				mg dm ⁻³		
Latos -solo	3,0	56	53,5	4,7	5,8	11,81	4,9	0,9	5,5	1,6	22,7	196,0

¹Matéria orgânica; ²Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0.

Tabela 2. Produção total de matéria seca (kg MS ha⁻¹) e porcentagem de participação das espécies de aveia preta, amendoim forrageiro, ervilhaca, trevo branco e trevo vermelho no dossel forrageiro de pastagens de inverno. Guatambú, SC.

Tratamentos	Produção total de MS (kg ha ⁻¹)	Percentual de gramíneas no dossel (%)	Percentual de Leguminosas no dossel (%)
Av+Am	2840 ^b ±607	100	-
Av+N	3929 ^a ±429	100	-
Av+Er	2656 ^b ±498	80,19	19,21
Av+Tb	2691 ^b ±426	92,56	7,44
Av+Tv	2517 ^b ±376	81,55	18,45

Abreviações: Av+Am= aveia preta + amendoim forrageiro; Av+N= aveia preta + 200 kg N ha⁻¹; Av+Er= aveia preta + ervilhaca; Av+Tb= aveia preta + trevo branco; Av+Tv= aveia preta + trevo vermelho. Média seguida de letras diferentes na linha diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 3. Resultados químico bromatológicos e de digestibilidade de aveia preta + amendoim forrageiro, aveia preta + adubação nitrogenada, aveia preta + ervilhaca, aveia preta + trevo branco e aveia preta + trevo vermelho. Guatambú, SC.

Tratamentos	Av+Am	Av+N	Av+Er	Av+Tb	Av+Tv
MS (%)	20,07 ^a ±2,0	17,13 ^b ±0,7	19,30 ^a ±1,2	20,60 ^a ±1,5	19,99 ^a ±1,3
PB (%)	16,31 ^b ±1,5	22,07 ^a ±2,0	21,15 ^a ±2,2	15,79 ^b ±0,8	17,43 ^b ±1,2
EE (%) ^{NS}	3,09 ±0,2	3,12 ±0,2	3,07 ±0,1	2,97 ±0,2	3,03 ±0,2
MM (%)	10,65 ^b ±0,1	10,96 ^a ±0,1	10,87 ^a ±0,1	10,57 ^b ±0,1	10,65 ^b ±0,1
FDN (%) ^{NS}	50,71 ±3,9	46,03 ±1,5	45,65 ±2,0	47,71 ±0,7	47,11 ±2,6
FDA (%) ^{NS}	28,20 ±2,6	25,15 ±0,9	26,79 ±1,1	27,32 ±0,6	27,56 ±1,5
NDT (%)	66,76 ^{abc} ±1,2	68,63 ^a ±1,5	67,36 ^{ab} ±3,1	63,80 ^c ±1,0	64,99 ^{bc} ±2,0
CNF (%)	19,28 ^{ab} ±2,3	17,83 ^b ±1,4	19,27 ^{ab} ±3,5	22,96 ^a ±1,4	21,78 ^a ±2,4
Dig. FDN 48h (%) ^{NS}	74,13 ±5,4	80,33 ±1,8	76,81 ±2,4	74,06 ±0,8	75,17 ±2,3
Dig. Est. MS (%) ^{NS}	66,94 ±2,0	69,31 ±0,73	68,03 ±0,8	67,62 ±0,5	67,43 ±1,1
Cons. Est. (%PV)	2,38 ^b ±0,2	2,61 ^a ±0,1	2,63 ^a ±0,1	2,52 ^{ab} ±0,1	2,56 ^{ab} ±0,1

Abreviações: Av+Am= aveia preta + amendoim forrageiro; Av+N= aveia preta + 200 kg N ha⁻¹; Av+Er= aveia preta + ervilhaca; Av+Tb= aveia preta + trevo branco; Av+Tv= aveia preta + trevo vermelho; Dig. FDN 48h= digestibilidade do FDN em 48 horas; Dig. Est. MS= digestibilidade estimada da matéria seca; Cons. Est.= consumo estimado de matéria seca. Média seguida de letras diferentes na linha diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ^{NS} Não significativo pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 4. Produção total de matéria seca (kg ha⁻¹) produção de leite (kg ton⁻¹ de MS) e produção de leite por área (kg ha⁻¹) de pastagens de aveia preta + amendoim forrageiro, aveia preta + adubação nitrogenada, aveia preta + ervilhaca, aveia preta + trevo branco e aveia preta + trevo vermelho estimadas pelo simulador *Milk2016*. Guatambú, SC.

Tratamentos	Av+Am	Av+N	Av+Er	Av+Tb	Av+Tv
Produção de leite (kg ton⁻¹ MS) ^{NS}	1059 ±38	1102 ±22	1122 ±50	1114 ±28	1109 ±50
Produção total de MS (kg ha⁻¹)	2840 ^b ±607	3930 ^a ±429	2656 ^b ±498	2691 ^b ±426	2517 ^b ±376
Produtividade de leite (kg ha⁻¹)	2996 ^b ±580	4325 ^a ±416	2977 ^b ±570	3003 ^b ±511	3029 ^b ±193

Abreviações: Av+Am= aveia preta + amendoim forrageiro; Av+N= aveia preta + 200 kg N ha⁻¹; Av+Er= aveia preta + ervilhaca; Av+Tb= aveia preta + trevo branco; Av+Tv= aveia preta + trevo vermelho. Média seguida de letras diferentes na linha diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ^{NS} Não significativo pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Figura 1. Distribuição pluviométrica de chuva (mm por mês) durante a estação de crescimento das pastagens na Fazenda Experimental do centro (FECEO), Guatambú-SC.

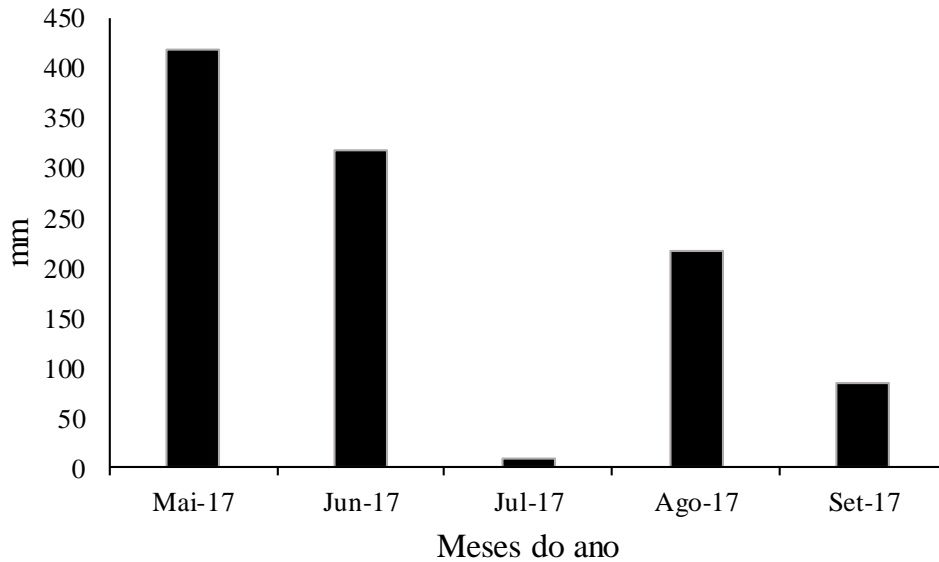
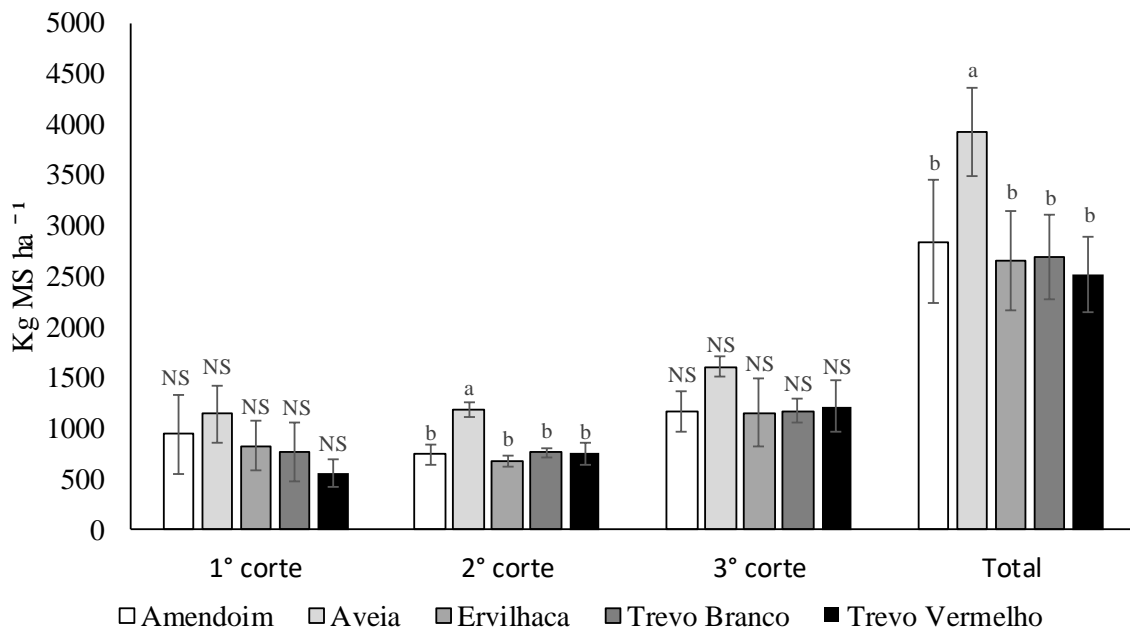


Figura 2. Distribuição da produção de matéria seca (kg ha^{-1}) por corte e produção total de pastagens de aveia preta + amendoim forrageiro, aveia preta + adubação nitrogenada, aveia preta + ervilhaca, aveia preta + trevo branco e aveia preta + trevo vermelho. Guatambú, SC.



**2.2. – MANUSCRITO II - INFLUÊNCIA DE PLANTAS DE COBERTURA NAS
CARACTERÍSTICAS DA PLANTA DE MILHO SOB DOSES CRESCENTES DE N
MINERAL**

Autores: Daniel Augusto Barreta, Luiz Alberto Nottar, Dilmar Baretta

De acordo com normas do Manual da UDESC

2.2.1. RESUMO

O cultivo de plantas de cobertura traz inúmeros benefícios ao solo, dentre eles o fornecimento de nutriente para a cultura posterior. Nesse sentido, o cultivo de leguminosas em pré-cultivo pode ser uma alternativa para diminuir o aporte de N mineral necessário para a cultura do milho. O objetivo deste estudo foi avaliar a influência de cinco plantas de cobertura submetidas a cortes mecânicos sobre o rendimento do milho cultivado com doses crescentes de N mineral em cobertura. Os tratamentos utilizados foram: aveia preta (*Avena strigosa* cv. Embrapa 139) estreme adubada com 200 kg ha⁻¹ de N (Av+N); aveia preta + trevo branco (*Trifolium repens* cv. Zapican) (Av+Tb); aveia preta + ervilhaca (*Vicia sativa* cv. SS Ametista) (Av+Er); aveia preta + trevo vermelho (*Trifolium pratense* cv. Estanzuela 116) (Av+Tv) e aveia preta + amendoim forrageiro (*Arachis pintoi* cv. Belmonte) (Av+Am). Após o terceiro corte as plantas foram diferidas por 37 dias e na sequência procedeu-se a dessecação da área e plantio do milho. No momento em que as plantas se encontravam no estágio vegetativo V-4 as parcelas foram subdivididas em três subparcelas com áreas de 26,7 m² cada. Nestas áreas foram aplicadas doses crescentes de N mineral: 0 (testemunha); 100 e 200 kg ha⁻¹ de N. Após esta etapa o experimento passou a ser considerado um arranjo de blocos ao acaso com parcelas subdivididas, com cinco coberturas de inverno, três doses de N em cobertura e quatro repetições. Na ocasião de maturação fisiológica do milho foram avaliados os seguintes parâmetros: clorofila foliar, altura de planta (AP), altura de inserção da primeira espiga (AIE), diâmetro do colmo (DC), peso de espiga (PE), número de espigas por planta (NEP), comprimento da espiga (CE), diâmetro da espiga (DE), número de fileiras de grãos (NF), número de grãos por fileira (NGF), peso de 1000 sementes (P1000) e rendimento de grãos por hectare (RG). Os componentes de rendimento PE, CE e NGF, além do teor de clorofila, AIE e AP apresentaram interação entre as coberturas e a dose de N. Já o P1000 foi influenciado pela dose de N e pela cobertura, sem interação entre os fatores, com o maior peso na dose de 200 kg ha⁻¹ N e sob a cobertura Av+N em relação a Av+Am. O DE e o RG foram superiores na dose 200 kg ha⁻¹ N em relação as demais. O rendimento do milho não diferiu entre as culturas de cobertura, apenas quanto a dose de N e foi superior quando utilizada a maior dose em relação as doses menores.

Palavras-chave: adubação nitrogenada, cobertura verde, componentes de produtividade, rendimento de grãos.

2.2.2. INTRODUÇÃO

O nitrogênio faz parte da maioria das reações bioquímicas das plantas (CANTARELLA, 2007) e o seu suprimento é capaz de promover respostas positivas no rendimento da cultura do milho (CAIRES e MILA, 2016; MELO; CORÁ e CARDOSO, 2011). Não obstante, este é o mineral quantitativamente mais exportado pela produção de grãos, em média, para cada tonelada de grãos, cerca de 15 kg de nitrogênio são exportados (SIMÃO et al., 2017). A influência deste nutriente, no rendimento de grãos, está associada à sua disponibilização nos estágios iniciais de desenvolvimento da planta, nos quais ocorre um rápido desenvolvimento de raízes, bem como são definidos alguns componentes importantes de produtividade, como o número de fileiras e o número de grãos por espiga (ARNON, 1974). Esta relação fortemente positiva entre a adubação nitrogenada e a produtividade de milho (MAHAMA et al., 2016; MARCILLO & MIGEZ, 2017; MODA et al., 2014) é atraente aos produtores e pode induzir a uma aplicação desordenada de altas doses de fertilizantes nitrogenados nas lavouras (MOTA et al., 2015).

No entanto, a resposta à adubação nitrogenada não é totalmente linear e, de maneira geral, perde eficiência à medida que as doses aumentam (CAIRES e MILA, 2016). Além disso, o nitrogênio apresenta alto custo para aplicação e gera um aumento substancial dos custos de produção, o que pode tornar o emprego de altas doses impraticável economicamente (SOUZA; BUZETTI e MOREIRA, 2015), principalmente em períodos em que o mercado não está favorável à cultura. Isto ocorre porque o rendimento de grãos não é dependente apenas da adubação mineral, é o resultado da combinação entre o N do solo, a mineralização da cobertura vegetal e os fatores climáticos (ANDREWS et al., 2018; SOUZA; BUZETTI e MOREIRA, 2015). Não obstante, o uso dos fertilizantes nitrogenados promove a acidificação do solo (CAIRES & MILA, 2016) e está associado a múltiplos impactos negativos ao meio ambiente, como emissão de gases de efeito estufa, eutrofização da água de rios e lagos, contaminação da água subterrânea, entre outros. Constatações como estas só endossam o desafio atual da agricultura moderna, de aumentar a produção de alimentos de maneira sustentável (BODIRSKY et al., 2014; CANFIELD; GLAZER e FALKOWSKI, 2010; OITA et al., 2016).

No tocante a adubação nitrogenada, uma das formas de reduzir a dependência do uso de fertilizantes minerais é por meio do uso de coberturas vegetais em pré-cultivo, em

especial, leguminosas. Em geral, as leguminosas são cultivadas na entressafra das culturas principais, produzem alta quantidade de biomassa, tem baixa relação C/N e rápida decomposição dos resíduos e liberação de nutrientes (ACOSTA et al., 2014; MARCILLO & MIGUEZ, 2017; WOLSCHICK et al., 2016). Os nutrientes são liberados da palhada pelo processo de decomposição realizado pelos microrganismos do solo, que por sua vez, também são responsáveis pela mineralização e imobilização de N (AITA, 1997; BARETTA et al., 2011). Estes processos são influenciados principalmente pela relação C/N dos resíduos, relações maiores que 25:1 promovem o decréscimo da taxa de decomposição e da liberação de N da fitomassa das plantas de cobertura (ACOSTA et al., 2014).

Em contrapartida, o uso de leguminosas estromes apresenta algumas limitações como, o alto custo das sementes (ROESCH-MCNALLY et al., 2018; SCHIPANSKI et al., 2014), risco de causar timpanismo em ruminantes se pastejada (HANCOCK et al., 2014), em alguns casos, baixa produção de biomassa (FINNEY, WHITE, KAYE, 2016; WOLSCHICK et al., 2016) e lento estabelecimento, o que deixa o solo descoberto e o torna mais susceptível a perda de qualidade (BEZERRA e CANTALICE, 2006). Neste contexto, o uso do consórcio entre leguminosas e gramíneas figura como alternativa para atenuar estas limitações (FINNEY, WHITE, KAYE, 2016; PEREIRA; GALANTINI, QUIROGA, 2017; POFFENBARGER et al., 2015) e tem demonstrado resultados positivos na produtividade de milho na Europa (KRAMBERGER et al., 2014;), nos EUA (LAWSON et al., 2013) e também no Brasil (CHERUBIN et al., 2014). Contudo, são escassos trabalhos que avaliam o efeito de cortes mecânicos nas culturas de cobertura e sua influência na produção de milho.

Dentro deste escopo, o objetivo do trabalho é avaliar a influência de culturas de cobertura submetidas a cortes mecânicos sobre os componentes de rendimento do milho cultivado com doses crescentes de N mineral em cobertura.

2.2.3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Fazenda Experimental (FECEO) do Centro de Educação Superior do Oeste – UDESC Oeste, no município de Guatambú, SC. O clima da região é temperado úmido com verões quentes (Cfa) (ALVARES et al., 2013) e os dados de pluviosidade podem ser consultados na Figura 1. O solo da área experimental é um Latossolo Vermelho distrófico (EMBRAPA, 2013), cuja caracterização dos parâmetros químicos está

disponível na Tabela 1. Vale salientar ainda que previamente a implantação do experimento, no dia 07/04/2017, foi realizada a calagem da área experimental, de acordo com as recomendações do CQFS – RS/SC (2016) para elevar o pH do solo a 6,0.

Cinco arranjos diferentes de culturas de cobertura foram implantados no dia 12/05/2017 em parcelas experimentais de 80 m². Os tratamentos foram: aveia preta (*Avena strigosa* cv. Embrapa 139) estreme adubada com 200 kg de N ha⁻¹ (Av+N); aveia preta + trevo branco (*Trifolium repens* cv. Zapican) (Av+Tb); aveia preta + ervilhaca (*Vicia sativa* cv. SS Ametista) (Av+Er); aveia preta + trevo vermelho (*Trifolium pratense* cv. Estanzuela 116) (Av+Tv) e aveia preta + amendoim forrageiro (*Arachis pintoii* cv. Belmonte) (Av+Am), estas culturas de cobertura foram consideradas como a primeira etapa do experimento. A densidade de semeadura utilizada foi de 70; 3; 8 e 60 kg de semente ha⁻¹, para aveia preta, trevo branco, trevo vermelho e ervilhaca, respectivamente. O amendoim forrageiro foi implantado manualmente por meio de mudas com densidade de 50.000 mudas ha⁻¹. As adubações foram de acordo com as recomendações do CQFS – RS/SC (2016) para consorciações de inverno. Em relação a adubação nitrogenada, apenas o tratamento com aveia foi adubado com 200 kg N ha⁻¹ na forma de uréia (45%), subdividido entre plantio, perfilhamento, após o primeiro corte e após o segundo corte (30, 56, 57 e 57 kg N ha⁻¹, respectivamente).

As plantas foram cortadas mecanicamente em três oportunidades, com intervalos de corte de 28 dias (17/07/2017, 14/08/2017 e 11/09/2017). Após o terceiro corte, as parcelas foram diferidas até o dia 18/10/2017, totalizando 37 dias para acúmulo de biomassa. Nesta data foram coletadas amostras da biomassa aérea das pastagens pelo “método do quadrado” (SALMAN; SOARES; GANESIN, 2006) e em sequência procedeu-se a dessecação da área com o uso de 1860 g de glifosato ha⁻¹.

Devido ao amendoim forrageiro ser uma leguminosa perene e como o objetivo era manter suas mudas viáveis na área, a dessecação desta parcela, bem como a amostragem da biomassa, ocorreu no dia 09/10/2017 com a utilização de um herbicida seletivo na dosagem de 335 g de alquilbenzeno ha⁻¹ e 120 g de cletodim ha⁻¹ com intuito de terminar apenas com a cultura da aveia. As amostras coletadas nas duas datas (09/10 e 18/10) foram conduzidas ao laboratório, no qual procedeu-se a separação e quantificação das espécies e em seguida a secagem do material em estufa com circulação de ar forçada a 55 °C até peso constante

(925.09; AOAC, 1990). Em seguida as amostras foram moídas em moinho tipo Willey, congeladas e na sequência analisadas.

No dia 18/10/2017 foi realizado o plantio do milho com o híbrido Agrocerees 8088 VT PRO 2® com uso de uma semeadeira de plantio direto com espaçamento entre linhas de 0,7 m e ajustada para densidade de 60.000 sementes ha⁻¹. A adubação de base seguiu as recomendações do CQFS – RS/SC (2016) e foi semelhante para todas as parcelas. No dia 31/10/2017 (13 dias após a semeadura) realizou-se o controle de plantas daninhas, por meio da aplicação de 1860 g de glifosato ha⁻¹ e de insetos (*Spodoptera frugiperda* e *Dichelops melacanthus*) pela aplicação de 21 g de lambda-cialotrina ha⁻¹ e 28 g de tiametoxan ha⁻¹. Quanto ao canteiro que possuía o amendoim forrageiro, o controle de invasoras foi realizado manualmente no mesmo dia.

Aos 23 dias após a semeadura (DAS) (10/11/2017) ocorreu uma divisão das parcelas experimentais, o que perfaz a segunda etapa do experimento, na qual cada unidade experimental (80 m²) foi dividida igualmente em três parcelas de 26,7 m² (3,33 x 8 m), nestas parcelas foram testadas doses três doses de N (0, 100 e 200 kg N ha⁻¹) na forma de ureia (45%). A dose utilizada foi dividida igualmente em duas aplicações, no dia da divisão das parcelas e 39 DAS (26/11/2017), o que corresponderam aos estágios vegetativos de V4-V5 e V8-V9, respectivamente. Aos 34 DAS (21/11/2017) foi realizada uma nova aplicação de inseticida na área, desta vez com o uso de 107 g de metomil ha⁻¹. Quanto a aplicação de fungicida, embora as plantas não apresentassem doenças visíveis, fora aplicado preventivamente 32 g de ciproconazol ha⁻¹ e 80 g de picoxistrobina ha⁻¹ aos 48 DAS (05/12/2017), nesta mesma data procedeu-se um novo controle manual de pragas no canteiro com amendoim forrageiro.

Quando o milho apresentava mais de 50% das plantas em estágio de florescimento (VT) procedeu-se a mensuração de dez plantas por tratamento para o índice de clorofila foliar total (somatório da clorofila A e B), por meio do equipamento Clorofilog CFL 1030 (FALKER®, s.d.) de acordo com as recomendações descritas pelo CQFS – RS/SC (2016).

A maturidade fisiológica (R6) do milho foi alcançada aproximadamente 130 DAS. Contudo, a colheita foi realizada apenas no dia 26/03/2018, período em que os grãos apresentavam cerca de 81% de matéria seca. A amostragem compreendeu a colheita de cinco plantas de cada uma das três fileiras centrais da parcela, totalizando 15 plantas por

subparcela. As plantas foram cortadas na altura do solo e retiradas do interior da parcela para posterior avaliação. Foram avaliados ainda os seguintes parâmetros: altura de planta (AP), altura de inserção da primeira espiga (AIE), diâmetro do colmo (DC), em seguida, as espigas foram retiradas das plantas e acondicionadas em sacos plásticos, para posterior encaminhamento ao laboratório. Além das espigas, três plantas de cada parcela também foram conduzidas ao laboratório para determinar a MS (925.09; AOAC, 1990) e conseqüentemente a produção de biomassa seca (palhada) de cada tratamento. No laboratório, as espigas foram submetidas as seguintes avaliações: peso de espiga (PE), número de espigas por planta (NEP), comprimento da espiga (CE), diâmetro da espiga (DE), número de fileiras de grãos (NF) e número de grãos por fileira (NGF). Em seguida, as espigas foram debulhadas manualmente e os grãos encaminhados a uma unidade de recebimento de grãos para determinação do teor de umidade e impureza das amostras. Na seqüência foram mensurados os parâmetros de peso de 1000 sementes (P1000) e peso de grãos por planta, corrigidos para 13% de umidade, a partir do peso de grãos por planta os dados foram extrapolados para o *stand* de 57.000 plantas, afim de determinar o rendimento de grãos por hectare (RG).

Apartir da divisão das parcelas, o experimento passou a ser considerado um arranjo de blocos ao acaso com parcelas subdivididas, com cinco coberturas de inverno e três doses de N em cobertura, com quatro repetições cada. Os dados foram avaliados de acordo com a normalidade pelo teste de Kolmogorov-Smirnov e para homogeneidade de variâncias pelo teste de Cochran. Na seqüência os dados foram submetidos à análise de variância e ao teste de comparação de médias de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando-se SAS (2000).

2.2.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A produção de matéria seca (kg ha^{-1}) das coberturas pré-plantio do milho e a contribuição de cada espécie na composição do dossel pode ser encontrada na Tabela 2. De maneira geral, o percentual de leguminosas temperadas no dossel foi satisfatório, principalmente em relação a participação do trevo vermelho, que foi superior aos 30% recomendado por LUSCHER et al. (2014).

O rendimento de grãos não foi influenciado pela cultura antecessora, apenas pela adubação de cobertura (Tabela 3). Mesmo assim, é preciso chamar atenção para o

rendimento de 10.859 kg ha⁻¹ sem o uso de adubação nitrogenada, resultado superior à produção média da região Sul (7.453 kg ha⁻¹) e do Brasil (5.264 kg ha⁻¹) na safra 17/18 (CONAB, 2018).

O N é o nutriente com maior exportação da lavoura de milho para produção de grãos (UENO et al., 2013), deste modo, quando disponibilizado e absorvido em grandes quantidades pelas plantas, garante respostas positivas no rendimento da cultura (MARCILLO e MIGUEZ, 2017, MUMBACH et al., 2017). Este fato explica o incremento de produção apresentado pelo uso da dose de 200 kg N ha⁻¹. Neste sentido, OLIVEIRA et al. (2016) verificaram em um experimento no Estado de Goiás-BR um incremento linear de produtividade até a dose de 240 kg ha⁻¹ com intervalos de 60 kg entre as doses. Os autores ainda reiteram a necessidade de testar doses ainda mais elevadas para se alcançar o potencial máximo de produção. Apesar disto, em nosso estudo, não foram observadas diferenças no rendimento entre as doses de 0 e 100 Kg N ha⁻¹ (Tabela 4). Este fato também foi reportado por PORTUGAL et al. (2017) que ao avaliarem isoladamente o efeito da dose de N no rendimento do milho na safra 12/13 em Selvíria-MS, não verificaram diferenças entre as doses de 0, 40, 80 e 120 Kg N ha⁻¹ quando cultivados sobre os restos culturais de milheto, crotalária, guandu, milheto + crotalária, milheto + guandu e pousio. Os autores atrelaram este resultado ao fato de que no sistema de plantio direto o aporte de material orgânico promove a adição de nutrientes, principalmente o N, de modo que os fertilizantes exógenos têm um papel apenas complementar. Além disto, o uso de consórcios cria condições propícias ao desenvolvimento posterior do milho.

Resultados semelhantes foram observados quanto ao efeito da dose de N no peso de 1000 sementes (Tabela 3). O tratamento com aplicação de 200 kg N ha⁻¹ apresentou maior peso de sementes em relação a dose de 0 Kg N ha⁻¹, quanto ao tratamento intermediário, este não diferiu dos demais. Apesar de alguns autores afirmarem que a resposta deste componente é muito variável (VALDERRAMA et al., 2011), esta correlação positiva entre o incremento da dose de N e o aumento do peso dos grãos também foi observado em outras pesquisas (MUMBACH et al., 2017; OLIVEIRA et al., 2016). Além disso, o aumento da massa de grãos apresenta uma correlação positiva com a produtividade do milho (GAZOLA et al., 2014; KAPPES et al., 2014, MORTATE et al., 2018). Este fato é decorrente da alta dependência de absorção de N pelo milho na fase de florescimento e início da formação dos

grãos, período em que a deficiência nutricional favorece a formação de grãos menos densos, em função da não translocação deste nutriente aos mesmos (OHLAND et al., 2005). Apesar desta correlação positiva, não é indicado o uso exclusivo deste parâmetro para avaliar a produtividade de um híbrido, haja visto que esta variável é muito dependente do genótipo e das condições climáticas (OHLAND et al., 2005). Esta variável também foi influenciada pela cobertura de inverno que antecedeu o cultivo do milho (Tabela 3), de modo que as plantas cultivadas após a aveia preta fertilizada apresentaram maior peso de mil sementes em relação aquelas cultivadas em consórcio com amendoim forrageiro. CHERUBIM et al. (2014) também verificaram diferenças neste índice em função das plantas de cobertura cultivadas antes do milho.

Em relação as variáveis número de espigas por planta, diâmetro de espiga, número de fileiras por espiga e diâmetro de colmo não foram verificadas diferenças em relação a cultura antecessora, apenas pela adubação de cobertura (Tabela 4). Em relação ao diâmetro de espiga e o número de fileiras de grãos por espiga, os resultados foram contrários embora estas variáveis sejam reportadas por serem estritamente relacionadas (OHLAND et al., 2005). A maior dose de N propiciou espigas com maior diâmetro em relação a dose 0 e 100 kg N ha⁻¹. Em contrapartida, o número de fileiras foi maior para as espigas do tratamento sem o uso de adubação mineral em relação aos tratamentos adubados. De maneira geral, espigas com maior diâmetro refletem a melhor nutrição da planta e conseqüentemente dos grãos (PORTUGAL et al., 2017), logo, há uma relação positiva entre o diâmetro da espiga e a massa de 1000 grãos (KAPPES et al., 2014). Neste sentido, MORTATE et al. (2018) verificaram em Ituiutaba-MG um maior diâmetro de espiga quando o milho foi fertilizado com 135 kg N ha⁻¹ em relação ao controle, porém não verificaram diferenças no número de fileiras por espiga. Resultados parecidos foram verificados por VALDERRAMA et al. (2011) na Região Sudeste do Mato Grosso do Sul que também não verificaram efeito das doses de N no número de fileiras, além disto, os autores relatam que esta característica tem forte influência do genótipo do milho.

Em relação ao diâmetro de colmo, este foi superior para os tratamentos fertilizados em relação a parcela testemunha (Tabela 4), porém iguais entre as doses. Esta é uma característica interessante de ser avaliada, pois o colmo é uma fração importante de acúmulo de nutrientes para garantir translocação de fotoassimilados e a formação de espigas e grãos

(KAPPES et al., 2011). Além disto, caules mais espessos são importantes para atenuar problemas relacionados ao acamamento e quebraimento das plantas de milho (KAPPES, ARF, ANDRADE, 2013). Outros autores verificaram uma relação linear entre o aumento do diâmetro do colmo em resposta a adubação nitrogenada até doses de 150 (KAPPES et al., 2014) e 240 kg N ha⁻¹ (OLIVEIRA et al., 2016). Por outro lado, ao testar as doses de 0, 35, 70 e 105 kg N ha⁻¹ em Alta Floresta-MT MATOS et al., (2017) verificaram um efeito quadrático da dose sobre o diâmetro de colmo, de modo que o maior diâmetro seria alcançado por uma fertilização de 67 kg N ha⁻¹ em cobertura. Contudo, os valores observados no presente estudo são superiores aos apontados por MATOS et al. (2017) e KAPPES et al. (2014) em todas as doses, e inferiores aos reportados por OLIVEIRA et al. (2016) nas doses de 180 e 240 Kg N ha⁻¹. Deste modo, encontram-se dentro de uma normalidade de grandeza.

O número de espigas por planta apresentou um comportamento anormal, pois a dose de 200 Kg N ha⁻¹ foi superior a dose de 100 Kg N ha⁻¹, porém foi semelhante ao tratamento testemunha (Tabela 4). Em geral, com a utilização de elevadas doses de N o número de espigas por planta aumenta (OLIVEIRA et al., 2016), apesar de que este índice pode não ter correlação direta com o aumento de produção de grãos, haja visto que as espigas secundárias podem não apresentar grãos, ou apresentarem uma quantidade muito reduzida (VELOSO et al., 2006). Esta afirmação suporta o resultado de que o número de espigas por planta foi semelhante entre a dose 0 e 200 kg N ha⁻¹, porém o rendimento foi maior quando o milho foi fertilizado.

As variáveis peso de espiga (g), comprimento de espiga (cm), número de grãos por espiga, teor de clorofila foliar, altura de inserção de espiga (m) e altura de planta (m) apresentaram interação entre as coberturas e as doses de N (Tabela 5). De modo especial, o milho implantado sobre o consórcio de amendoim forrageiro com aveia preta apresentou efeito da adubação para todas as variáveis acima citadas. Ao se avaliar o efeito das coberturas, o consórcio de amendoim forrageiro e aveia preta apresentou resultados inferiores em relação a aveia estreme em todos os parâmetros (exceto altura de inserção de espiga), seja quando submetidos a doses de 0 e/ou 100 kg N ha⁻¹ (Tabela 5).

No presente estudo o amendoim forrageiro, diferentemente das demais plantas, permaneceu na área (não foi dessecado), ou seja, seu crescimento foi concomitante ao milho. Este tipo de manejo, que mantém as plantas de cobertura vivas é recente e nos

sistemas norte-americanos tem sido chamado de “living mulch” (cobertura viva). O intuito de consorciar leguminosas perenes com o milho é reduzir a necessidade de herbicidas, a lixiviação de nutrientes e auxiliar no controle da erosão. Além disto, há a possibilidade de aumentar a eficiência econômica e ambiental devido ao fornecimento de nutrientes (ANDREWS et al., 2018; SANDERS et al., 2017). Apesar disto, os resultados ainda são controversos, haja visto a complexidade de interações que envolvem o N no solo, o que é um impedimento para adoção da prática (ANDREWS et al., 2018).

Em um experimento com trevo caucasiano (*T. ambiguum*) cultivado simultaneamente com milho em Wisconsin-USA, os autores observaram decréscimo no rendimento do milho em relação ao cultivo estreme do cereal, além disto, presumem que o motivo principal foi a competição pelo N do solo (ZEMENCHIK et al., 2000). Esta constatação é fisiologicamente explicada pelo fato de que embora as leguminosas tenham capacidade de fixar seu próprio N, quando há nitrogênio disponível no solo, as plantas preferem a fonte mineral ante sua rota bioquímica de fixação de N, como uma forma de “economizar energia” (SVENNING e MACDUFF, 1996).

Estas informações citadas acima explicam os valores inferiores do tratamento aveia preta + amendoim forrageiro em relação a aveia preta fertilizada nestes importantes componentes de produção. Isto porque, no primeiro caso, há duas culturas usufruindo do N do solo enquanto que na segunda situação, parte do nitrogênio que foi fornecido à gramínea, anteriormente, permanece no sistema através da ciclagem de nutrientes promovida pela palhada da aveia (ASSMANN et al., 2003; HENTZ et al., 2014) e não há competição do milho com outra espécie por nutrientes, tampouco por luminosidade ou água.

Dentro deste escopo, de adubação antecipada na cultura do milho, SILVA et al. (2014) não verificaram diferenças na produção de milho quando toda a dose de N (144 kg ha^{-1}) que seria aplicada no milho foi antecipada na semeadura da aveia preta. Os autores atribuíram este fato a alta produção de biomassa da aveia e ao seu sistema radicular agressivo, atributos que juntos proporcionaram uma alta reciclagem de nutrientes.

Por outro lado, no presente estudo na maior dose de N aplicado ao milho (200 kg N ha^{-1}) a disponibilidade do nutriente é maior, logo, o efeito da cobertura não foi suficientemente capaz de alterar estes parâmetros. Neste sentido, MARCILLO e MIGUEZ (2017) inferem, após uma meta-análise de 65 artigos, que, ao utilizarmos uma dose de 200 kg

N ha⁻¹ no milho, os efeitos da cobertura vegetal cultivada anteriormente são diluídos.

Esta dinâmica do nitrogênio embasa e explica os resultados da Tabela 5, cuja disponibilidade do N no solo, seja pela dose de fertilizante aplicado em cobertura ou pela decomposição das plantas de cobertura, exerce influência direta nas características agrônômicas do milho, como peso de espiga (SANTOS et al., 2010; SILVA e al., 2014), altura de inserção da primeira espiga (MATOS et al., 2017), altura de planta (MATOS et al., 2017; PORTUGAL et al., 2017), número de grãos por fileira (OLIVEIRA et al., 2016) teor de clorofila foliar (MULLER et al., 2016) e comprimento de espiga (MARINI e al., 2015; MUMBACH et al., 2017).

Embora no Brasil o rendimento de grãos seja o principal objetivo dos programas de melhoramento genético de milho (MELO et al., 2017), outros aspectos de planta também são importantes, principalmente quando se trata de produção de milho para silagem, como alta produção de massa seca e alto percentual de nutrientes digestíveis totais (MARCONDES et al., 2012). A altura de planta na dose 0 foi maior na cobertura Av+N e Av+Er em relação a Av+Am (Tabela 5). Esta variável tem relação direta com o rendimento de matéria seca da planta, seja para produção de silagem ou para fornecimento de palha ao sistema de plantio direto (PAZIANI et al., 2009). Contudo, plantas muito altas não são desejadas, pois o milho aloca mais da metade do seu peso na espiga, logo, quanto maior a altura da planta, maior é o risco de acamamento e quebra do colmo (BRACHTVOGEL et al., 2012) isto porque há uma alta correlação entre a altura da planta e a altura de inserção da espiga (DOVALE; FRITSCHÉ-NETO e SILVA, 2011). Nos tratamentos Av+am e Av+Tb a dose de 200 kg ha⁻¹ de N propiciou maior altura de espiga que a testemunha (Tabela 5).

O peso da espiga na dose de 0 kg ha⁻¹ de N foi superior no tratamento Av+N em relação aos demais, enquanto que no consórcio Av+Am o peso de espiga foi maior na dose 200 kg ha⁻¹ de N em relação a testemunha (Tabela 5). Esta característica muito importante na produção de silagem, pois uma maior proporção da espiga pode influir na melhoria da fermentação e da qualidade final da silagem (CARVALHO e al., 2015; PAZIANI et al., 2009). Quanto ao comprimento de espiga e o número de grãos por fileira, estas variáveis estão associadas, pois espigas mais compridas permitem um maior número de grãos por fileira (OLIVEIRA et al., 2016).

O teor de clorofila na dose 0 kg ha⁻¹ de N foi superior no tratamento Av+N em

relação ao consórcio Av+Am, enquanto que em todos os consórcios a dose 200 kg ha⁻¹ de N apresentou maior teor de clorofila em relação a testemunha (Tabela 5). Este índice tem uma forte associação com o teor de N dos tecidos, que é um indicativo do estado nutricional da planta (ARGENTA et al., 2002). O N, por sua vez, é componente das proteínas, ou seja, teores mais elevados de clorofila foliar podem representar maior teor de proteína bruta na planta e/ou silagem.

De maneira geral, é preciso ressaltar que ao avaliar o efeito das plantas de cobertura, não foram verificadas diferenças entre as plantas de milho cultivadas sob a palhada de aveia fertilizada com N em relação aos consórcios de aveia + trevo vermelho, aveia + trevo branco e aveia + ervilhaca para nenhuma das variáveis analisadas quando se fez o uso de pelo menos 100 kg ha⁻¹ de N em cobertura (Tabela 3, Tabela 5).

Estes resultados eram esperados ao se utilizar a maior dose de N, devido a diluição do efeito das plantas de cobertura (ANDREWS et al. 2018). Apesar disso, LEAL et al. (2013) verificaram em Selvíria-MS o efeito de plantas de cobertura (milheto vs. crotalaria) na altura de planta e altura de inserção de espiga mesmo em ocasiões na qual o milho foi fertilizado com 180 kg de N ha⁻¹. Resultados diferentes dos obtidos neste trabalho também foram reportados por SILVA et al. (2006) em Dourados-MS que verificaram diferenças na altura de planta, número de grãos por espiga e comprimento de espiga de plantas de milho em função de plantas de cobertura (aveia, ervilha, nabo forrageiro) quando o milho não foi fertilizado com N em cobertura. Contudo, ao utilizar a dose de 100 kg N ha⁻¹ o efeito da cobertura não foi significativo, o que corrobora com nossos dados.

A não diferença entre as coberturas avaliadas neste trabalho pode estar associada justamente ao consórcio, pois a inclusão da aveia em um cultivo estreme de ervilhaca, diminui consideravelmente a rapidez de decomposição dos resíduos e liberação do N (AITA; GIACOMINI, 2003). Além disto, as gramíneas geralmente apresentam uma decomposição mais rápida quando fertilizadas com nitrogênio mineral. Este comportamento foi observado por PARIZ et al. (2011), que ao incrementar altas doses de N em pastagens do gênero *Panicum* e *Brachiaria* verificaram uma menor relação lignina/N e conseqüente aceleração do processo de decomposição dos resíduos. Não obstante, ao avaliar o efeito da aplicação de N nos resíduos da colheita de cana-de-açúcar POTRICH et al. (2014) verificaram um aumento da taxa de decomposição à medida que se incrementa a dose de N aplicada. Contudo,

resultados divergentes foram relatados por MEDRADO et al. (2011) em Santa Catarina-BR, que verificaram um comportamento semelhante de decomposição em um consórcio (aveia + azevém + ervilhaca + trevo vesiculoso) pastejado, com ou sem adubação de cobertura (100 kg N ha⁻¹). Além disto, a produtividade de grãos de milho foi semelhante entre estes tratamentos e o pousio ou o cultivo de nabo forrageiro.

Resultados que corroboram com esse estudo foram encontrados em Assis Chateaubriand-PR por LÁZARO et al. (2013) que ao cultivar milho sobre a palhada de: aveia preta, aveia preta + nabo forrageiro, aveia preta + tremoço branco, tremoço branco, crambe, vegetação espontânea (pousio) e vegetação espontânea (pousio) + adubação nitrogenada de 100 kg N ha⁻¹ no milho, não verificaram diferenças nos componentes de produtividade de altura de planta, altura de inserção de espiga, comprimento de espiga e número de grãos por fileira.

Em linhas gerais, baseado na condição de solo favorável proporcionada no caso do consórcio de gramíneas e leguminosas (RIBEIRO et al., 2011) ou pela reciclagem do N aplicado a gramínea, que quando mantido na forma orgânica é menos sujeito a perdas por lixiviação ou volatilização e tem sua disponibilização condicionada a decomposição dos resíduos (LÁZARO et al., 2013), é possível afirmar que o uso de aveia preta consorciada com trevo branco, trevo vermelho, ervilhaca ou em cultivo estreme com adubação de 200 kg N ha⁻¹ não interfere nos componentes de produtividade do milho, independente da dose de fertilizante aplicada ao cereal. Deste modo, a escolha deve ser pautada no aspecto econômico.

2.2.5. CONCLUSÃO

Os componentes de rendimento do milho cultivado com doses crescentes de N mineral em cobertura foram influenciados pelas culturas de cobertura. Contudo, as culturas de cobertura não influenciaram o rendimento de grãos. Por outro lado, a dose de N influenciou o rendimento de grãos, que foi superior na maior dose em relação as doses menores.

2.2.6. REFERÊNCIAS

ACOSTA, J. A. A. et al. Decomposição da fitomassa de plantas de cobertura e liberação de nitrogênio em função da quantidade de resíduos aportada ao solo sob sistema plantio direto.

Ciência Rural, v. 44, p. 801-809, 2014.

AITA, C. Dinâmica do nitrogênio no solo durante a decomposição de plantas de cobertura: efeito sobre a disponibilidade de nitrogênio para a cultura em sucessão. In: FRIES, M.R.; DALMOLIN, R.S.D. **Atualização em recomendação de adubação e calagem: ênfase em plantio direto**. Santa Maria: Depto de Solos/UFSM, 1997. 130 p. p.76-111.

AITA, C.; GIACOMINI, S. J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura de solo solteiras e consorciadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p.601-612, 2003.

ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, p. 711–728, 2013.

ANDREWS, J. S. et al. Nitrogen Dynamics in Living Mulch and Annual Cover Crop Corn Production Systems. **Agronomy Journal**, v. 110, p. 1309-1317, 2018.

AOAC. Association of Official Analytical Chemistry. **Official methods of analysis**. 15 ed. Virginia: Association of Analytical Chemists. 1990. 287p.

ARGENTA, G. et al. Parâmetros da planta como indicadores do nível de nitrogênio na cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, p. 519-527, 2002.

ARNON, I. **Mineral nutrition of maize**. Bern-Wildlife: International Potash Institute, 1974. 452 p.

ASSMANN, T. S. 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**, v. 27, p. 675-683, 2003.

BARETTA, D. et al. Fauna edáfica e qualidade do solo. **Tópicos em Ciência do Solo**, v.7, p.119-170, 2011.

BEZERRA, A. S.; CANTALICE, J. R. B. Erosão entre sulcos em diferentes condições de cobertura do solo, sob cultivo de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, p. 565-573, 2006.

BODIRSK, B. L. et al. Reactive nitrogen requirements to feed the world in 2050 and potential to mitigate nitrogen pollution. **Nature Communications**, v.5, n. 3858, 2014.

BRACHTVOGEL, E. L. et al. População, arranjo de plantas uniforme e a competição intraespecífica em milho. **Revista Trópica: Ciências Agrárias e Biológicas**, v. 6, p. 75-82, 2012.

CAIRES, E. F.; MILA, R. Adubação nitrogenada em cobertura para o cultivo de milho com alto potencial produtivo em sistema de plantio direto de longa duração. **Bragantia**, v. 75, p.

87-95, 2016.

CANFIELD, D. E.; GLAZER, A. N.; FALKOWSKI, P. G. The evolution and future of earth's nitrogen cycle. **Science**, v. 330, p. 192-196, 2010.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R. F. et al. **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. 1017p. p. 375-470.

CARVALHO, G. et al. Perfil agronômico e bromatológico de silagem de milho no sudoeste do Paraná. **Revista de la Facultad de Agronomía**, v. 114, p. 149-159, 2015.

CHERUBIN, M. R. et al. Desempenho agronômico do milho em sucessão a espécies de cobertura do solo sob sistema plantio direto no Sul do Brasil. **Global Science and Technology**. v. 07, p.76-85, 2014.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da Safra Brasileira Grãos. **Monitoramento Agrícola**, v. 5, p. 1-178, 2018.

CQFS – Comissão de Química e Fertilidade de Solo – RS/SC. **Manual de calagem e adubação para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 11. ed. 2016.

DOVALE, J. C.; FRITSCHÉ-NETO, R.; SILVA, P. S. L. Índice de seleção para cultivares de milho com dupla aptidão: minimilho e milho verde. **Bragantia**, v. 70, p. 781-787, 2011.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-Embrapa Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3. ed. Brasília, 2013, 353 p.

FALKER AUTOMAÇÃO AGRÍCOLA. Manual do medidor eletrônico de teor clorofila (ClorofiLOG/CFL 1030). Disponível em: <http://www.falker.com.br/produto-clorofilog-medidor-clorofila.php>. Acesso em: 05 out. 2018.

FINNEY, D. M.; WHITE, C. M.; KAYE, J. P. Biomass Production and Carbon/Nitrogen Ratio Influence Ecosystem Services from Cover Crop Mixtures. **Agronomy Journal**, v.108, p. 39-52, 2016.

GAZOLA, D. et al. Aplicação foliar de aminoácidos e adubação nitrogenada de cobertura na cultura do milho safrinha. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, p. 700-707, 2014.

HANCOCK, K. et al. Progress towards developing bloat-safe legumes for the farming industry. **Crop & Pasture Science**, v. 65, p. 1107-1113, 2014.

HENTZ, P. et al. Ciclagem de Nitrogênio em Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária. **Ciência e Natura**, v. 36, p. 663-676, 2014.

KAPPES, C.; ARF, O.; ANDRADE, J. A. C. Produtividade do milho em condições de

- diferentes manejos do solo e de doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, p. 1310-1321, 2013.
- KAPPES, C. et al. Desempenho de híbridos de milho em diferentes arranjos espaciais de plantas. **Bragantia**, v. 70, p. 334-343, 2011.
- KAPPES, C. et al. Manejo do nitrogênio em cobertura na cultura do milho em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 13, p. 201-217, 2014.
- KRAMBERGER, B. et al. Winter cover crop: the effects of grass-clover mixture proportion and biomass management on maize and the apparent residual N in the soil. **European Journal of Agronomy**, v. 55, p. 63-71, 2014.
- LAWSON, A. et al. Influence of seeding ratio, planting date, and termination date on rye-hairy vetch cover crop mixture performance under organic management. **Plos One**, v.10, p.1-19, 2015.
- LÁZARO, R. L. et al. Produtividade de milho cultivado em sucessão à adubação verde. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, p. 10-17, 2013.
- LEAL, A. J. F. et al. Adubação nitrogenada para milho com o uso de plantas de cobertura e modos de aplicação de calcário. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, p.491-501, 2013.
- LUSCHER A. et al. Potential of legume-based grassland–livestock systems in Europe: a review. **Grass and Forage Science**. v. 69, p. 206–228, 2014.
- MAHAMA, G. Y. et al. Response of maize to cover crops, fertilizer nitrogen rates, and economic return. **Agronomy Journal**, v.108, p.17-31, 2016.
- MARCILLO, G. S.; MIGUEZ, F. E. Corn Yield response to winter cover crops: An update meta-analysis. **Journal of soil and water conservation**, v. 72, p. 226-239, 2017.
- MARCONDES, M. M. et al. Aspectos do melhoramento genético de milho para produção de silagem. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, v. 5, p. 173-192, 2012.
- MARINI, D. et al. Growth and yield of corn hybrids in response to association with *Azospirillum brasilense* and nitrogen fertilization. **Revista Ceres**, v. 62, p. 117-123, 2015.
- MATOS, F. B. et al. Uso de *Azospirillum brasilense* para o aumento da eficiência da adubação nitrogenada em milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 16, p. 131-141, 2017.
- MEDRADO, R. D. et al. Decomposição de resíduos culturais e liberação de nitrogênio para a cultura do milho. **Scientia Agraria**, v. 12, p. 97-107, 2011.

MELO, A. V. et al. Capacidade combinatória de milho visando à produção de silagem. **Revista Engenharia na Agricultura**, v.25, p.381-395, 2017.

MELO, F. B.; CORÁ, J. E.; CARDOSO, M. J. Fertilização nitrogenada, densidade de plantas e rendimento de milho cultivado no sistema plantio direto. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, p. 27-31, 2011.

MODA, L. R. et al. Resposta do milho cultivado em sistema de plantio direto à aplicação de doses de nitrogênio e cultivo de plantas de cobertura em pré-safra. **Bioscience Journal**, v. 30, p. 178-187, 2014.

MORTATE, R. K. et al. Resposta do milho (*Zea mays* L.) à adubação foliar e via solo de nitrogênio. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 5, p. 1-6, 2018.

MOTA, M. R. et al. Fontes estabilizadas de nitrogênio como alternativa para aumentar o rendimento de grãos e a eficiência de uso do nitrogênio pelo milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, p.512-522, 2015.

MULLER, T. M. et al. Combination of inoculation methods of *Azospirillum brasilense* with broadcasting of nitrogen fertilizer increases corn yield. **Ciência Rural**, v. 46, p. 210-215, 2016.

MUMBACH, G. L. et al. Resposta da inoculação com *Azospirillum brasilense* nas culturas de trigo e de milho safrinha. **Revista Scientia Agraria**, v. 18, p. 97-103, 2017.

OHLAND, R. A. A. et al. Culturas de cobertura do solo e adubação nitrogenada no milho em plantio direto. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, p. 538-544, 2005.

OITA, A. et al. Substantial nitrogen pollution embedded in international trade. **Nature Geoscience**, v. 9 p. 111-116, 2016.

OLIVEIRA, F. C. et al. Corn development and production in function of sources of nitrogen fertilizers and doses. **Revista Caatinga**, v. 29, p. 812-821, 2016.

PARIZ, C. M. et al. Straw decomposition of nitrogen-fertilized grasses intercropped with irrigated maize in an integrated crop-livestock system. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35. p.2029-2037, 2011.

PEREIRA, E. S.; GALANTINI, J.; QUIROGA, A. Calidad de cultivos de cobertura en sistemas de siembra directa del sudoeste bonaerense. **Ciencia del Suelo**, v. 35, p. 337-350, 2017.

PIAZANI, F. S. et al. Características agronômicas e bromatológicas de híbridos de milho para produção de silagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.411-417, 2009.

POFFENBARGER, H. J. et al. Biomass and nitrogen content of hairy vetch–cereal rye cover crop mixtures as influenced by species proportions, **Agronomy Journal**, v.107, p.2069–2082, 2015.

PORTUGAL, J. R. et al. Coberturas vegetais, doses de nitrogênio e inoculação com *Azospirillum brasilense* em milho no Cerrado. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, p. 639-649, 2017.

POTRICH, D. C. et al. Decomposição de resíduos culturais de cana-de-açúcar submetidos a diferentes doses de nitrogênio. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, p. 1751-1760, 2014.

RIBEIRO, P. H. et al. Adubação verde, os estoques de carbono e nitrogênio e a qualidade da matéria orgânica do solo. **Revista Verde**, v. 6, p. 43-50, 2011.

ROESCH-MCNALLY, G. E. et al. The trouble with cover crops: Farmers' experiences with overcoming barriers to adoption. **Renewable Agriculture and Food Systems**, v. 33, p. 322-333, 2018.

SALMAN, A. K. D.; SOARES, J. P. G.; CANESIN, R. C. Métodos de amostragem para avaliação quantitativa de pastagens. **Circular técnica 84**, Porto Velho, 2006.

SANDERS, Z. P. et al. Optimizing agronomic practices for clover persistence and corn yield in a white clover–corn living mulch system. **Agronomy Journal**, v. 109, p. 2025–2032, 2017.

SANTOS, M. M. et al. Épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura na cultura do milho em plantio direto, e alocação do nitrogênio (^{15}n) na planta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p.1185-1194, 2010.

SCHIPANSKI, M. E. et al. A framework for evaluating ecosystem services provided by cover crops in agroecosystems. **Agricultural Systems**, v. 125, p. 12-22, 2014.

SILVA, D. A. et al. Culturas antecessoras e adubação nitrogenada na cultura do milho, em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.5, p.75-88, 2006.

SILVA, G. F. et al. Doses de nitrogênio e de fósforo recomendadas para produção econômica de milho verde em Mossoró-RN. **Magistra**, v. 26, p. 467- 481, 2014.

SILVA, M. A. G. et al. Manejo da adubação com sulfato de amônio no desempenho produtivo do milho cultivado após aveia e trigo. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, p. 577-588, 2014.

SIMÃO, E. P. et al. Demanda de nutrientes pelo milho safrinha em função da época de semeadura e adubação. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 16, p. 481-494, 2017.

SOUZA, J. A.; BUZETTI, S.; MOREIRA, A. Viabilidade econômica de fontes e doses de nitrogênio no cultivo do milho segunda safra em sistema de plantio direto. **Revista Ciências Agrárias**, v. 58, p. 308-313, 2015.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM. **Statistical analysis system user's guide**. Version 8.2. Cary: Statistical Analysis System Institute, 2000.

SVENNING, M.; MACDUFF, J. Low root temperature retardation of the mineral nitrogen induced decline in N₂ fixation by a northern ecotype of white clover. **Annals of Botany**, v. 77, p. 615-621, 1996.

UENO, R. K. et al. Exportação de macronutrientes do solo em área cultivada com milho para alimentação de bovinos confinados. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, p. 3001-3018, 2013.

VALDERRAMA, M. et al. Fontes e doses de NPK em milho irrigado sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 41, p. 254-263, 2011.

VELOSO, M. E. C. et al. Doses de nitrogênio na cultura do milho, em solos de várzea, sob sistema de drenagem subterrânea. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 5, p. 382-394, 2006.

WOLSCHICK, N. H. et al. Cobertura do solo, produção de biomassa e acúmulo de nutrientes por plantas de cobertura. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 15, p.134-143, 2016.

ZEMENCHIK, R. K. et al. Corn production with kura clover as a living mulch. **Agronomy Journal**, v. 92, p. 698-705, 2000.

ANEXOS

Figura 1. Distribuição pluviométrica de chuva (mm) durante a estação de crescimento das pastagens e do milho na Fazenda Experimental do centro (FECEO), Guatambú-SC.

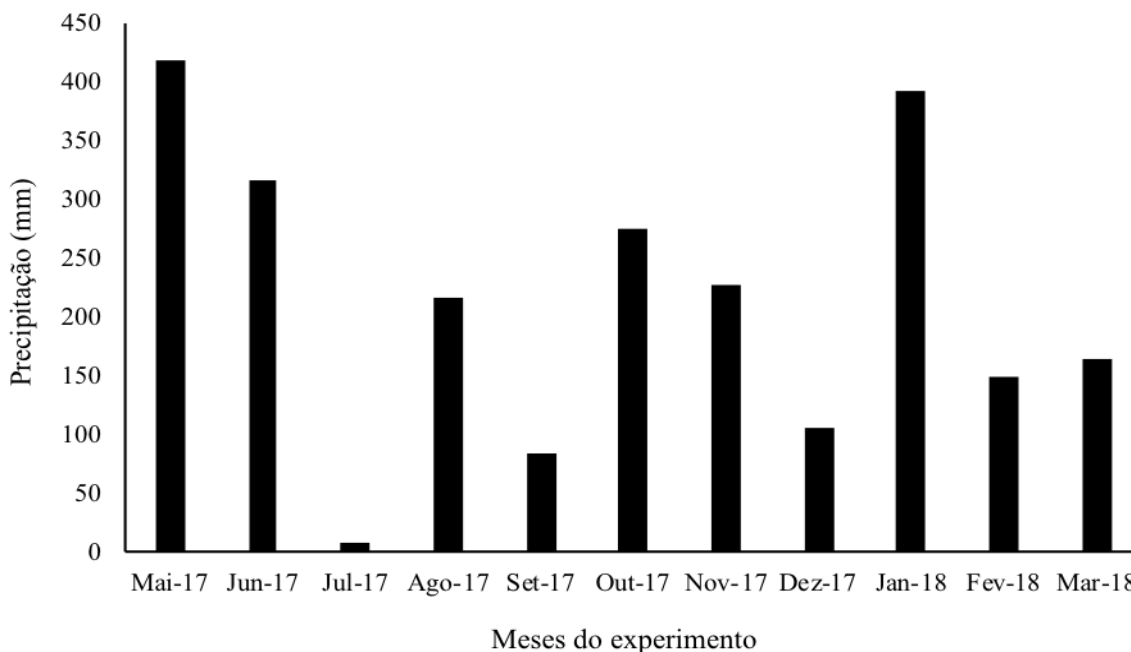


Tabela 1. Parâmetros químicos e físicos do solo da área experimental da Fazenda Experimental do Centro (FECEO) na profundidade 0,0-0,2 m.

	MO ¹	Argila	SB ²	pH	Índice SMP	CTC ³	Ca	Mg	H+Al	Al	P	K
	(%)					...cmol/dm ³ ...				mg/dm ³		
Latossolo	3,0	56	53,5	4,7	5,8	11,81	4,9	0,9	5,5	1,6	22,7	196,0

¹ Matéria orgânica; ² Saturação por bases; ³ Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0.

Tabela 2. Produção total de matéria seca (kg MS ha⁻¹) e participação das espécies de aveia preta, amendoim forrageiro, ervilhaca, trevo branco e trevo vermelho na cobertura de solo. Guatambú, SC.

Tratamentos	Produção total de MS (kg ha ⁻¹)	Percentual de gramíneas no dossel (%)	Percentual de Leguminosas no dossel (%)
Av+Am	1374 ±607	100	-
Av+N	1776 ±429	100	-
Av+Er	1617 ±498	80,08	19,92
Av+Tb	1504 ±426	79,53	20,47
Av+Tv	1834 ±376	67,03	32,97

Abreviações: Av+Am= aveia preta + amendoim forrageiro; Av+N= aveia preta + 200 kg N ha⁻¹; Av+Er= aveia preta + ervilhaca; Av+Tb= aveia preta + trevo branco; Av+Tv= aveia preta + trevo vermelho.

Tabela 3. Rendimento de grãos (RG) (kg ha^{-1}) e peso de mil sementes (P1000) (g) de plantas de milho em função de coberturas de aveia preta + amendoim forrageiro, aveia preta + adubação nitrogenada, aveia preta + ervilhaca, aveia preta + trevo branco e aveia preta + trevo vermelho e doses de N. Guatambú-SC.

	Coberturas				
	Av+Am	Av+N	Av+Er	Av+Tb	Av+Tv
RG (kg ha^{-1})^{NS}	10653 \pm 2741	12475 \pm 2533	13023 \pm 3554	10282 \pm 2221	10882 \pm 2118
P1000 (g)	337,4 ^b \pm 45,9	366,4 ^a \pm 49,6	352,8 ^{ab} \pm 47,2	338,5 ^{ab} \pm 45,9	340,3 ^{ab} \pm 49,6
	Dose de N (kg ha^{-1})				
	0	100	200		
RG (kg ha^{-1})	10859 ^b \pm 2301	10964 ^b \pm 3085	12485 ^a \pm 2934		
P1000 (g)	339,4 ^b \pm 40,7	348,4 ^{ab} \pm 48,1	358,0 ^a \pm 50,2		

Abreviações: Av+Am= aveia preta + amendoim forrageiro; Av+N= aveia preta + 200 kg N ha^{-1} ; Av+Er= aveia preta + ervilhaca; Av+Tb= aveia preta + trevo branco; Av+Tv= aveia preta + trevo vermelho. Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ^{NS} Não significativo.

Tabela 4. Número de espigas por planta, diâmetro de espiga (mm), número de fileiras por espiga e diâmetro de colmo (mm) de plantas de milho em função de doses de N. Guatambú-SC.

Dose de N	Número de espiga por planta	Diâmetro de espiga (mm)	Número de fileiras por espiga	Diâmetro de colmo (mm)
0	0,99 ^{ab} \pm 0,04	52,66 ^b \pm 3,63	19,25 ^a \pm 1,71	23,68 ^b \pm 4,58
100	0,98 ^b \pm 0,11	53,01 ^b \pm 3,81	18,89 ^b \pm 1,94	25,51 ^a \pm 5,22
200	1,06 ^a \pm 0,14	53,60 ^a \pm 3,81	18,75 ^b \pm 1,72	26,29 ^a \pm 5,27

Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 5. Massa de palhada (kg ha^{-1}), peso de espiga (g), comprimento de espiga (cm), número de grãos por fileira, teor de clorofila foliar, altura de inserção da espiga (m) e altura de plantas (m) de milho em função de coberturas de aveia preta + amendoim forrageiro, aveia preta + adubação nitrogenada, aveia preta + ervilhaca, aveia preta + trevo branco e aveia preta + trevo vermelho e doses de N. Guatambú-SC.

Coberturas	Av+Am	Av+N	Av+Er	Av+Tb	Av+Tv
Doses de N	Massa de palhada (kg ha^{-1})^{NS}				
0	6009 \pm 1050	10930 \pm 4848	8675 \pm 1862	8572 \pm 2641	7316 \pm 2137
100	6980 \pm 1279	10753 \pm 4313	7933 \pm 1175	8083 \pm 1511	8496 \pm 2526
200	6655 \pm 1756	11235 \pm 4187	7619 \pm 1508	9841 \pm 2564	9450 \pm 4249
	Peso de espiga (g)				
0	200,5 ^{bb} \pm 70,7	269,8 ^A \pm 69,9	249,1 ^B \pm 89,8	207,8 ^B \pm 53,9	218,1 ^B \pm 70,3
100	214,7 ^{ab} \pm 82,2	255,8 \pm 74,4	258,4 \pm 88,8	227,1 \pm 75,6	225,8 \pm 69,1
200	248,9 ^a \pm 75,0	274,6 \pm 71,1	249,9 \pm 100,1	227,7 \pm 73,3	244,0 \pm 76,6
	Comprimento de espiga (cm)				
0	15,57 ^b \pm 3,0	17,80 \pm 2,0	16,60 \pm 3,1	15,37 \pm 2,2	15,72 \pm 2,4
100	15,57 ^{bb} \pm 3,3	18,42 ^A \pm 1,4	16,80 ^{AB} \pm 3,5	16,80 ^{AB} \pm 2,8	16,42 ^{AB} \pm 2,7
200	17,33 ^a \pm 2,4	18,13 \pm 2,7	16,74 \pm 3,8	16,23 \pm 2,1	17,05 \pm 2,5
	Número de grãos por fileira				
0	29,20 ^{bb} \pm 7,6	34,33 ^A \pm 4,0	31,10 ^{AB} \pm 6,8	29,18 ^{AB} \pm 4,9	30,50 ^{AB} \pm 4,9
100	28,88 ^{bb} \pm 7,0	33,88 ^A \pm 2,8	32,45 ^{AB} \pm 6,3	32,00 ^{AB} \pm 5,6	32,31 ^{AB} \pm 5,0
200	32,92 ^a \pm 6,0	34,68 \pm 5,2	31,63 \pm 7,2	31,22 \pm 5,1	32,90 \pm 4,7
	Teor de clorofila foliar				
0	36,47 ^{bb} \pm 7,0	47,26 ^A \pm 5,9	42,48 ^{cAB} \pm 7,7	40,75 ^{bAB} \pm 4,6	40,10 ^{bAB} \pm 5,8
100	43,30 ^a \pm 7,9	48,25 \pm 5,0	46,57 ^b \pm 6,2	43,14 ^b \pm 6,8	44,95 ^a \pm 5,2
200	45,86 ^a \pm 6,2	50,84 \pm 5,2	50,45 ^a \pm 6,0	47,81 ^a \pm 5,1	47,35 ^a \pm 5,3
	Altura de inserção da espiga (m)				
0	1,17 ^b \pm 0,12	1,42 \pm 0,22	1,37 \pm 0,21	1,39 ^b \pm 0,18	1,30 \pm 0,18
100	1,29 ^a \pm 0,27	1,42 \pm 0,29	1,35 \pm 0,22	1,30 ^b \pm 0,07	1,32 \pm 0,21
200	1,29 ^a \pm 0,27	1,42 \pm 0,23	1,34 \pm 0,22	1,49 ^a \pm 0,25	1,34 \pm 0,18
	Altura de planta (m)				
0	2,25 ^{bb} \pm 0,22	2,58 ^A \pm 0,28	2,48 ^A \pm 0,27	2,49 ^{AB} \pm 0,25	2,40 ^{AB} \pm 0,32
100	2,35 ^{ab} \pm 0,39	2,52 \pm 0,40	2,55 \pm 0,31	2,44 \pm 0,37	2,43 \pm 0,24
200	2,42 ^a \pm 0,35	2,53 \pm 0,30	2,54 \pm 0,27	2,47 \pm 0,38	2,44 \pm 0,25

Abreviações: Av+Am= aveia preta + amendoim forrageiro; Av+N= aveia preta + 200 kg N ha^{-1} ; Av+Er= aveia preta + ervilhaca; Av+Tb= aveia preta + trevo branco; Av+Tv= aveia preta + trevo vermelho. Médias seguidas de letras diferentes, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ^{NS} Não significativo.

**2.3. – MANUSCRITO III - VIABILIDADE ECONÔMICA DE CULTIVO DE MILHO
COM DOSES CRESCENTES DE NITROGÊNIO MINERAL EM SUCESSÃO AS
PASTAGENS CONSORCIADAS**

Autores: Daniel Augusto Barreta, Luiz Alberto Nottar, Flávio José Simioni, Dilmar Baretta

De acordo com normas do Manual da UDESC

2.3.1. RESUMO

O uso de gramíneas e leguminosas forrageiras consorciadas tem o intuito de aproveitar a complementariedade das plantas e, este sinergismo, pode representar uma economia de fertilizante nitrogenado e um alto valor nutricional do dossel. Neste sentido, o objetivo do presente estudo foi avaliar a viabilidade econômica de sistemas de produção com o uso de pastagens de estação fria, mistas ou estreme, seguidas do cultivo em sucessão de milho com doses crescentes de adubação nitrogenada em cobertura. Na primeira etapa os tratamentos foram: aveia preta (*Avena strigosa* cv. Embrapa 139) estreme adubada com 200 kg de N ha⁻¹ (Av+N); aveia preta + trevo branco (*Trifolium repens* cv. Zapican) (Av+Tb); aveia preta + ervilhaca (*Vicia sativa* cv. SS Ametista) (Av+Er); aveia preta + trevo vermelho (*Trifolium pratense* cv. Estanzuela 116) (Av+Tv); e aveia preta + amendoim forrageiro (*Arachis pintoi* cv. Belmonte) (Av+Am). O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com quatro repetições. As forrageiras foram cortadas três vezes e, em seguida, procedeu-se o diferimento da área por 37 dias. Foram mensuradas as variáveis de produção e composição químico-bromatológica das pastagens, que em conjunto permitiram estimar a produção de leite por área (kg ha⁻¹) e a consequente renda bruta (RB) ha⁻¹. A segunda etapa consistiu no plantio de milho sob as áreas de pastagem, nas quais foram testadas as doses crescentes de 0, 100 e 200 kg de N ha⁻¹ em um delineamento de parcelas subdivididas. Em relação ao milho, foram calculados seis índices de lucratividade, dos quais ressalta-se a margem bruta (MB) ha⁻¹. Todos os dados foram submetidos à análise de variância e ao teste de comparação de médias de Tukey a 5% de probabilidade. Na fase pastagem, o tratamento Av+N apresentou maior renda bruta em relação aos demais, com um custo por kg de MS produzida igual aos demais tratamentos. Na segunda etapa, a margem bruta foi maior no tratamento Av+Er em relação aos demais, mas não diferiu do tratamento Av+N. Já a taxa de aplicação de N no milho não influenciou a margem bruta de nenhum dos tratamentos estudados. Em termos de sistema, o melhor resultado econômico foi obtido com o uso de Av+N, seguido do cultivo de milho, independentemente da dose de N utilizada no cereal.

Palavras-chave: adubação nitrogenada, culturas de cobertura, lucratividade, margem bruta.

2.3.2. INTRODUÇÃO

A pesquisa científica na área de ciências agrárias é voltada majoritariamente para avaliação de variáveis resposta de cunho técnico, de modo que avaliações que incorporem o aspecto econômico são menos disseminadas. Contudo, vale salientar que o aspecto econômico é o principal atributo que define a adoção ou não de uma determinada técnica/tecnologia por parte de empresas e produtores rurais. Deste modo, o retorno econômico é fundamental para garantir a sustentabilidade das empresas rurais (SOARES et al., 2015).

No tocante à viabilidade econômica da produção leiteira à base de pasto, estes sistemas são mais flexíveis em relação àqueles com alta suplementação e, podem ser mais ou menos intensificados de acordo com a conjuntura econômica (SILVA et al., 2008), haja visto que a alimentação do rebanho é a variável mais importante dos custos operacionais da produção leiteira (PEREIRA, 2000). Quando o objetivo é o aumento da produção de leite, este caminho passa impreterivelmente pela maior produção de forragem, pois altos rendimentos forrageiros são necessários para a manutenção da economicidade do sistema (ELGERSMA e SØEGAARD, 2018). Neste caso, uma das estratégias para alcançar este objetivo é por meio do uso de fertilizantes nitrogenados (WHITEHEAD, 1995).

Dentro deste escopo, RAMSBOTTOM et al. (2015) realizaram um estudo a partir dos dados de desempenho produtivo e financeiro de 1561 fazendas leiteiras na Irlanda, entre os anos de 2008 e 2011, e verificaram uma associação positiva entre o aumento da produção de pastagem e o lucro líquido $\text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ (€ 268 a mais por tonelada de MS colhida). Resultados semelhantes também foram encontrados por HANRAHAN et al. (2018) que verificaram um incremento de € 173,00 de lucro líquido por ano para cada tonelada adicional de MS de pastagem produzida ha^{-1} .

Escolher a opção forrageira mais adequada para o sistema de produção é uma tarefa multidisciplinar, pois a produção de leite e a receita por área são respostas que variam em função do valor nutricional e da produtividade das forrageiras (DOCE; BARON; DICK, 2015; RENNÓ et al., 2008). A maximização dos lucros na atividade leiteira passa pela avaliação bioeconômica dos alimentos utilizados na atividade (LEITE; GOMES, 2001). Apesar disto, há poucas publicações sobre as respostas econômicas e de produção de leite em função da dose de fertilizante nitrogenado aplicado no contexto do sistema completo de

produção à base de pasto (MACDONALD et al., 2017), principalmente na região Sul do Brasil quando se compara sistemas de cultivo estreme ou mistos.

Em relação aos sistemas agrícolas de produção, quando as plantas de cobertura são pastejadas, configura-se um novo sistema de produção, a integração lavoura-pecuária (ILP) cuja justificativa está enraizada no sinergismo mútuo entre plantas e animais, quando intermediados corretamente pelo homem (CARVALHO et al., 2018). Em um sistema consolidado (12 anos) de ILP (bovinos de corte – soja) na Região Sul do Brasil, o emprego de um pastejo moderado na fase pecuária propiciou maior rentabilidade do sistema como um todo, quando comparado à produção exclusivamente agrícola. Vale ressaltar que neste estudo a pastagem era exclusiva de gramíneas (*Avena strigosa* Schreb e *Lolium multiflorum* Lam.) e o cultivo agrícola, de soja (*Glicine max*) (OLIVEIRA et al., 2013).

Contudo, nos sistemas que incluem milho na rotação de culturas, o uso exclusivo de gramíneas na fase pastagem pode ser prejudiciais, principalmente pela imobilização de N causado pela alta relação C/N destes materiais (FINNEY, WHITE, KAYE, 2016). Neste contexto, o uso da consorciação de gramíneas e leguminosas é uma alternativa para contornar este empasse (ZIECH et al., 2015). CHERUBIN et al. (2014) avaliaram na região do Alto Uruguai do Rio Grande do Sul-BR diversas culturas de cobertura antecedendo o milho e verificaram maior produção quando consorciadas aveia preta e ervilhaca em relação à aveia ou o azevém estreme. No entanto, os autores não realizaram nenhum corte na pastagem, tampouco avaliaram a economicidade dos tratamentos.

Dentro deste escopo, o objetivo deste trabalho foi avaliar a viabilidade econômica de sistemas de produção com o uso de pastagens de estação fria, mistas ou estreme, submetidas a três cortes mecânicos seguidas do cultivo de milho com doses crescentes de adubação nitrogenada em cobertura.

2.3.3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no município de Guatambú-SC, na Fazenda Experimental do Centro de Educação Superior do Oeste (FECEO-UDESC) em uma área previamente corrigida para pH 6,0 e livre de invasoras. O clima da região é temperado úmido com verões quentes (Cfa) (ALVARES et al., 2013) e o solo da área experimental é um Latossolo Vermelho distrófico (EMBRAPA, 2013).

2.3.3.1. Etapa I

A primeira etapa teve início em maio de 2017 e consistiu na implantação de cinco diferentes arranjos de pastagem: aveia preta (*Avena strigosa* cv. Embrapa 139) estreme fertilizada com 200 kg de N ha⁻¹ (Av+N); aveia preta + trevo branco (*Trifolium repens* cv. Zapican) (Av+Tb); aveia preta + ervilhaca (*Vicia sativa* cv. SS Ametista) (Av+Er); aveia preta + trevo vermelho (*Trifolium pratense* cv. Estanzuela 116) (Av+Tv); e aveia preta + amendoim forrageiro (*Arachis pintoi* cv. Belmonte) (Av+Am). Os tratamentos foram alocados em parcelas experimentais de 80 m² em um esquema de delineamento em blocos casualizados com cinco tratamentos e quatro repetições. A densidade de semeadura das espécies foi de 70, 3, 50 e 8 kg ha⁻¹ para aveia, trevo branco, ervilhaca e trevo vermelho, respectivamente. Quanto ao amendoim, as mudas foram dispostas de maneira a proporcionar um *stand* de 50.000 plantas ha⁻¹. A adubação de base da área seguiu as recomendações do CQFS – RS/SC (2016) para consorciações de inverno para P e K. Quanto a adubação nitrogenada, apenas a aveia estreme foi fertilizada com 200 kg N ha⁻¹, subdivididos em quatro dosagens, 30 kg N ha⁻¹ na semeadura, 56 kg N ha⁻¹ no perfilhamento (29/06/2017) e 57 kg N ha⁻¹ após o primeiro e segundo corte.

As parcelas foram cortadas mecanicamente em três oportunidades, nos dias 17/07/2017, 15/08/2017 e 11/09/2017. Antes do corte procedeu-se a amostragem do material, por meio do “método do quadrado” (SALMAN; SOARES; GANESIN, 2006), com altura de corte de 10 cm. O material coletado em cada repetição nas três oportunidades foi homogeneizado proporcionalmente ao seu rendimento para cada um dos cortes e encaminhado para análise químico-bromatológica pelo método de NIRS (MARTEN et al., 1989; GOESER e COMBS, 2009). As amostras foram avaliadas quanto a: proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra insolúvel em detergente neutro (FDN), fibra insolúvel em detergente ácido (FDA), matéria mineral (MM) e digestibilidade do FDN em 48 horas (DFDN).

A partir dos resultados químico-bromatológicos das pastagens foi possível estimar qual seria a produção potencial de leite a partir das pastagens (kg leite t⁻¹ MS) por meio do simulador *Milk2016*® (UNDERSANDER; COMBS; SHAVER, 2013). Este resultado, combinado com a produção de MS das forrageiras permitiu calcular a produção estimada de leite por área (kg ha⁻¹). O simulador é uma atualização mais robusta de outros programas

(UNDERSANDER et al., 1993; SHAVER et al., 2006) e leva em consideração os teores energéticos da pastagem, a capacidade de ingestão e a digestibilidade total da fibra em detergente neutro. Atualmente o uso do *milk2016*® tem se disseminado entre os pesquisadores (ANDRZEJEWSKA et al., 2018; BÉLANGER et al., 2018; WOOD et al., 2018) como uma ferramenta que auxilia a avaliação da qualidade das pastagens, pois combina, em um único índice, o rendimento forrageiro e a qualidade nutricional.

Após o terceiro corte as parcelas foram diferidas por 37 dias para acúmulo de biomassa e, na sequência, a área foi dessecada por meio do uso de herbicida não seletivo, exceto nas parcelas com amendoim forrageiro, nas quais foi utilizado herbicida seletivo (graminocida) com intuito de terminar apenas com a cultura da aveia.

2.3.3.2. Etapa II

No dia 18/10/2017 foi realizado o plantio do milho, em sistema de plantio direto, com o híbrido Agroceres 8088 VT PRO 2® e densidade de 60.000 sementes ha⁻¹. A adubação de base seguiu as recomendações do CQFS – RS/SC (2016) e foi igual para todas as parcelas. O controle químico de plantas daninhas foi realizado 13 dias após a semeadura (DAS) em todas as parcelas, exceto naquelas com a presença de amendoim forrageiro, cujo controle foi realizado de maneira manual em duas oportunidades, aos 13 e 48 DAS. O controle de pragas foi realizado em toda a área em duas ocasiões, aos 13 e 34 DAS. Em relação a sanidade da lavoura, procedeu-se apenas uma única aplicação de inseticida, aos 48 DAS.

Aos 23 DAS materializou-se o segundo fator de variação do experimento, as parcelas experimentais foram divididas em três subparcelas de 26,7 m², nas quais fez-se a aplicação de nitrogênio em cobertura nas doses de 0, 100 e 200 kg N ha⁻¹ subdivididas em duas ocasiões, aos 23 e 39 DAS. A partir da divisão, o experimento passou a contar com 15 diferentes arranjos, cinco coberturas e três doses de N, ou seja, um delineamento de parcelas subdivididas (*Split plot*). Aos 159 DAS (26/03/2018) foi realizada a colheita do milho quando este apresentava-se no estágio de maturidade fisiológica (R6). Na ocasião, foram colhidas 15 plantas do centro da parcela, das quais fez-se a debulha manual dos grãos, pesagem e correção do peso para 13% de umidade. A partir disto, os dados foram extrapolados para o *stand* de 57.000 plantas de acordo com uma contagem prévia realizada para determinar a densidade de plantas, afim de obter a produtividade de grãos por hectare

(kg ha⁻¹).

2.3.3.3. Custos de produção e receita bruta

Em relação aos custos de produção, todos foram extrapolados para uma área de um hectare. Em relação aos insumos, foi considerado o preço nominal praticado por uma agropecuária do município de Chapecó no período de abril de 2017 para os insumos da etapa I e, de setembro de 2017 para os da etapa II, ou seja, o valor nominal que foi praticado para aquisição dos produtos. Em relação aos demais custos, tomou-se por base aqueles disponibilizados pela EPAGRI/CEPA que consideram os seguintes componentes: mão-de-obra, assistência técnica, serviços mecânicos, custos financeiros e despesas gerais e de comercialização (EPAGRI/CEPA, 2017a; 2017b).

Quanto às parcelas com amendoim forrageiro, o custo de implantação baseou-se no preço cobrado por uma empresa da região especializada na venda e plantio de mudas de forrageiras perenes. No entanto, este custo de implantação foi rateado por dez, assumindo-se que a persistência do amendoim forrageiro na área será de pelo menos dez anos (FONTANELI; FONTANELI; SANTOS, 2012; NASCIMENTO, 2006). Nas áreas com amendoim forrageiro não foi realizada aplicação de herbicidas para o controle de ervas daninhas na cultura do milho. Em contrapartida, houve necessidade de duas limpezas manuais. Em média, estimou-se 5 UTH ha⁻¹ (unidade de trabalho homem) para cada limpeza. O valor de UTH também tomou por base as estimativas da EPAGRI/CEPA (2017b).

A descrição de todos os custos operacionais da etapa I está disponível na Tabela 1. A relação da composição dos custos da etapa II está descrita na Tabela 2. Os custos com ureia, transporte e comercialização são dependentes da dose utilizada, do rendimento do milho e da receita bruta da lavoura, respectivamente.

Em relação às receitas do leite, tomou-se por base o preço médio recebido pelos produtores de Santa Catarina entre os meses de julho, agosto e setembro de 2017 (meses dos cortes da pastagem), que foi de R\$ 1,01 litro⁻¹ de leite entregue na plataforma de recebimento (CONSELEITE/RS, 2018). Quanto à receita do milho, o preço base tomado para os cálculos foi de R\$ 33,89 saca⁻¹ (60 kg), que corresponde ao preço médio recebido pelo produtor catarinense no mês de março de 2018 (colheita) (AGROLINK, 2018).

A Figura 1 demonstra a evolução do preço médio (mensal) recebido pelos produtores

na comercialização de leite (kg) e milho (saco de 60 kg) nos últimos 5 anos e 10 meses (jan/2013 – out/2018) no estado de Santa Catarina. De acordo com a Figura 1 é possível perceber o momento favorável principalmente do preço do milho no mês de março de 2018 frente aos valores dos demais meses.

2.3.3.4. Análise econômica e análise estatística

O programa *milk2016*® não considera os custos de produção da atividade leiteira (energia elétrica, mão de obra, equipamentos de ordenha etc.) o que não permite a determinação de alguns índices econômicos tradicionais da atividade, como a margem bruta, por exemplo. No entanto, a determinação do custo operacional efetivo (COE) das pastagens (MARTIN et al. 1998) e a estimativa do leite produzido por tonelada de MS (kg t^{-1} MS) são indicativos importantes que auxiliam na determinação da viabilidade dos sistemas. Neste sentido, a partir das informações disponíveis foram determinados os seguintes índices econômicos:

- a) Produção de leite por área (kg leite ha^{-1});
- b) COE de produção da pastagem por kg de MS ($\text{R\$ kg}^{-1}$ de MS);
- c) Produção de leite em relação ao COE da pastagem ($\text{kg de leite R\$}^{-1}$ investido);
- d) Renda bruta do leite em relação ao COE da pastagem ($\text{R\$ R\$}^{-1}$ investido).

Em relação à segunda etapa do experimento, por se tratar de um cultivo essencialmente agrícola, foi possível quantificar uma maior quantidade de custos de produção, como os custos variáveis totais (CV), de acordo com a metodologia proposta pela EPAGRI/CEPA (2017). Para determinação do custo operacional total (COT) considerou-se um acréscimo 5% dos CV para as despesas indiretas, como depreciações, encargos sociais e financeiros (MARTIN et al., 1998). A partir destas informações foram calculados os seguintes indicadores de eficiência econômica e técnica conforme a metodologia descrita por SIMIONI et al. (2017).

- a) Produtividade de milho por área (kg ha^{-1}).
- b) Renda bruta (RB), que é a quantidade de milho produzida (q), valorada pelo preço de mercado praticado (p) em março de 2018 ($\text{RB} = q * p$);
- c) Margem bruta (MB), ($\text{MB} = \text{RB} - \text{CV}$);
- d) Renda líquida (RL), ($\text{RL} = \text{RB} - \text{COT}$);

- e) Proporção da RB destinada a remuneração dos custos fixos (PRCF), $(PRCF=(RB-CV) / RB)$;

Todos os dados (etapa I e etapa II) foram inicialmente avaliados de acordo com a normalidade pelo teste de Kolmogorov-Smirnov e para homogeneidade de variâncias pelo teste de Cochran. Na sequência os dados foram submetidos à análise de variância e ao teste de comparação de médias de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando-se SAS (2000).

2.3.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os indicadores técnicos e econômicos da etapa I, de pastagens, estão ilustrados na Tabela 3. A utilização de adubação mineral em cobertura no tratamento com aveia estreme propiciou um aumento substancial na produção de matéria seca. Este mesmo tratamento foi o que apresentou maior custo operacional efetivo de implantação, de modo que a ureia representou cerca de 41 % do custo da pastagem, valor superior ao verificado por RESTLE et al. (2000) de 34,1% em uma pastagem de aveia preta e azevém. Mesmo assim, a alta produtividade permitiu com que o custo do kg de MS produzido fosse semelhante aos demais consórcios, exceto para a consorciação com a utilização do amendoim forrageiro, que foi mais onerosa (R\$ 0,38 kg⁻¹ de MS).

O rendimento forrageiro também foi determinante para a produção de leite por área, que foi claramente influenciada pela produção das pastagens, ou seja, a qualidade nutricional das pastagens foi equivalente (produção de leite t⁻¹ MS) e o diferencial de cada uma foi o seu rendimento, esse fato fez com que a produção por área fosse maior para o tratamento Av+N. Em termos práticos, altos rendimentos forrageiros são sinônimos de alta carga animal por área e consequente aumento de produtividade (ELGERSMA e SØEGAARD, 2018). Em consequência da maior produção de leite por área, a renda bruta seguiu a mesma tendência e foi superior para o cultivo estreme em relação aos demais tratamentos (Tabela 3).

A produção de leite por área também vem sendo usada como critério de avaliação para comparar a pastagem de azevém vs. festuca (*Lolium arundinaceum*) submetidas a diferentes alturas de resteva (cortes mecânicos). Os autores perceberam um efeito claro do rendimento de matéria seca sobre a produtividade de leite por área e consideram que a opção por forrageiras mais produtivas são alternativas para mitigar os custos de produção de leite (HAMILTON et al., 2013).

A rentabilidade de sistemas também foi avaliada com auxílio do índice kg de leite ha⁻¹ (programa MILK2013®) para comparar uma pastagem perene composta por alfalfa (*Medicago sativa*), azevém perene (*Lolium perenne*) e capim timóteo (*Phleum pratense*) frente a outros cinco sistemas com culturas intercaladas de soja, milho para silagem e trigo orgânico durante três anos na província de Maine-USA. O uso da pastagem perene permitiu uma rentabilidade semelhante aos sistemas com entrada de trigo na rotação, principalmente devido ao baixo custo de manutenção das pastagens (ROCHE et al., 2017). Contudo, os autores reiteraram a necessidade de análises futuras que descrevam com maior precisão e clareza a transformação do índice kg de leite ha⁻¹ em uma variável monetária.

Em termos de segurança de investimento, o retorno por real investido é um índice importante de ser avaliado, neste caso o consórcio Av+Am apresentou menor retorno em termos de kg de leite e RB por real investido comparado ao consórcio Av+Tb (Tabela 3). Este cenário é decorrente do alto custo de implantação da forragem perene (CARVALHO et al., 2010) e que neste caso foi subutilizada por não estar na sua condição climática ideal (FONTANELI; FONTANELI; SANTOS, 2012). Os consórcios Av+Er, Av+Tv e Av+N foram semelhantes a todos os tratamentos, ou seja, a proporção de retorno por real investido é similar. No entanto, como no tratamento Av+N o valor investido foi maior e a proporção de retorno é a mesma, em termos monetários, esperava-se uma margem bruta maior (Tabela 3).

Contudo, é preciso ter cautela na avaliação deste resultado, pois isso pode conduzir a falsa impressão de que os ganhos com o uso de N serão ilimitados, o que não é verídico. Além disto, a suplementação externa de N realizada em doses exacerbadas pode causar sérios prejuízos à saúde humana e aos serviços ecossistêmicos (OITA et al., 2016). De modo que apenas uma mitigação ambiciosa será capaz de frear a emissão de gases de efeito estufa (GEE) e essa estratégia passa impreterivelmente pela redução do desperdício de alimentos e melhoria da eficiência de utilização dos recursos na produção agrícola e animal (BODIRSKY et al., 2014). Desta forma, sugere-se outros estudos que comparem estes dois cenários Av+Er e Av+N não apenas quanto a eficiência técnica e econômica, mas também quanto a emissão de GEE, com índices como Kg de CO₂ equivalente Kg⁻¹ de carne ou sólidos de leite.

Em relação ao cultivo agrícola, o desempenho agrônomico do milho e os resultados dos índices econômicos estão disponíveis nas Tabelas 4 e 5. Chama-se atenção para o rendimento de grãos, que foi a única variável que não apresentou diferença significativa em

função das plantas de cobertura, apenas em função da dose de N. O incremento das doses de N tem relação direta com a produtividade, de modo que AL-NAGGAR et al. (2015) verificaram incrementos de produtividade até doses de 570 kg de N ha⁻¹. Em Selvíria-MS, mesmo com o uso de inoculantes (*Azospirillum brasilense*) foram identificadas melhorias na produtividade de grãos de milho com doses de até 200 kg de N ha⁻¹ (GALINDO et al., 2016).

Apesar disso, ao tentar alcançar o potencial máximo de produção dos híbridos, os agricultores podem, sem se dar conta, caminhar para uma menor lucratividade da lavoura, haja visto que o resultado econômico é uma associação de fatores climáticos, ambientais e de manejo da lavoura (LAMBERT; LOWENBERG-DEBOER e MALZER, 2006; PUNTEL et al., 2016). Estas inferências justificam o efeito do N nos índices da Tabela 5. Como esperado, o custo de produção (CV e COT) aumentou significativamente com as maiores doses de N, assim como a renda bruta, se comparado o tratamento controle com a dose 200 kg de N ha⁻¹. Contudo, em termos de rentabilidade, as doses de N não influenciaram os índices de MB, RL e PRCF (Tabela 5).

Por outro lado, os índices de lucratividade foram influenciados pelas coberturas (Tabela 4), ou seja, os altos rendimentos proporcionados pelo uso do N mineral não garantiram, necessariamente, maior lucratividade. Em contrapartida, SANGOI et al. (2006) afirmam a partir de um experimento realizado em Lages-SC com níveis crescentes de manejo e doses de N (0, 40, 60 e 200 kg de N ha⁻¹ em cobertura) que é possível associar máxima eficiência técnica e econômica desde que o produtor tenha recurso para investir em insumos que realmente otimizem a performance agrônômica da cultura.

Ainda em relação aos custos das culturas de cobertura, estes foram semelhantes entre si, exceto o consórcio Av+Am, que apresentou um CV e COT superior (Tabela 4). Este fato é decorrente da necessidade do controle manual de invasoras no sistema, o que onerou os valores em cerca de 20%. Porém, vale salientar que os benefícios do amendoim forrageiro na área após a colheita do milho não foram considerados. Para o estado de Santa Catarina, o CV estimado pela EPAGRI (2017) para produção de milho com alta tecnologia no ano agrícola 16/17 foi de R\$ 3.840,53 ha⁻¹, valor superior ao verificado neste estudo (Tabela 4), exceto para o consórcio Av+Am. Por outro lado, o COT verificado nos tratamentos deste estudo foram superiores aos apontados pela CONAB (2017) no ano agrícola 17/18 para os estados do Rio Grande do Sul e Mato Grosso do Sul, que representaram R\$ 2.860,17 e 2.964,28,

respectivamente.

O COT de produção de milho no ano agrícola 17/18 também foi estimado no estado do Paraná (SEAB-DERAL, 2018). O instituto propõe um custo operacional total médio de 3.462,34 para condução de uma lavoura de milho com alta tecnologia. Este valor é próximo ao verificado neste trabalho, exceto quanto ao consórcio Av+Am. Esta similaridade de resultados pode estar associada a semelhança existente entre os Estados quanto a questões climáticas e de produtividade (CONAB, 2018).

Ainda quanto a região Centro-Oeste do Brasil, os produtores costumam investir menos nas lavouras em relação a região Sul, isto porque a produtividade média é menor. Segundo o IMEA (2017) para a safra 17/18 o CV e o COT de uma lavoura de milho de alta tecnologia para o Estado do Mato Grosso foram de R\$ 2.254,11 e 2.422,60, respectivamente. Contudo, a produtividade estimada é de 117,09 sacos ha⁻¹ e o preço médio praticado no mês de março de 2018 foi de R\$ 21,09 saco⁻¹ (60 kg) (IMEA, 2017; 2018). Logo, a MB estimada é em torno de R\$ 215,32 e substancialmente menor que a encontrada neste trabalho e observada na região Sul. Esta menor rentabilidade está associada ao preço de venda do milho, que na região Centro-Oeste do Brasil, historicamente, apresenta um valor menor em relação a região Sul, por estar localizada distante de grandes centros consumidores (OLIVEIRA e LOPES, 2015).

Em termos de rentabilidade, os resultados de MB e RL foram superiores no tratamento Av+Er, em relação aos consórcios Av+Tb, Av+Tv e Av+Am, porém foi semelhante aos índices do tratamento Av+N (Tabela 4). Estes indicadores são importantes porque representam o montante de receita que efetivamente permanece com o produtor após o pagamento dos custos variáveis totais (MB) e operacionais totais (RL) e sua proporção com base na receita bruta (PRCF) (MARTIN et al., 1998; SIMIONI et al., 2017).

No presente estudo, todos os índices foram positivos independentemente da cobertura vegetal e sem influência da dose de N. O mesmo não foi verificado em um experimento realizado em Manhattan-EUA, no qual o cultivo de milho sobre os resíduos de crotalaria (*Crotalaria juncea*) sem adubação nitrogenada apresentou um lucro operacional de US\$ -292,60 ha⁻¹, devido ao alto custo de implantação das culturas de cobertura (MAHAMA et al., 2016). Este desembolso é o principal entrave da popularização do uso de culturas de cobertura nos EUA (REEVES, 1994).

Mesmo que no presente estudo as culturas de cobertura não influenciaram a produtividade do milho, em virtude do preço de venda (R\$ 33,89 saca⁻¹ de 60 kg), pequenos incrementos produtivos podem culminar em maior rentabilidade. Neste sentido, o preço favorável calculado neste trabalho fez com que as condições favoráveis proporcionadas pelo consórcio Av+Er e Av+N fossem suficientes para propiciar incrementos de rentabilidade (Tabela 4). No caso da aveia estreme este efeito pode ser explicado em virtude da maior produção de massa e a agressividade da raiz, fatores que juntos promovem grande ciclagem do N aplicado na pastagem o que favorece a produtividade do milho (SILVA et al., 2014; SILVEIRA et al., 2012). Quanto ao consórcio, a ervilhaca pode liberar até 60% do N de seus resíduos durante o primeiro mês após a dessecação o que coincide com um período de alta exigência nutricional do milho, no qual se definem componentes importantes de produtividade (AITA e GIACOMINI, 2003; ARNON, 1974).

O efeito das plantas de cobertura sobre a MB do milho também foi avaliado por SILVA et al. (2008) em Eldorado do Sul-RS. Esses autores verificaram o efeito positivo do cultivo de ervilhaca apenas quando são utilizadas doses muito baixas de N no milho. Com doses de entre 100 a 180 kg de N ha⁻¹ o cultivo de ervilhaca, aveia ou pousio foram semelhantes.

Ainda quanto à rentabilidade, em um experimento realizado em Selvíria-MS, foram avaliados os efeitos de quatro doses de N em cobertura (0, 60, 90 e 120 kg N ha⁻¹) e três diferentes coberturas (milheto, crotalária e o consórcio destas) sobre a lucratividade do milho. Vale salientar que o custo de produção da cobertura verde em pré-cultivo foi adicionado aos custos da lavoura e que o preço de venda do milho e de compra da ureia foram de R\$ 0,42 kg⁻¹ (R\$ 25,2 saca⁻¹ de 60 kg) e 1,69 kg⁻¹, respectivamente. Diferentemente do nosso estudo, a dose de N influenciou a rentabilidade do sistema, de modo que, sobre os resíduos da gramínea, a lucratividade foi crescente com o incremento das doses de N. Contudo, o sistema mais lucrativo foi aquele cultivado sob os resíduos do consórcio com a utilização de uma dose entre 50 e 55 kg N ha⁻¹. Este resultado foi associado ao alto custo da ureia e também à maior disponibilidade de N proporcionada pelo consórcio em detrimento a uma gramínea estreme (KAPPES et al., 2015).

As divergências de resultados relatadas ao longo do texto quanto aos custos de produção e rentabilidade ilustram a variabilidade do preço dos insumos e do grão e da

produtividade do milho em função da região geográfica. Tal fato justifica a necessidade de se estabelecer estudos regionalizados, que considerem os fatores locais de produção, a fim de determinar o melhor manejo para aquela condição. Não obstante, NOGUEIRA (2004) pondera que embora não se tenha um índice padrão de comparação, o importante é que o produtor tenha acesso a pelo menos alguns destes índices a fim de auxiliar a tomada de decisões quanto ao gerenciamento de custos e receitas nas regiões específicas.

2.3.5. CONCLUSÃO

Em termos de viabilidade econômica de sistemas de produção e também em relação a produção de leite, o melhor tratamento foi Av+N.

Em relação ao cultivo isolado de milho, o tratamento Av+N não diferiu de Av+Er. Assim, caso o cultivo de inverno não seja utilizado para pecuária, recomenda-se o cultivo de Av+Er, com vistas a manutenção de um ambiente mais sustentável, sem o uso de N exógeno.

A presença do amendoim forrageiro no consórcio onera significativamente os custos de produção de milho no primeiro ano de cultivo, mas pode apresentar resultados diferentes a partir do segundo ano.

2.3.6. REFERÊNCIAS

AGROLINK, Cotações para o estado de Santa Catarina. **Disponível em:** <<https://www.agrolink.com.br/cotacoes/historico/sc/milho-seco-sc-60kg>> Acesso em: 19 de outubro de 2019.

AITA, C.; GIACOMINI, S. J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura de solo solteiras e consorciadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 601- 612, 2003.

ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, p. 711–728, 2013.

AL-NAGGAR, A. M. M. Maize response to elevated plant density combined with lowered N-fertilizer rate is genotype-dependent. **The Crop Journal**, v. 3, p. 96-109, 2015.

ANDRZEJEWSKA, J. et al. Performance of Kura clover compared to that of perennial forage legumes traditionally cultivated in central Europe. **Crop Science**, v. 58, p. 443-449, 2018.

ARNON, I. **Mineral nutrition of maize**. Bern-Worblaufen: International Potash Institute, 1974. 452 p.

BÉLANGER, G. et al. Yield and nutritive value of binary legume–grass mixtures under grazing or frequent cutting. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 98, p. 395-407, 2018.

BODIRSK, B. L. et al. Reactive nitrogen requirements to feed the world in 2050 and potential to mitigate nitrogen pollution. **Nature Communications**, v.5, n. 3858, 2014.

CARVALHO, M. A. et al. Densidade de semeadura para o estabelecimento de pastagem de amendoim-forrageiro (*Arachis pintoi*). **Comunicado técnico 167**, Planaltina, DF. 2010.

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

CHERUBIN, M. R. et al. Desempenho agrônômico do milho em sucessão a espécies de cobertura do solo sob sistema plantio direto no Sul do Brasil. **Global Science and Technology**. v. 07, p.76-85, 2014.

CONSELEITE/RS - Conselho Paritário Produtores/Indústrias de Leite do Estado do Rio Grande do Sul. **Preço de Referência – SC**. Disponível em: <<http://conseleite.com.br/preco-referencia/index/estado/sc/ano/2017/>> Acesso em: 19 de Outubro de 2018.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento - **Planilhas de custos de produção - culturas de 1ª safra: Culturas de verão – março de 2017**. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/custos-de-producao/planilhas-de-custo-de-producao/itemlist/category/406-planilhas-de-custos-de-producao-culturas-de-1-safra>>. Acesso em: 12 de dez. de 2018.

CQFS – Comissão de Química e Fertilidade de Solo – RS/SC. **Manual de calagem e adubação para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 11. ed. 2016.

DOCE, R. R.; BARON, V. S.; DICK, A. C. Estimating swath-grazed carrying capacity from plot-scale data. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 95, p. 647-651, 2015.

EPAGRI/CEPAa - Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina/Centro de Socioeconomia e Planejamento Agrícola. **Custo direto de produção por hectare de cultivo: Safra 2016/17 - Agosto/2017**. Disponível em: <docweb.epagri.sc.gov.br/website_cepa/custos/.../Custo_Milho_alta_tec_ago_2017.xlsx> Acesso em: 19 de outubro de 2018

ELGERSMA A.; SØEGAARD, K. Changes in nutritive value and herbage yield during extended growth intervals in grass–legume mixtures: effects of species, maturity at harvest, and relationships between productivity and components of feed quality. **Grass Forage Science**, v. 73, p. 78-93, 2018.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-Embrapa Solos. **Sistema**

Brasileiro de Classificação de Solos. 3. ed. Brasília, 2013, 353 p.

EPAGRI/CEPAb - Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina/Centro de Socioeconomia e Planejamento Agrícola. **Custo direto de produção por hectare de cultivo: Safra 17 - Maio/2017.** Disponível em:

<docweb.epagri.sc.gov.br/website_cepa/custos/.../Custo_Trigo_media_tec_mai_2017.xlsx>
Acesso em: 19 de outubro de 2018

FINNEY, D. M.; WHITE, C. M.; KAYE, J. P. Biomass Production and Carbon/Nitrogen Ratio Influence Ecosystem Services from Cover Crop Mixtures. **Agronomy Journal**, v.108, p. 39-52, 2016.

FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P. dos; FONTANELI, R. S. **Forrageiras para Integração Lavoura-Pecuária-Floresta na Região Sul-brasileira.** 2. ed. Brasília: EMBRAPA, 2012. 544p.

GALINDO, F. S. et al. Corn Yield and Foliar Diagnosis Affected by Nitrogen Fertilization and Inoculation with *Azospirillum brasilense*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 40, p. 1-18, 2016.

GOESER, J. P.; COMBS, D. K. An alternative method to assess 24-h ruminal in vitro neutral detergent fiber digestibility. **Journal Dairy Science**, v. 92, p. 3833-3841, 2009.

HAMILTON, S. A. et al. Stubble Height Management Changes the Productivity of Perennial Ryegrass and Tall Fescue Pastures. **Agronomy Journal**, v. 105, p. 557-562, 2013.

HANRAHAN, L. et al., Factors associated with profitability in pasture-based systems of milk production. **Journal Dairy Science**. v. 101, p.5474–5485, 2018.

IMEA - Instituto Mato-grossense de Economia Agropecuária. **Boletim semanal do milho (nº 495).** 2018. Disponível em:
<<http://www.imea.com.br/upload/publicacoes/arquivos/26032018233258.pdf>>. Acesso em: 07 de dez. de 2018.

IMEA - Instituto Mato-grossense de Economia Agropecuária. **CUSTO DE PRODUÇÃO DO MILHO - SAFRA 2017/18: Setembro de 2017.** 2017. Disponível em:
<<http://www.imea.com.br/upload/publicacoes/arquivos/05122017193945.pdf>>. Acesso em: 07 de dez. de 2018.

KAPPES, C. et al. Análise econômica do milho em sucessão a diferentes adubos verdes, manejos do solo e doses de nitrogênio. **Bioscience Journal**, v. 31, p. 55-64, 2015.

KÖPPEN, W. **Climatologia:** con un studio de los climas de la tierra. México: Fondo de Cultura Economica, 1948. 478 p.

LAMBERT, D. M.; LOWENBERG-DEBOER, J.; MALZER, G. L. Economic analysis of

spatial–temporal patterns in corn and soybean response to nitrogen and phosphorus. **Agronomy Journal**, v. 98, p. 43–54, 2006.

LEITE, J. L. B.; GOMES, A. T. Perspectivas futuras dos sistemas de produção de leite. In: GOMES, A. T.; LEITE, J. L. B.; CARNEIRO, A. V. **O agronegócio do leite no Brasil**. Juiz de Fora: EMBRAPA Gado de Leite, 2001. p.207-240.

MACDONALD, K.A. et al. Production and economic responses to intensification of pasture-based dairy production systems. **Journal of Dairy Science**, v. 100, p. 1-18, 2017.

MAHAMA, G. Y. et al. Response of Maize to Cover Crops, Fertilizer Nitrogen Rates, and Economic Return. **Agronomy Journal**. v. 108, p. 17-31, 2016.

MARTEN, G. C. et al. Near Infrared Reflectance Spectroscopy (NIRS): Analysis of Forage Quality. **Agriculture Handbook**, v. 643: 1-110. 1989.

MARTIN, N. B. et al. Sistema integrado de custos agropecuários “Custragri”. **Informações Econômicas**, v. 28, p. 7-28, 1998.

NASCIMENTO, I. S. O cultivo do amendoim forrageiro. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 12, p. 387-393, 2006.

NOGUEIRA, M. P. **Gestão de custos e avaliação de resultados**. Bebedouro: Scot Consultoria, 2004. 219 p.

OLIVEIRA, A. L. R.; LOPES, B. F. R. Estratégia logística do milho brasileiro e a prática da intermodalidade: uma avaliação de rotas selecionadas. **Revista Eletrônica Produção & Engenharia**, v. 7, p. 613-622, 2015.

OLIVEIRA, C. A. O. et al. Comparison of an integrated crop–livestock system with soybean only: Economic and production responses in southern Brazil. **Renewable Agriculture and Food Systems**, v. 29, p. 230–238, 2013.

OITA, A. et al. Substantial nitrogen pollution embedded in international trade. **Nature Geoscience**, v. 9 p. 111-116, 2016.

PEREIRA, J. C. **Vacas leiteiras: aspectos práticos da alimentação**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2000. 198p.

PUNTEL, L. A. et al. Modeling Long-Term Corn Yield Response to Nitrogen Rate and Crop Rotation. **Frontiers in Plant Science**, v. 7, p. 1-18, 2016.

RAMSBOTTOM, G. et al. Factors associated with the financial performance of spring-calving, pasture-based dairy farms. **Journal Dairy Science**. v. 98, p. 3526–3540, 2015.

REEVES, D. W. Cover crops and rotations. In: HATFIELD, J. L.; STEWART, B. A. **Crops**

residue and management. Advances in Soil Science. Boca Raton: Press Inc, 1994. pp 125–172.

RENNÓ, F. P. et al. Eficiência bioeconômica de estratégias de alimentação em sistemas de produção de leite. 1. Produção por animal e por área. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.743-753, 2008.

RESTLE, J. Produtividade animal e retorno econômico em pastagem de aveia preta mais azevém adubada com fontes de nitrogênio em cobertura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, p. 357-364, 2000.

ROCHE, E. H. et al. Evaluating organic bread wheat as a rotation crop for organic dairy farms. **Renewable Agriculture and Food Systems**, v. 33, p. 163–178, 2017.

SALMAN, A. K. D.; SOARES, J. P. G.; CANESIN, R. C. Métodos de amostragem para avaliação quantitativa de pastagens. **Circular técnica 84**, Rondônia: Embrapa Rondônia, 2006. 6p.

SANGOI, L. Rendimento de grãos e margem bruta de cultivares de milho com variabilidade genética contrastante em diferentes sistemas de manejo. **Ciência Rural**, v. 36, p. 747-755, 2006.

SEAB/DERAL - Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento do Paraná/
Departamento de Economia Rural. **Esimativa do Custo de Produção – Milho 1ª safra.**
Disponível em:

<<http://www.agricultura.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=228>>. Acesso em: 07 de dez. de 2018.

SHAVER, R. D. et al. MILK2006 corn silage: Calculates TDN-1x, NEL-3x, milk per ton, and milk per acre. University of Wisconsin - Extension, 2006.

SILVA, A. A. Desempenho agrônomico e econômico do milho irrigado em sucessão a espécies invernais de cobertura de solo e/ou para produção de grãos. **Ciência Rural**, v. 38, p. 620-627, 2008.

SILVA, H. A. et al. Análise da viabilidade econômica da produção de leite a pasto e com suplementos na região dos Campos Gerais – Paraná. **Ciência Rural**, v. 38, p. 445-450, 2008.

SILVA, M. A. G. et al. Manejo da adubação com sulfato de amônio no desempenho produtivo do milho cultivado após aveia e trigo. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, p. 577-588, 2014.

SILVEIRA, E. R. et al. Intensidade de pastejo e adubação nitrogenada na massa seca de aveia e produtividade do milho na integração lavoura-pecuária. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, p. 1323-1332, 2012.

SIMIONI, F. J. et al. Indicadores de eficiência técnica e econômica do milho cultivado em sistema plantio direto no Estado de Santa Catarina, Brasil. **Revista Ceres**, v. 64, p. 232-241, 2017.

SOARES, J. C. R. et al. Avaliação econômica da terminação de bovinos de corte em pastagem irrigada. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 67, p. 1096-1104, 2015.

SOUZA, J. A. et al. Lucratividade do milho em razão das fontes, doses e épocas de aplicação de nitrogênio. **Revista Ceres**, v. 59, p. 321-329, 2012.

UNDERSANDER, D. L.; COMBS, D.; SHAVER, J. R. Milk2016 (ALFALFA-GRASS): Index Combining Yield and Quality. **University of Wisconsin-Extension**. 2013. Disponível em: <<https://fyi.uwex.edu/forage/milk2016-combining-yield-and-quality-into-a-single-term/>>. Acesso em: 21 de agosto de 2018.

UNDERSANDER, D. L.; HOWARD, W. T.; SHAVER, R. D. Milk per Acre Spreadsheet for Combining Forage Yield and Quality into a Single Term. **Journal of Production Agriculture**, v. 6, p. 231-235, 1993.

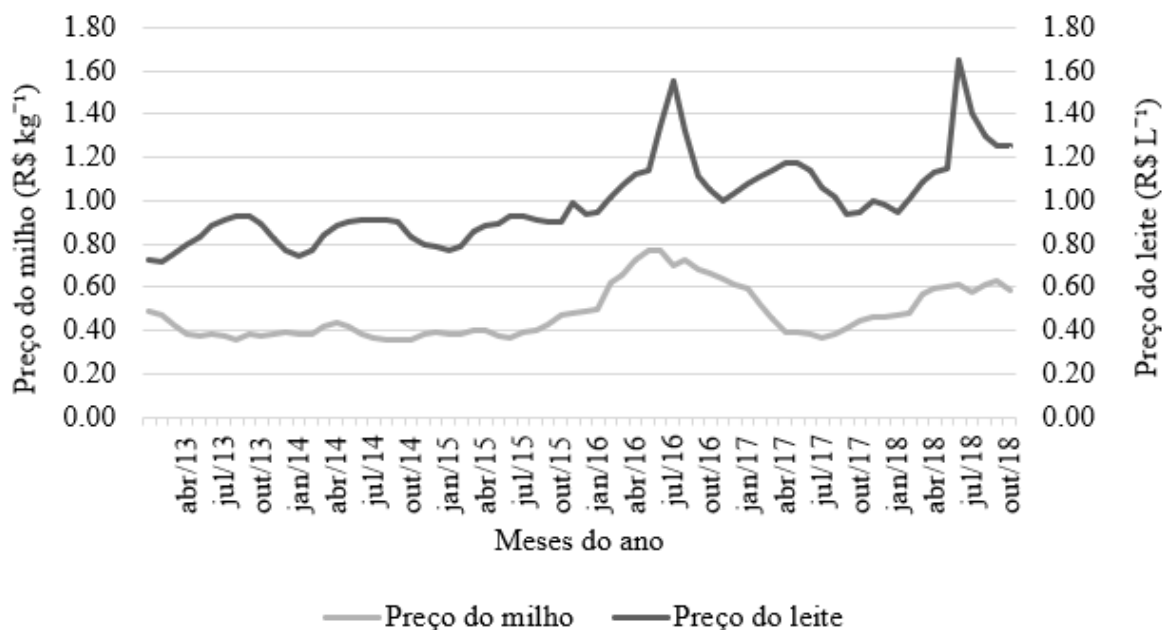
WHITEHEAD, D. C. **Grassland nitrogen**. Wallingford: CAB International, 1995, 397.

WOOD, S. Predictive equations of forage nutritive value for use under Québec's environmental conditions. 2017. 103 f. Dissertação (Master of Science)-McGill University, Sainte-Anne-de-Bellevue, 2017.

ZIECH, A. R. D. et al. Proteção do solo por plantas de cobertura de ciclo hibernar na região Sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, p. 374-382, 2015.

ANEXOS

Figura 1. Preço de venda (R\$ kg⁻¹) dos últimos cinco anos para o milho grão e o leite *in natura* para o Estado de Santa Catarina, BR.



Fonte: Adaptado de Conseleite/RS (2018); Agrolink (2018).

Tabela 1. Custo unitário e custo total dos insumos e das operações utilizadas para a etapa I (pastagens) considerando uma área de um hectare. Guatambú, SC.

Despesas	Quantidade	Valor unitário (R\$)	Valor total (R\$ ha ⁻¹)
Semente de aveia (kg)	70,0	0,85	59,50
Semente de trevo branco (kg)	3,0	35,00	105,00
Semente de trevo vermelho (kg)	8,0	32,00	256,00
Semente de ervilhaca (kg)	60,0	2,95	177,00
Plantio de amendoim ¹	1,0	500,00	500,00
Adubação P (kg)	190,5	1,08	205,74
Adubação K (kg)	33,3	0,95	31,66
Ureia (45%) (kg)	444,4	0,95	422,20
Herbicida não seletivo (L)	3,0	19,15	57,45
Herbicida seletivo (L)	0,5	99,00	49,50
Hora máquina plantio	1,0	138,70	138,70
Hora máquina dessecação	0,3	113,33	34,00
Hora máquina adubação de cob. (3x)	1,2	67,24	80,69

¹ Para o plantio do amendoim forrageiro foi considerado uma persistência na área de dez anos, desta forma, o custo total de implantação (R\$ 5.000,00) foi rateado entre o período.

Tabela 2. Descrição do custo variável total (CV) da etapa II (produção de milho) considerando uma área de um hectare, independentemente dos tratamentos estudados. Guatambú, SC.

Despesas	Quantidade	Valor unitário (R\$)	Valor total (R\$ ha ⁻¹)
1-Insumos			
Semente de milho (saca com 60.000))	1,0	450,00	450,00
Calcário (1 aplicação / 3 anos) (t)	2,0	127,95	85,30
Adubação de base (kg)	400,0	1,30	520,00
Adubação de cobertura (kg) ¹	-	0,95	-
Herbicida não seletivo (L)	3,0	19,15	57,45
Inseticida fisiológico (L)	0,2	34,00	6,80
Inseticida de contato (L)	1,5	18,00	27,00
Fungicida (L)	0,4	174,00	69,60
2-Serviços mão de obra			
Aplicação de calcário (dia-homem)	0,3	107,83	10,78
Aplicação fungicida (dia-homem)	0,1	107,83	10,78
Aplicação inseticida (dia-homem)	0,1	107,83	10,78
Plantio/adubação (dia-homem)	0,2	107,83	21,57
Vistoria da lavoura (dia-homem)	0,7	107,83	75,48
Adubação cobertura (2 x) (dia-homem) ²	0,2	107,83	21,57
Aplicação herbicida (dia-homem)	0,1	107,83	10,78
Controle invasoras (2x) (dia-homem) ³	10,0	107,83	1078,36
Colheita (dia-homem)	0,2	107,83	21,57
3-Serviços mecânicos			
Aplicação de calcário (horas)	0,6	90,36	18,07
Aplicação inseticida (horas)	0,6	94,19	56,51
Aplicação fungicida (horas)	0,6	94,19	56,51
Aplicação herbicida (horas)	0,6	94,19	56,51
Plantio/adubação (horas)	1,0	107,83	107,83
Adubação cobertura (2x) (horas) ²	1,2	68,00	81,60
Colheita Mecânica (horas)	1,0	281,10	281,10
4 - Despesas gerais	1,0 % de 1+2+3	1,0 %	-
5 - Assistência técnica	2,0 % de 1+2+3+4	2,0 %	-
6 - Seguro da produção (PROAGRO)	3,0 % de 1+2+3+4	3,0 %	-
7 - Custos financeiros			
Juro sobre financiamento (soma dos itens 1; 2; 3; 4; 5 e 6)	7,75 % a.a.	7,75 %	-
8 – Receita bruta (RB)			
Produção de milho (saca)	-	33,89	-
9 - Despesas de comercialização			
Transporte externo (R\$ saca ⁻¹) ⁴	-	2,66	-
Previdência social (2,3% da RB) ⁵	-	0,023	-
10 – Custos variáveis totais (CV) (soma dos itens 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7 e 9)	-	-	-

¹ Quantidade correspondente a dose utilizada nos tratamentos com uso de 100 ou 200 kg ha⁻¹

de N; ² Considerado apenas para os tratamentos que foi realizada adubação de cobertura (100 ou 200 kg ha⁻¹ de N); ³ O controle manual de invasoras foi realizado apenas nas parcelas que continham o amendoim forrageiro. ⁴ O custo do transporte foi estabelecido mediante a produtividade da área. ⁵ As despesas de comercialização foram calculadas a partir da renda bruta da lavoura.

Tabela 3. Custo operacional efetivo (COE) das pastagens, produção de leite por área, renda bruta (RB) por área, COE de produção da pastagem por kg de MS, produção de leite em relação ao COE da pastagem e renda bruta do leite em relação ao COE da pastagem. Guatambú, SC.

Índices	Tratamentos				
	Av+Am	Av+N	Av+Er	Av+Tb	Av+Tv
Prod. de MS (kg ha ⁻¹)	2839 ^b ±607	3929 ^a ±429	2656 ^b ±498	2691 ^b ±426	2730 ^b ±90
Prod. leite por ton. MS (kg ton ⁻¹ MS) ^{NS}	1059 ±38	1102 ±22	1122 ±50	1114 ±28	1109 ±50
Prod. leite por área (kg ha ⁻¹)	2996 ^b ±580	4325 ^a ±416	2977 ^b ±570	3004 ^b ±511	3029 ^b ±193
COE das pastagens (R\$ ha ⁻¹)	1019	1029	704	632	783
RB por área (R\$ ha ⁻¹)	3026 ^b ±586	4368 ^a ±420	3007 ^b ±576	3034 ^b ±516	3059 ^b ±195
COE por kg MS (R\$ kg ⁻¹ MS)	0,38 ^b ±0,09	0,27 ^a ±0,03	0,28 ^{ab} ±0,06	0,24 ^a ±0,03	0,29 ^{ab} ±0,01
Prod. leite por COE (kg R\$ ⁻¹ investido)	2,94 ^b ±0,57	4,20 ^{ab} ±0,40	4,23 ^{ab} ±0,81	4,75 ^a ±0,81	3,87 ^{ab} ±0,25
RB pelo COE (R\$ R\$ ⁻¹ investido)	2,97 ^b ±0,58	4,24 ^{ab} ±0,41	4,27 ^{ab} ±0,82	4,80 ^a ±0,82	3,91 ^{ab} ±0,25

Médias acompanhadas de letras diferentes na linha diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. NS – diferença não significativa. Abreviações: Av+Am= aveia preta + amendoim forrageiro; Av+N= aveia preta + 200 kg N ha⁻¹; Av+Er= aveia preta + ervilhaca; Av+Tb= aveia preta + trevo branco; Av+Tv= aveia preta + trevo vermelho.

Tabela 4. Rendimento de grãos (RG), renda bruta (RB), custos variáveis totais (CV) e custo operacional total (COT), margem bruta (MB), renda líquida (RL) e a proporção da RB destinada a remuneração dos custos fixos (PRCF) da lavoura de milho em função de diferentes plantas de cobertura. Guatambú-SC.

Índices	Coberturas				
	Av+Am	Av+N	Av+Er	Av+Tb	Av+Tv
RG (kg ha⁻¹)^{NS}	10653 ±2741	12475 ±2533	13023 ±3554	10282 ±2221	10882 ±2118
RB (R\$ ha⁻¹)	6103 ^b ±1198	7389 ^{ab} ±994	8185 ^a ±1007	6007 ^b ±1188	5760 ^b ±888
CV (R\$ ha⁻¹)	4381 ^a ±238	3347 ^b ±243	3298 ^b ±246	3112 ^b ±143	3203 ^b ±150
COT (R\$ ha⁻¹)	4636 ^a ±242	3479 ^b ±240	3463 ^b ±258	3268 ^b ±150	3363 ^b ±158
MB (R\$ ha⁻¹)	1816 ^c ±976	4167 ^{ab} ±906	4930 ^a ±809	3129 ^{bc} ±656	2581 ^c ±746
RL (R\$ ha⁻¹)	1609 ^c ±1059	3999 ^{ab} ±901	4758 ^a ±796	2861 ^{bc} ±635	2422 ^c ±740
PRCF (%)	26,7 ^b ±12,1	53,3 ^a ±7,1	56,3 ^a ±7,3	48,9 ^a ±4,5	44,9 ^a ±5,7

Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Abreviações: Av+Am= aveia preta + amendoim forrageiro; Av+N= aveia preta + 200 kg N ha⁻¹; Av+Er= aveia preta + ervilhaca; Av+Tb= aveia preta + trevo branco; Av+Tv= aveia preta + trevo vermelho.

Tabela 5. Rendimento de grãos (RG), renda bruta (RB), custos variáveis totais (CV) e custo operacional total (COT), margem bruta (MB), renda líquida (RL) e a proporção da RB destinada a remuneração dos custos fixos (PRCF) da lavoura de milho em função de diferentes doses de N mineral em cobertura. Guatambú-SC.

Índices	Dose de N (kg ha ⁻¹)		
	0	100	200
RG (kg ha⁻¹)	10859 ^b ±2301	10964 ^b ±3085	12485 ^a ±2934
RB (R\$ ha⁻¹)	6157 ^b ±1238	6623 ^{ab} ±1492	7235 ^a ±1264
CV (R\$ ha⁻¹)	3307 ^c ±470	3494 ^b ±504	3713 ^a ±481
COT (R\$ ha⁻¹)	3402 ^c ±448	3669 ^b ±529	3902 ^a ±529
MB (R\$ ha⁻¹)^{NS}	3054 ±1276	3403 ±1385	3569 ±1477
RL (R\$ ha⁻¹)^{NS}	2744 ±1388	3224 ±1392	3341 ±1486
PRCF (%)^{NS}	44,7 ±15,7	46,5 ±11,4	45,7 ±13,2

Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ^{NS} Não significativo.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

De maneira geral, nossa primeira constatação é de que todos os arranjos são exequíveis e não causam prejuízos aos produtores. Neste sentido, a escolha deve ser pautada no objetivo do sistema.

De maneira geral, para a maioria das variáveis técnicas analisadas a presença do amendoim forrageiro foi negativa tanto na fase pastagem como lavoura. Entretanto, isso só foi avaliado por alguns meses e alguns benefícios promovidos por esta cultura não foram mensurados, como a proteção do solo contra erosão e lixiviação de nutrientes, os quais são muito importantes para produção sustentável. Além disso, seu estabelecimento em consórcio permite a possibilidade de utilizá-lo como pastagem após a colheita do cereal.

Para o sistema de produção adotado neste estudo, cujo período de utilização da pastagem é curto, o uso de N mineral na aveia promove mais benefícios em comparação ao consórcio de aveia e leguminosas quanto a produção de matéria seca.

Quanto a utilização destas plantas como coberturas, não houve efeito das mesmas sobre a produtividade do milho. Por outro lado, a produção foi influenciada pela dose de N, de modo que a maior dose promoveu maior rendimento em relação as doses menores. No entanto, para rentabilidade o efeito foi inverso, a margem bruta diferiu entre as plantas de cobertura e a dose de N não. Este fato foi muito interessante pois nos permitiu constatar que incrementos na dose de N em cobertura levam a maior produção e renda bruta na lavoura de milho, sem necessariamente representar maior lucratividade.

Em relação apenas ao cultivo de milho, o uso de aveia fertilizada com N se equivale a aveia consorciada com ervilhaca em termos de rentabilidade. Neste caso é necessário um olhar mais holístico do sistema, que avalie também os riscos ambientais do uso do N mineral. Além disto, na atual conjuntura do sistema produtivo é interessante reavaliarmos a utilização (ou a falta dela) da adubação verde com vistas a sustentabilidade dos sistemas produtivos.

A partir dos nossos estudos, sugere-se que para situações onde as pastagens de inverno são utilizadas pelos animais, a melhor opção é de aveia fertilizada com N. Em sistemas exclusivamente agrícolas, a melhor opção é o consórcio de aveia e ervilhaca.

4. REFERÊNCIAS

- ACOSTA, J. A. et al. Effect of ¹⁵N-labeled hairy vetch and nitrogen fertilization on maize nutrition and yield under no-tillage. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 1337-1345, 2011.
- AGUIRRE, P. F. et al. Produtividade de pastagens de Coastcross-1 em consórcio com diferentes leguminosas de ciclo hibernal. **Ciência Rural**. v. 44, p. 2265-2272, 2014.
- ALTMANN, R.; MIOR, L. C.; ZOLDAN, P. **Perspectivas para o sistema agroalimentar e o espaço rural de Santa Catarina em 2015: Percepção de representantes de agroindústrias, cooperativas e organizações sociais**. 1. ed. Florianópolis: EPAGRI, 2008. 133 p.
- ANDREWS, J. S. et al. Nitrogen Dynamics in Living Mulch and Annual Cover Crop Corn Production Systems. **Agronomy Journal**, v. 110, p. 1309-1317, 2018.
- BALL, D. M.; HOVELAND, C. S.; LACEFIELD, G. D. **Southern forages: Modern Concept for Forage Crop Management**. 2. ed. Norcross: International Plant Nutrition Institute, 2007. 322 p.
- BERGTOLD, J. S. et al. Demographic and management factors affecting the adoption and perceived yield benefit of winter cover crops in the Southeast. **Journal of Agricultural and Applied Economics**, v. 44, p. 1-18, 2012.
- BERTALOT, M. J. A. Análise econômica da produção de milho (*Zea mays*) sob sistema agroflorestal e tradicional. **Revista Ceres**, v.55, p. 425-432, 2008.
- BLANCO-CANQUI, H. et al. Cover Crops and Ecosystem Services: Insights from Studies in Temperate Soils. **Agronomy Journal**. v. 107, p. 2449-2474, 2015.
- CASAGRANDE, D. R. et al. Leguminosas de Clima Tropical e Subtropical In: REIS, R. A.; BERNARDES, T. F.; SIQUEIRA, G. R. **Forragicultura: ciência, tecnologia e gestão dos recursos forrageiros**. Jaboticabal: Multipress, 2013. 714 p. p. 137-154.
- CHERUBIN, M. R. et al. Desempenho agrônômico do milho em sucessão a espécies de cobertura do solo sob sistema plantio direto no Sul do Brasil. **Global Science and Technology**. v. 07, p.76-85, 2014.
- CHIEZA, E. D. et al. Produção e aspectos econômicos de milho consorciado com *Crotalaria juncea* L. em diferentes intervalos de semeadura, sob manejo orgânico. **Revista Ceres**, v. 64, p. 189-196, 2017.
- CHU, M. et al. Effect of Multispecies Cover Crop Mixture on Soil Properties and Crop Yield. **Agricultural & Environmental Letters**. v. 2, p. 1-5, 2017.

CITE – Conservation Technology Information Center; SAVE – Sustainable Agriculture Research & Education. Annual Report 2015-2016. **Cover Crop Survey**. 2016.

COFFEY, D. et al. Review of the feed industry from a historical perspective and implications for its future. **Journal of Applied Animal Nutrition**, v. 4, p. 1-11, 2016.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da Safra Brasileira Grãos. **Monitoramento Agrícola**, v. 5, p. 1-178, 2018.

COOMBS, C. et al. Legume cover crop management on nitrogen dynamics and yield in grain corn systems. **Field Crops Research**. v. 201, p. 75-85, 2017.

DERPSCH, R. No-tillage and conservation agriculture: A progress report. In: GODDARD, T. **No-Till Farming Systems**. 3. ed. Bangkok: World Association of Soil and Water Conservation, 2008. p. 7–39.

DIAS-FILHO, M. B. Diagnóstico das pastagens no Brasil. **Documento 402**. 1. ed. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2014. 36 p.

DIAS-FILHO, M. B. Uso de Pastagens para a Produção de Bovinos de Corte no Brasil: Passado, Presente e Futuro. **Documento 418**. 1. ed. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2016. 42 p.

DICK, M; SILVA, M. A.; DEWES, H. Mitigation of environmental impacts of beef cattle production in southern Brazil – evaluation using farm-based life cycle assessment. **Journal of Cleaner Production**. v. 87, p.58-67, 2015.

DINEEN, M. et al. Meta-analysis of the effect of white clover inclusion in perennial ryegrass swards on milk production. **Journal Dairy Science**. v. 101, p. 1-13, 2018.

EMBRAPA SOJA. **Soja em números (safra 2017/2018)**. 2018. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/web/portal/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>> Acesso em: 08 de julho de 2018.

EPAGRI/CEPAa - Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina/Centro de Socioeconomia e Planejamento Agrícola. **Síntese Anual da Agricultura de Santa Catarina 2016-2017**. Florianópolis, 2017.

EPAGRI/CEPAb - Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina/Centro de Socioeconomia e Planejamento Agrícola. **Custo direto de produção por hectare de cultivo: Safra 2016/17 - Agosto/2017**. Disponível em: <docweb.epagri.sc.gov.br/website_cepa/custos/.../Custo_Milho_alta_tec_ago_2017.xlsx> Acesso em: 19 de outubro de 2018

EPAGRI/CEPAC - Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina/Centro de Socioeconomia e Planejamento Agrícola. **Custo direto de produção por hectare de cultivo: Safra 2016/17 - Agosto/2017**. Disponível em:

<http://docweb.epagri.sc.gov.br/website_cepa/custos/Ago_2017/Custo_Soja_alta_tec_ago_2017.xlsx> Acesso em: 12 de dezembro de 2018

EGAN, M.; GALVIN, N.; HENNESSY, D. Incorporating white clover (*Trifolium repens* L.) into perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) swards receiving varying levels of nitrogen fertilizer: Effects on milk and herbage production. **Journal Dairy Science**. v. 101, p. 1–16, 2018.

ENRIQUEZ-HIDALGO, D. et al. Milk production and enteric methane emissions by dairy cows grazing fertilized perennial ryegrass pasture with or without inclusion of white clover. **Journal Dairy Science**. v. 97, p. 1400-1412, 2014.

FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P. dos; FONTANELI, R. S. **Forrageiras para Integração Lavoura-Pecuária-Floresta na Região Sul-brasileira**. 2. ed. Brasília: EMBRAPA, 2012. 544p.

FINE, J. S. **Integrating Cover Crop Mixtures and No-Till for Sustainable Sweet Corn Production in the Northeast**. 2018. 124p. Dissertação (Master of Science Plant Biology) - University of Massachusetts Amherst, Amherst, 2018.

GREGORINI, P. et al. Grazing management: setting the table, designing the menu and influencing the diner. **Animal Production Science**. v. 57, p. 1248-1268, 2017.

HANRAHAN, L. et al., Factors associated with profitability in pasture-based systems of milk production. **Journal Dairy Science**. v. 101, p.5474–5485, 2018.

HARRIS, S. L. et al. Effects of white clover content in the diet on herbage intake, milk production and milk composition of New Zealand dairy cows housed indoors. **Journal of Dairy Research**. v. 65, p. 389-400, 1998.

KÖPPEN, W. **Climatologia**: con un studio de los climas de la tierra. México: Fondo de Cultura Economica, 1948. 478 p.

LACERDA, J. J. J. et al. Adubação, produtividade e rentabilidade da rotação entre soja e milho em solo com fertilidade construída. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 50, p. 769-778, 2015.

LAHLOU, M. N. et al. Grazing increases the concentration of CLA in dairy cow milk. **Animal**, v.8, p. 1191-1200, 2014.

LUSCHER A. et al. Potential of legume-based grassland–livestock systems in Europe: a review. **Grass and Forage Science**. v. 69, p. 206–228, 2014.

MACDONALD, K.A. Production and economic responses to intensification of pasture-based dairy production systems. **Journal Dairy Science**. v. 100, p. 1-18, 2017.

MAHAMA, G. Y. et al. Response of Maize to Cover Crops, Fertilizer Nitrogen Rates, and Economic Return. **Agronomy Journal**. v. 108, p. 17-31, 2016.

MALAGUEZ, E. G. et al. 'Alternatives for spring forage emptiness in Pampa, Brazil'. **Journal of Neotropical Agriculture**. v. 4, p. 58-64, 2017.

MARCILLO G. S.; MIGUEZ, F. E. Corn yield response to winter cover crops: An updated meta-analysis. **Journal of Soil and Water Conservation**. v.72, p. 226-239, 2017.

MARYLAND DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Maryland's 2018-2019 Cover Crop Sign-up. **Build Your Soil-Plant Cover Crops**. Annapolis, 2017.

MURPHY, B. et al. An economic and greenhouse gas emissions evaluation of pasture-based dairy calf-to-beef production systems. **Agricultural Systems**. v.154, p. 124-132, 2017.

O'CALLAGHAN, T. F. et al. Effect of pasture versus indoor feeding systems on raw milk composition and quality over an entire lactation. **Journal of Dairy Science**. v. 99, p. 1-17, 2016.

O'CALLAGHAN TF et al. Effect of pasture versus indoor feeding systems on quality characteristics, nutritional composition, and sensory and volatile properties of full-fat Cheddar cheese. **Journal of Dairy Science**. v. 100, p.1-21, 2017.

PAINE, L. K.; HARRISON, H. The Historical Roots of Living Mulch and Related Practices. **HortTechnology**. v. 3, p.137-143, 1993.

PEMBLETON KG et al. More milk from forage: Milk production, blood metabolites, and forage intake of dairy cows grazing pasture mixtures and spatially adjacent monocultures. **Journal of Dairy Science**. v. 99, p. 1-17, 2016.

RAMSBOTTOM, G. et al. 2015. Factors associated with the financial performance of spring-calving, pasture-based dairy farms. **Journal Dairy Science**. v. 98, p. 3526–3540, 2015.

REGO, A. O. et al. Changes in milk production and milk fatty acid composition of cows switched from pasture to a total mixed ration diet and back to pasture. **Italian Journal of Animal Science**. v.15, p.76-86, 2016.

REIS, R. A.; BERNARDES, T. F.; SIQUEIRA, G. R. **Forragicultura: ciência, tecnologia e gestão dos recursos forrageiros**. Jaboticabal: Multipress, 2014. 714 p.

ROCA-FERNÁNDEZ A. I. et al. Pasture intake and milk production of dairy cows rotationally grazing on multi-species swards. **Animal**. v.10, p. 1448-1456. 2016.

ROESCH-MCNALLY, G. E. et al. The trouble with cover crops: Farmers' experiences with overcoming barriers to adoption. **Renewable Agriculture and Food Systems**. v. 33, p. 322–333, 2018.

ROJAS-DOWNING, M. M. et al. Pasture diversification to combat climate change impacts on grazing dairy production. **Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change**. v. 23, p. 405–431, 2018.

SARMENTO, M. B. Cadeia de sementes forrageiras temperadas no Rio Grande do Sul. **Revista Agropampa**. v. 2, p. 158-168, 2016.

SAUVANT, D. et al. Meta-analyses of experimental data in animal nutrition. **Animal**, v. 2, p. 1203-1214, 2008.

SEMAN-VARNER, R.; VARCO, J.; O'ROURKE, M. Nitrogen Benefits of Winter Cover Crop and Fall-Applied Poultry Litter to Corn. **Agronomy Journal**. v. 109, p. 2881-2888, 2017.

SEIFERT, C. A.; AZZARI, G.; LOBELL, D. B. Satellite detection of cover crops and their effects on crop yield in the Midwestern United States. **Environmental Research Letters**. v.13, p. 1-13, 2018.

SOARES, J. C. R. et al. Avaliação econômica da terminação de bovinos de corte em pastagem irrigada. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**. v. 67, p. 1096-1104, 2015.

SOUZA, J. A.; BUZETTI, S.; MOREIRA, A. Viabilidade econômica de fontes e doses de nitrogênio no cultivo do milho segunda safra em sistema de plantio direto. **Revista Ciências Agrárias**. v. 58, p. 308-313, 2015.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**, 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819 p.

VIOLA, R. et al. Adubação verde e nitrogenada na cultura do trigo em plantio direto. **Bragantia**. v. 72, p. 90-100, 2013.

WOLSCHICK, N. H. Cobertura do solo, produção de biomassa e acúmulo de nutrientes por plantas de cobertura. **Revista de Ciências Agroveterinárias**. v.15, p.134-143, 2016.

YAN, M. J.; HUMPHREYS, J.; HOLDEN, N. M. The carbon footprint of pasture-based milk production: Can white clover make a difference?. **Journal Dairy Science**. v. 96, p. 1-9, 2013.

ZIECH, A. R. D. et al. Proteção do solo por plantas de cobertura de ciclo hibernar na região Sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.50, p.374-382, 2015.