

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**RENDIMENTO DE FORRAGEM E VALOR NUTRITIVO DE FORRAGEIRAS
DE ESTAÇÃO FRIA SUBMETIDAS A SOMBREAMENTO POR *Pinus elliottii*
E AO SOL PLENO**

RAQUEL SANTIAGO BARRO
Engenheira Agrônoma/UFRGS

Dissertação apresentada como um dos requisitos à obtenção do Grau de
Mestre em Zootecnia
Área de Concentração Plantas Forrageiras

Porto Alegre (RS), Brasil
Fevereiro de 2007

(Página de homologação: a ser inserida)

Agradecimentos

À Deus, acima de tudo.

Ao professor João Carlos de Saibro, pela honra de ser sua orientada, por toda energia física e mental empregadas neste projeto, por dispender tantas horas na execução e na revisão deste trabalho, pelo incentivo, bom-humor e paciência constantes, por tornar a dedicação à ciência tão inspiradora e estimulante e pelos preciosos ensinamentos e conselhos que serão levados por toda minha vida.

Ao Caio Fábio Stoffel Efrom, meu co-orientador extra-oficial, agradeço zilhões de vezes, pelo apoio, incentivo, companheirismo, pelos “puxões de orelha”, por toda ajuda espontânea (e também pela ajuda nem tão espontânea), pela paciência sobre-humana, pelo amor e carinho, por acreditar em mim e simplesmente por estar ao meu lado em todos os momentos.

Ao meu Urso, anjo de quatro patas, companheiro de todas as horas.

Ao meu pai e melhor amigo, Jorge Barro, por se preocupar, à sua maneira, comigo e com o meu trabalho.

À minha mãe, Luiza Helena Santiago, por todas as orações.

À Dalva Costa, minha avó, e à estimada Lú, em retribuição a todo apoio e pela participação em minha educação.

À minha irmã, Gabriella, pela ajuda no campo, no processamento das amostras e por ouvir minhas reclamações.

Ao mestre e amigo Jamir Luis S. Silva, pela solicitude que sempre dispôs para me atender, pelas valiosas sugestões, discussões e críticas pungentes (que estimularam em muito a busca pelo conhecimento), pela ajuda prestada na execução das análises estatísticas e demais etapas deste trabalho.

Aos estudantes de Engenharia Agrícola da Ulbra, Caio Pimenta e Daniel Brambilla, pelo imprescindível auxílio voluntário na execução do trabalho e pela amizade e consideração.

À Dra. Zélia Castilhos por possibilitar o primeiro contato com a pesquisa em Sistemas Silvopastoris.

Aos professores do Departamento de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia da UFRGS, pelo apoio durante a condução deste trabalho.

Ao professor Renato Borges de Medeiros e aos colegas de pós-graduação Claudio R. Townsend, Juliana Thurrow, Cristina Barbosa, Igor Carassai, Rogério Jaworski, Marília Terra Lopes, Everson “Castilho”, Tanise Sausen e Lemar Rocha pelo apoio e incentivo constantes.

Aos colegas Carlos Gonçalves da Silva, Taise Kunrath, Thais Devincenzi, Fernanda Schmitt, Raquel R. Cardoso, Liara Simon e Maurício Dutra, pelo interesse, amizade, por me socorrerem sempre que precisei e por todos os momentos de descontração que tornaram o convívio no DPFA um período inesquecível.

Aos funcionários do DPFA, Marilda, Antônio Carlos e, especialmente, o Sr. Elcí Bernardes sem o qual a execução desse trabalho seria ainda mais penosa e certamente menos divertida.

Ao programa de pós-graduação em Zootecnia.

À Empresa Flosul S.A., pela concessão da área experimental e ao Sr. Pedro Kuhn pela presteza em colaborar.

Se isto fosse possível, gostaria também de agradecer à Kombi do departamento, que em 99% das ocasiões nos levou ao campo sem maiores problemas.

À EMBRAPA, pela concessão de recursos para realização do experimento e especialmente ao Dr. César Poli pela elaboração do projeto inicial e ao Dr. Alexandre Varella, pelo exemplo de pesquisador e pelo intercâmbio de informações científicas.

Ao CAPES, pela concessão da bolsa.

RENDIMENTO DE FORRAGEM E VALOR NUTRITIVO DE FORRAGEIRAS DE ESTAÇÃO FRIA SUBMETIDAS A SOMBREAMENTO POR *Pinus elliottii* E AO SOL PLENO¹

Autora: Raquel Santiago Barro
Orientador: Prof. Renato Borges de Medeiros

RESUMO

No período de fevereiro de 2005 a dezembro de 2006 foram conduzidos dois experimentos em Capivari do Sul, RS, em um solo arenoso de baixa fertilidade (neossolo quartzarênico), na região ecofisiográfica do Litoral Norte, para avaliar o efeito do sombreamento provocado por duas densidades arbóreas em uma floresta de *Pinus elliottii* de dez anos de idade, sobre o rendimento e o valor nutritivo da forragem de cinco espécies de ciclo hibernal, em relação ao sol pleno. Os tratamentos consistiram na combinação de dois fatores: a) três condições luminosas, proporcionadas por duas densidades arbóreas (555 e 333 árvores/ha) e pela luz solar plena; b) as espécies azevém-anual (*Lolium multiflorum* Lam.), aveia-preta (*Avena strigosa* Schreb.), aveia-branca (*A. sativa* L.) cv. Fapa 2, trevo-branco (*Trifolium repens* L.) cv. Zapicán e cornichão (*Lotus corniculatus* L.) cv. São Gabriel. O delineamento experimental foi em parcelas subdivididas com três repetições. Em 2005, a semeadura foi realizada entre 25 de julho e 05 de agosto e em 2006, no dia 07 de abril. Para estimar o rendimento de matéria seca no primeiro ano, as forrageiras foram cortadas em 01 de novembro e as leguminosas novamente em 09 de dezembro. No segundo ano, os cortes foram em 08 de agosto e 13 de outubro. Para estimar o valor nutritivo, foram determinados os teores médios de proteína bruta (PB) e da digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica (DIVMO) da forragem. Os resultados mostraram que o sombreamento reduziu a produção de forragem de todos os genótipos avaliados, porém o valor nutritivo da forragem foi incrementado. Em termos de potencial para utilização em sistemas silvipastoris, destacam-se a aveia-branca e a aveia-preta. Apesar de seu elevado valor nutritivo, os rendimentos de cornichão e de trevo-branco são fortemente reduzidos sob sombreamento.

¹Dissertação de Mestrado em Zootecnia – Plantas Forrageiras, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, (133 p.). Fevereiro de 2007.

FORAGE YIELD AND NUTRITIVE VALUE OF COOL-SEASON FORAGE SPECIES UNDER SHADING BY *Pinus elliottii* TREES AND AT FULL-SUN¹

Author: Raquel Santiago Barro
Adviser: Renato Borges de Medeiros

ABSTRACT

From February, 2005 to December, 2006, two experiments were conducted in Capivari do Sul, southern Brazil, on a sandy low-fertility soil, at the ecophysiographic region of Litoral Norte, to evaluate the shading effect induced by two tree densities in a ten-year old slash pine forest (*Pinus elliotti* Engelm.), on forage dry matter yield and nutritive value of five cool-season forage species, and at full sun. Treatments were a combination of two main factors: a) three light conditions induced by two tree densities (333 e 555 tree/ha) and at full sun. b) annual ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.), common oats (*Avena sativa* L.) cv. Fapa2, black-oats (*A. strigosa* Schreb.), white-clover (*Trifolium repens* L.) cv. Zapicán , and birdsfoot trefoil (*Lotus corniculatus* L.) cv. São Gabriel. A split-plot experimental design was used, with three replications. Seeding dates were from July 25 to August 5, 2005 and April 7, 2006. Forages plots were hand-clipped twice in 2005 (November 1 and December 9). In 2006, harvests were in August 8 and October 13. To evaluate the nutritive value the crude protein (CP) content and the *in vitro* organic matter digestibility (IVOMD) were determined. The results showed that shading reduced forage yield of all genotypes while increasing the forage nutritive value. In terms of their potential utilization, common oats and black-oats show promise, but white-clover and birdsfoot trefoil, due to their low dry matter yields seem not to be well adapted to silvopastoral systems at the regional level.

¹Master of Science dissertation in Forrage Science, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, (133p.). February 2007.

SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	5
2.1. Características gerais dos sistemas silvipastoris.....	5
2.2. Influência das árvores sobre o microclima em SSP.....	11
2.3. Influência do sombreamento sobre a produção de forragem em SSP.....	19
2.4. Níveis de sombreamento versus genótipos forrageiros.....	21
2.5. Efeito do sombreamento sobre o valor nutritivo da forragem em SSP.....	24
2.5.1. Digestibilidade <i>in vitro</i>	30
2.5.2. Proteína bruta e nitrogênio total.....	36
2.6. Espécies de Pinus em SSP.....	40
2.7. Leguminosas forrageiras de estação fria em SSP.....	48
2.8. Gramíneas forrageiras hibernais em SSP.....	53
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	59
3.1. Caracterização do local e histórico da área experimental.....	59
3.2. Preparo da área, estabelecimento e adubações.....	60
3.3. Caracterização das condições luminosas.....	62
3.4. Tratamentos, delineamento experimental e análises estatísticas....	63
3.5. Avaliações.....	66
3.5.1. Rendimento de matéria seca.....	66
3.5.2. Valor nutritivo da forragem.....	67
3.6. Ocorrência de pragas e moléstias.....	67
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	69
4.1. Rendimento de forragem seca.....	70
4.1.1. Leguminosas.....	70
4.1.2. Gramíneas.....	78
4.2. Valor nutritivo.....	85
4.2.1. Primeiro ano.....	85
4.2.1.1. Leguminosas.....	85
4.2.1.2. Gramíneas.....	90
4.2.2. Segundo ano.....	95
4.2.2.1. Leguminosas.....	95
4.2.2.2. Gramíneas.....	98
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	102

6. CONCLUSÕES.....	105
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	107
8. APÊNDICES.....	122

RELAÇÃO DE TABELAS

	Página
1. Rendimento total (kg/ha) de matéria seca das leguminosas cultivadas sob duas condições luminosas, em dois anos de avaliação. Médias das duas espécies e três repetições. Capivari do Sul, RS.....	71
2. Rendimento total (kg/ha) de matéria seca das leguminosas, nos dois anos de avaliação. Médias de duas condições luminosas e três repetições. Capivari do Sul, RS.....	72
3. Rendimento total (kg/ha) de matéria seca de trevo-branco e cornichão, cultivadas sob duas condições luminosas, em dois anos de avaliação. Médias de três repetições. Capivari do Sul, RS.....	74
4. Rendimento total (kg/ha) de matéria seca das leguminosas, em três condições luminosas no ano de 2006. Médias das duas espécies e três repetições. Capivari do Sul, RS.	75
5. Rendimento total (kg/ha) de matéria seca das gramíneas cultivadas sob três condições luminosas. Médias das três espécies e três repetições. Capivari do Sul, RS.	79
6. Rendimento total (kg/ha) de matéria seca de azevém-anual, aveia-branca e aveia-preta, nos dois anos de avaliação. Médias de três condições luminosas e três repetições. Capivari do Sul, RS.....	80
7. Rendimento total (kg/ha) de matéria seca de azevém-anual, aveia-branca e aveia-preta, em três condições luminosas. Médias de dois anos e três repetições. Capivari do Sul, RS.	81
8. Digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria orgânica (DIVMO) e proteína bruta (PB) de trevo-branco e cornichão, cultivados sob duas condições de luminosidade. Médias de duas datas de corte (01/11/2005- estágio vegetativo e 09/12/2005-florescimento pleno) e três repetições. Capivari do Sul, RS	87

9. Digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria orgânica (DIVMO) e proteína bruta (PB) de trevo-branco e cornichão, em duas datas de corte (01/11/2005- estágio vegetativo e 09/12/2005-florescimento pleno). Médias de duas condições luminosas e três repetições. Capivari do Sul, RS.....	90
10. Digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria orgânica (DIVMO) e teor de proteína bruta (PB) de azevém-anual, aveia-branca e aveia-preta aos 94 dias após a semeadura (estádio de florescimento), cultivadas sob três condições de luminosidade. Médias de três repetições. Capivari do Sul, RS, 1 ^o de novembro de 2005.....	92
11. Digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria orgânica (DIVMO) e teor de proteína bruta (PB) de trevo-branco e cornichão, cultivados em 2006, sob três condições de luminosidade. Médias de duas datas de corte (08/08/2006 - estágio vegetativo e 13/10/2006 - florescimento pleno) e três repetições. Capivari do Sul, RS	96
12. Digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria orgânica (DIVMO) e teor de proteína bruta (PB) de leguminosas cultivadas sob três condições luminosas, em duas datas de (08/08/2006 - estágio vegetativo e 13/10/2006 - florescimento pleno). Médias de duas espécies e três repetições. Capivari do Sul, RS.....	97
13. Digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria orgânica (DIVMO) e teor de proteína bruta (PB) de azevém-anual, aveia-branca e aveia-preta, cultivadas em 2006, sob três condições de luminosidade. Médias de duas datas de corte (08/08/06 - estágio vegetativo e 13/10/06 - pleno florescimento) e três repetições. Capivari do Sul, RS.	99
14. Digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria orgânica (DIVMO) e teor de proteína bruta (PB) de azevém-anual, aveia-branca e aveia-preta, cultivadas em 2006, sob três condições luminosas, em duas datas de corte (08/08/06 - estágio vegetativo e 13/10/06 - pleno florescimento). Médias de três espécies e três repetições. Capivari do Sul, RS.....	101

RELAÇÃO DE FIGURAS

	Página
1. Vista da área experimental sob sombra de <i>Pinus elliottii</i> . Em primeiro plano, parcelas de aveia-branca e aveia preta, na densidade de 555 árvores/ha (sombra moderada). Em segundo plano, densidade de 333 árvores/ha (sombra fraca). 11 de outubro de 2006, Capivari do Sul, RS.....	64
2. Parcelas de aveia-branca e aveia-preta cultivadas fora do bosque (condição luminosa plena). 11 de outubro de 2006, Capivari do Sul, RS.....	64

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, ocorre no mundo uma demanda crescente por produtos de base florestal e pecuária. No Brasil isto se reflete no crescimento contínuo das exportações de produtos oriundos das florestas plantadas e da produção animal.

Os produtos florestais brasileiros são considerados altamente competitivos no mercado internacional, de tal forma que as exportações do setor em 2005 foram de US\$ 7,4 bilhões, correspondendo a 6,3% do total exportado pelo país, superado apenas pelos complexos soja e carnes (ABRAF, 2006). Por outro lado, o Brasil hoje tem o maior rebanho bovino comercial do mundo. No ano de 2005 foram abatidas mais de 40 milhões de cabeças sendo exportados US\$ 3,5 milhões, o que representou um crescimento de 20% nos últimos oito anos; neste contexto, a pecuária de corte no Rio Grande do Sul contribuiu com 14% do total de bovinos abatidos no Brasil (Pastrello, 2006).

A atividade pecuária tem inquestionável importância econômica e social no Estado apesar de seus índices produtivos estarem muito aquém do desejado: a média anual de produtividade bovina da exploração pecuária extensiva, com base principalmente nas pastagens naturais, é da ordem de 60 a 90 kg/ha de peso vivo, sem o uso de expressivas tecnologias, muito embora a pesquisa apresente alternativas de manejo que permitem um forte

incremento da produtividade de carne, leite e lã, produzidos a pasto. Conforme foi demonstrado, no diagnóstico da pecuária de corte do Rio Grande do Sul (SEBRAE/SENAR/FARSUL, 2006), a maior eficiência econômica da atividade no Estado se dá em sistemas associados à produção vegetal; caso contrário ocorre uma forte dependência do ingresso de “rendas não agrícolas” na propriedade. Em virtude disto, as áreas destinadas à produção animal vêm sendo substituídas em utilização por atividades que proporcionam maior renda ao produtor, de forma que se estima que cerca de 4,7 milhões de hectares de campos nos últimos 35 anos foram convertidos em lavouras e, mais recentemente, em florestas plantadas. O crescimento da silvicultura também se deve ao fato de que as atividades de base florestal encontram na região sul do Brasil nichos de elevada produtividade, devido a excelência em condições edafo-climáticas para o desenvolvimento desta atividade. Desta forma, em 2005, o acréscimo da área com florestas plantadas foi aproximadamente de 35.000 ha, totalizando no Estado 364.770 ha, plantados com espécies exóticas, sendo 185.080 ha plantados com *Pinus* sp. (ABRAF, 2006).

O pinheiro-americano (*Pinus* sp.) é utilizado como matéria-prima para a produção de celulose de fibra longa, painéis de madeira e na indústria moveleira. Somente são plantadas com finalidade comercial as espécies *P. taeda* L., cultivado principalmente nos Campos de Cima da Serra e *P. elliottii* Engelm., na planície litorânea. Na produção de madeira para celulose, o espaçamento de plantio normalmente utilizado é de 3 x 2 m, correspondendo a 1.666 árvores/ha, em ciclos de sete anos (Shimizu & Medrado, 2005).

Neste contexto, a adoção de sistemas integrados, tais como sistemas silvipastoris (SSP), representa uma forma de uso da terra na qual, as atividades silviculturais e pecuárias são combinadas para gerar produção de forma complementar pela interação dos seus componentes (Garcia e Couto, 1997). Esses sistemas permitem maior eficiência de aproveitamento dos recursos naturais e constituem-se em uma das melhores alternativas para alcançar maior produtividade, por meio do uso mais sustentável da terra. Além do quesito produtividade, a utilização de SSP visa maior sustentabilidade ambiental à medida que propõe uma exploração menos intensiva das espécies arbóreas exóticas, principalmente no que tange à utilização de menores densidades arbóreas, fator-chave ao planejamento e uso destes sistemas.

No Rio Grande do Sul, a adoção de SSP ainda é pouco expressiva, apesar das importantes informações científicas disponíveis sobre a viabilidade da integração entre a atividade florestal e a produção animal. Nos últimos anos, a pesquisa em SSP tem concentrado esforços intelectuais e financeiros no estudo das diferentes interações que ocorrem entre seus componentes, destacando-se os trabalhos com Eucalipto (*Eucalyptus* sp.) e com acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.) em diferentes densidades arbóreas, conforme descrito por Saibro (2001). Entretanto, não existem informações disponíveis no Estado sobre o uso integrado de animais com plantações de *Pinus*, ainda que a literatura especializada evidencie a possibilidade do uso de espécies deste gênero em sistemas silvipastoris, especialmente em baixa densidade arbórea (Baggio e Schreiner, 1988; Varella, 2001).

Além da adequada densidade arbórea, um dos requisitos para o sucesso de sistemas silvipastoris é a escolha de genótipos forrageiros que otimizem seu desempenho produtivo sob sombra moderada. A literatura mundial reporta a existência de uma ampla variabilidade de respostas de gramíneas e leguminosas forrageiras de estação fria, quando submetidas a sombreamento artificial ou natural. No RS, a avaliação agrônômica da tolerância ao sombreamento artificial com espécies forrageiras de estação fria, revelou a existência desta variabilidade em termos de rendimento de forragem (Saibro, 1992). Deste modo, justifica-se a avaliação de forrageiras de inverno consagradas na formação de pastagens cultivadas, em condição de sub-bosque, para gerar novas informações sobre o uso de SSP como uma alternativa sustentável de uso da terra no Estado. Lamentavelmente, nenhuma avaliação do valor nutritivo destas espécies sob sombreamento natural ou artificial foi conduzida no Estado, até este momento.

A região agroecológica do Litoral Norte do RS tem um grande potencial para o uso de sistemas integrados de produção, particularmente de sistemas silvipastoris, considerando que a pecuária de corte e a exploração florestal de *Pinus elliottii* são as duas principais atividades de seu setor produtivo primário, ao lado da orizicultura.

O objetivo deste trabalho é determinar o efeito do sombreamento provocado por duas densidades arbóreas de *Pinus elliottii* sobre o desempenho produtivo e o valor nutritivo de cinco espécies forrageiras estação fria, em relação ao ambiente sem restrição luminosa (pleno sol), no Litoral Norte do Estado.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Características gerais dos sistemas silvipastoris

A agrossilvicultura ou sistemas agroflorestais (SAF's) resultam da combinação de tecnologias agronômicas e florestais para criar sistemas integrados de uso da terra, diversificados e eficientes (Garrett et al., 2004). Estes sistemas envolvem muitos componentes interdependentes, incluindo árvores, culturas agrícolas e animais domésticos em uma ou várias combinações que podem ser simultâneas ou seqüenciais, tanto espacial quanto temporalmente (Lundgreen, 1982). Evidências científicas atualmente disponíveis demonstram que a heterogeneidade espacial e temporal criadas pela agrossilvicultura pode auxiliar no aproveitamento dos recursos naturais, incrementar a produtividade e reduzir os riscos da adoção de monoculturas florestais ou agrícolas, proporcionando maior sustentabilidade e estabilidade ao sistema produtivo (Ruark et al., 2003). As interações biológicas entre os componentes (i.e. árvores, culturas e/ou gado) são de importância fundamental dentro de sistemas de agrossilvicultura e exigem estratégias de manejo altamente desafiadoras, que não são empregadas em sistemas baseados em monocultivos (Lin et al., 1999).

A agrossilvicultura nasceu há vários milhares anos, quando o homem começou a praticar a derrubada e queima das árvores seguidas por

cultivos agrícolas, onde após o uso, a área era abandonada para regeneração, como uma prática agronômica para restabelecer a fertilidade do solo mediante a ocorrência de um período de descanso (pousio) (Nair, 1993). Existem diferentes sistemas de agrossilvicultura, entretanto eles apresentam a característica comum de serem guiados pelos princípios do melhor aproveitamento dos recursos naturais entre os componentes do sistema (Ong et al. 1991). A habilidade dos sistemas agrossilviculturais, de prover alimentos e fibras, enquanto protegem a base de recursos naturais, simultaneamente, pode ser a razão para seu uso continuado ao longo da História (Buerghler, 2004).

As cinco principais práticas de agrossilvicultura incluem: a) zonas ripárias, b) quebra-ventos, c) cultivos intercalares (alley cropping), d) agricultura florestal e e) silvipastoralismo. Zonas ripárias ou matas ciliares são áreas ao longo de cursos e corpos d'água formadas por vegetação permanente, incluindo árvores, arbustos e gramíneas, que reduzem o fluxo de água e a erosão do solo, além da retenção de nutrientes e contaminantes. Quebra-ventos são áreas permanentes de árvores e/ou arbustos, estabelecidas e manejadas como parte de um sistema de produção pecuário ou agrícola, para reduzir velocidade do vento e prevenir danos por erosão do solo ou acamamento dos cultivos. Nos cultivos intercalares, culturas de grãos, algodão ou forragem são estabelecidos entre as linhas de árvores, enquanto na agricultura florestal, utiliza-se o solo da floresta para produção de cultivos de alto valor econômico. Sistemas silvipastoris são mais complexos, uma vez que

combinam animais ruminantes, pastagem e árvores na mesma unidade de terra (Gold apud Buergler, 2004).

De acordo com Silva & Saibro (1998), os sistemas silvipastoris (SSP), são importantes na otimização da produção por unidade de área, no uso racional da energia solar, na proteção ambiental, na fixação do homem ao campo, na manutenção do potencial produtivo dos recursos naturais renováveis e nas condições sócio-econômicas da comunidade local. Castilhos et al. (2002) acrescentam que esses sistemas têm potencial para controlar a erosão, melhorar a fertilidade do solo, aumentar e diversificar a oferta de forragem ao longo do ano, reduzir os danos causados por geadas e reduzir os extremos climáticos, que causam desconforto e prejudicam a produtividade e o desempenho reprodutivo dos animais.

Garcia & Couto (1992) enfatizaram os benefícios econômicos obtidos a partir da adoção de SSP, dentre estes: redução do custo de controle de plantas invasoras, obtém-se uma receita financeira adicional dentro de um prazo inferior ao que se teria somente com a exploração florestal, reduzem-se os riscos de incêndios florestais e as condições físicas e químicas do solo podem ser melhoradas.

Nesse sentido, em virtude da crescente necessidade de buscar alternativas de uso da terra que sejam econômicas, ecológicas, agronomicamente viáveis e sustentáveis, iniciaram-se no Brasil, na década de 1980, os primeiros trabalhos de pesquisa com sistemas silvipastoris, visando determinar o desempenho animal, a produtividade forrageira e florestal, além de controlar os problemas relacionados com a degradação dos solos, da

redução da produção agrícola e da desestabilização ambiental, decorrentes de uso de práticas agrícolas inadequadas (Carvalho, 1997; Saibro, 2001).

À primeira vista, a principal característica diferencial entre povoamentos florestais convencionais e sistemas silvipastoris, refere-se ao arranjo espacial e a densidade arbórea utilizados nestes dois sistemas de produção. Em povoamentos florestais plantados, planejados para utilização silvipastoril, as árvores são arranjadas em linhas múltiplas, ou ainda linhas simples, separadas por amplas entrelinhas, tendo em vista permitir o crescimento da pastagem visando produção animal (Buerghler, 2004), enquanto na exploração intensiva de florestas, os espaçamentos utilizados entre as linhas de árvores são bem menores, à medida que a objetivo é produção florestal única e exclusivamente (Ruark et al., 2003).

É de praxe, em grandes empresas florestais em muitos países do mundo, a introdução de animais em florestas em produção, com regimes de manejo específicos para cada região, em função das condições edafoclimáticas, das espécies arbóreas utilizadas e do produto pretendido (Baggio & Schreiner, 1988). Esta prática quando adotada sistematicamente, constitui-se na utilização de sistemas silvipastoris eventuais, onde os componentes pasto e animal são tratados como subprodutos da exploração florestal, nos quais o manejo é conduzido no sentido de priorizar a produção do componente arbóreo, uma vez que este é o produto principal. Nos sistemas silvipastoris verdadeiros, os componentes arbóreo, pasto e animal são considerados integrantes do sistema desde seu planejamento inicial, tendo em

vista que o manejo busca maximizar a produção integrada dos componentes e não o potencial isolado de cada um (Veiga & Serrão, 1990).

Os sistemas silvipastoris, ainda em relação aos povoamentos florestais convencionais, estão sujeitos a um grande número de interações dinâmicas que ocorrem entre os diferentes componentes do sistema, os quais não podem ser visualizados e interpretados como fatores isolados, mas com uma visão holística desse tipo de agro-ecossistema de produção (Wilson et al., 1990; Nair, 1993; Reynolds, 1995; Ong et al., 1999; Lin et al., 1999; Torquebiau, 2000; Jose et al., 2004; Buergler, 2004). Segundo Silva (1998), essas interações têm importância no manejo e na produtividade desse tipo de sistema, de acordo com a intensidade em que elas ocorrem. Estas interações são dependentes: do manejo florestal e animal empregados, da espécie florestal e densidade arbórea, da carga animal, do início e período total do pastejo, da espécie e categoria de herbívoro, do nível de fertilização do solo, do nível tecnológico empregado e da produtividade esperada dos diferentes componentes do sistema e seu uso (madeira para celulose, serraria ou carvão e do produto animal). Nesse sentido, há que preconizar-se o uso de recursos espaciais, temporais e biofísicos, para maximizar as interações positivas (facilitação) e minimizar as interações negativas (competição), entre os componentes do sistema (Jose et al., 2000).

A literatura menciona as possibilidades de integração de bovinos e árvores em sistemas de produção agrícolas nas regiões tropicais, especialmente para o método do pastoralismo, com utilização de pastagens naturais pelos animais, em florestas tropicais em regiões secas e savanas. Nas

condições edafoclimáticas dos trópicos, a integração de animais e floresta pode melhorar o nível de produtividade por unidade de área (Payne, 1985). Por outro lado, nas regiões subtropicais, com maior disponibilidade de umidade, os sistemas silvipastoris assumem grande importância econômica e ecológica, especialmente em regiões onde as pastagens naturais são predominantes e as condições topográficas são impróprias ao uso de culturas agrícolas de ciclo curto (Silva, 1998). A integração de árvores, pastagens e animais, na mesma área, pode apresentar inúmeras vantagens, em relação aos monocultivos, tais como: melhor aproveitamento da radiação solar, aumento da biodiversidade, aumento na ciclagem de nutrientes, obtenção de receita adicional a curto prazo, controle de plantas indesejáveis pela diminuição ou supressão do uso de herbicidas, redução da agressão ao meio ambiente e dos riscos de incêndios florestais, e incremento no seqüestro de carbono (Payne, 1985; Veiga & Serrão, 1990; Cameron et al., 1991; Nair, 1993; Ruark et al., 2003).

Idealmente, sistemas alternativos de uso integrado da terra, como os sistemas silvipastoris, que levam em consideração as peculiaridades dos recursos naturais de cada região, devem ser concebidos e testados de modo a tornar a atividade agrossilvicultural mais produtiva, auto-sustentável, economicamente rentável, socialmente justa e menos danosa ao meio ambiente (Varella, 1997).

2.2 Influência das árvores sobre o microclima em SSP

Quando o crescimento vegetal não é limitado por falta de água, temperatura e/ou nutrientes, a produção de biomassa é limitada pela fração de radiação fotossinteticamente ativa (RFA) interceptada pela cultura (Monteith et al., 1991) e da eficiência de conversão desta energia pela fotossíntese (Ong, 1999).

Em sistemas silvipastoris, inúmeros trabalhos reportam que o sombreamento imposto à pastagem, é o fator isolado que mais afeta o desempenho produtivo do sub-bosque forrageiro, ao alterar a quantidade e a qualidade da radiação que atinge a pastagem (Anderson & Batini, 1983; Shelton et al., 1987; Wilson & Ludlow, 1990; Reynolds, 1995; Garcia & Couto, 1997; Silva, 1998; Fucks, 1999; Jose et al., 2004; Feldhake et al., 2005). Por sua característica multiestrata, em sistemas que associam espécies perenes lenhosas e espécies herbáceas/arbustivas, ocorre uma heterogeneidade horizontal na quantidade e na qualidade da radiação incidente sobre o estrato inferior (Reynolds, 1995).

Aussenac (2000) reporta que, o decréscimo ou a extinção da radiação solar é expresso pela lei de Beer, a qual foi adaptada por Monsi e Saeki (1953) onde o nível de radiação solar próximo ao nível do solo é uma variável relacionada ao índice de área foliar (IAF), e que em SSP é afetado pela estrutura da copa e do dossel, como um resultado do manejo florestal aplicado (Aussenac, 2000). Fucks (1999) esclarece que características morfofisiológicas da espécie arbórea utilizada, a densidade do povoamento, a idade, a altura, a distribuição espacial das árvores e o manejo silvicultural,

determinam a intensidade da competição do estrato florestal sobre a vegetação herbácea do sub-bosque pelos recursos do meio, entre eles a radiação. Também a orientação ou o direcionamento das fileiras de árvores em função do posicionamento leste-oeste ou norte-sul permite maior ou menor incidência luminosa ao sub-bosque. De acordo com Silva (1998), a latitude da região onde a floresta está estabelecida é outro fator que interage com o direcionamento das fileiras.

O sombreamento provocado pela copa e tronco das árvores altera também a qualidade da luz que atinge o estrato herbáceo, pois há absorção preferencial das porções vermelha e azul do espectro solar pelo dossel arbóreo, de forma que a radiação incidente no sub-bosque apresenta uma maior proporção de comprimentos de onda cor-de-laranja, amarelos e verdes.

A radiação que atravessa o dossel arbóreo é mais pobre em vermelho (V) e azul (A), enquanto que o vermelho distante (VD) é predominantemente refletido e transmitido ao estrato herbáceo (Krueger apud Jose et al., 2004). Deste modo, a razão V:VD diminui junto aos estratos inferiores (Wong, 1990). Sob sol pleno, esta razão é da ordem de 1,5, enquanto junto aos estratos inferiores é da ordem de 0,05 a 0,7, dependendo do dossel. Desta forma, as respostas das plantas do estrato herbáceo submetidas a alterações luminosas em termos quali e quantitativos (Reynolds, 1995), estão ligadas às respostas de fotoconversão do fitocromo, causadas pela redução da razão V:VD (Taiz & Zeiger, 2004).

Wilson & Ludlow (1990), observaram, na Malásia, que em ambiente de sol pleno, a relação V:VD foi de 1:1,2. Já sob floresta jovem de seringueira,

esta relação reduziu-se para 1:1,07 e, sob florestas adultas de seringueira, de coqueiro e nativa tropical, a relação V:VD decresceu para 1:0,6; 1:1,03; 1:0,4, respectivamente. Além disso, em sub-bosques, ocorre um regime intermitente de luz com a penetração de “*flashes*” de luz solar direta (*sunflecks*) que atravessam o dossel, o que também ocasiona alterações no ambiente luminoso e na atividade fotossintética das plantas do estrato herbáceo. Neste sentido, Peri et al. (2002) esclarecem que os controles fisiológicos das taxas fotossintéticas que operam durante os regimes de luz intermitentes, são diferentes daqueles que atuam em regimes contínuos. Rabinovich apud Peri et al. (2006) estabeleceu que as taxas fotossintéticas sob regimes luminosos intermitentes podem apenas aproximar-se, e nunca exceder, as taxas fotossintéticas sob luz contínua sob a mesma densidade de fluxo de fótons fotossintéticos. A luz difusa, que emana de todo o céu e não apenas de um único ponto de origem (sol) e por esta característica multidirecional, tem maior penetração no dossel arbóreo do que a luz direta (Wilson & Ludlow, 1990), pode ser melhor utilizada pelas plantas (Sinclair apud Feldhake, 2005).

Healey et al. (1998) investigando os efeitos da alteração da proporção de radiação difusa em relação à radiação direta, sobre a eficiência de uso desta pelas plantas, utilizou dois tipos de telas para sombreamento: uma que interferiria tanto sobre a radiação difusa quanto sobre radiação direta (dupla camada de tela “*birdguard*”) e outra que incrementaria a transmissão de radiação difusa (tela “*solarweave*”) cuja radiação solar incidente, nos dois materiais correspondia à 25% da luz solar plena. Os autores encontraram redução significativa do rendimento médio de forragem de *Panicum maximum*

Jacq cv. Petrie e de *Bothriochloa insculpta* (Hochst. ex A. Rich) cv. Bisset, sob “*birdguard*” em relação ao rendimento médio obtido sob pleno sol, porém a eficiência de uso da radiação foi incrementada em 19 e 15%, para as duas gramíneas, respectivamente. Sob “*solarweave*” foi obtido rendimento médio superior em relação a pleno sol e a eficiência de uso da radiação foi incrementada em 46 e 50% para as duas espécies, respectivamente, ou seja, a presença de maior proporção de luz difusa incrementou tanto o rendimento de forragem quanto a eficiência de utilização da radiação das espécies avaliadas.

Jackson & Ash (1998) ressaltam que a magnitude das respostas da pastagem à luz solar em função da densidade arbórea, ou ao sombreamento, é influenciada pela disponibilidade de água no solo. Da mesma forma, Ludwig et al. (2001) no norte da Tanzânia, associaram a disponibilidade hídrica ao efeito do sombreamento natural com restrição luminosa de 55% por *Acacia tortilis* Forsk. sobre o desempenho de forrageiras tropicais. Em período de alta disponibilidade hídrica houve maior produção de biomassa nas plantas a pleno sol, enquanto no período de deficiência hídrica, houve maior crescimento sob sombra, indicando que houve menor perda de água sob ambiente sombreado.

Da mesma forma, em Sierra Nevada, na Califórnia, maior produção de forragem sob carvalho azul (*Quercus douglassi* Hook. & Arn.) foi atribuída ao microclima sob o dossel arbóreo, de forma que foram constatadas temperaturas de solo moderadas e melhor status e conservação de água no solo sob condição de sombreamento, favorecendo o crescimento de espécies forrageiras nativas anuais. Nesta região, a morte ou remoção de árvores pode resultar em declínio gradual da produção anual do sub-bosque e conduzir a

produtividade aos mesmos níveis da condição de luz plena (Holland apud Buerghler, 2004). No Chile, foi relatada uma redução na produção de forrageiras nativas quando a cobertura por árvores de *Acacia caven* Mol. foi parcial ou totalmente reduzida (Ovalle & Avendaño, 1984).

Em contrapartida, Fassola et al. (2001), em Corrientes, na Argentina, reportam uma redução mais acentuada na produção de biomassa de forragem em sub-bosque composto por *Paspalum paniculatum* L. e *Axonopus compressus* (Sw) P. Beauv., em um povoamento florestal de *Pinus taeda*, especialmente em anos de baixa pluviosidade. Assim sendo, o grau de competição árvore-pastagem, em termos de redução de produção de forragem em resposta ao fator sombreamento, pode ser menos acentuado em ambientes com limitação hídrica e nesses casos os benefícios da associação podem prover também melhor desempenho produtivo da pastagem, pela manutenção da umidade do solo em ambientes sombreados.

Muitos outros autores verificaram efeitos benéficos relativos ao microclima associado à presença de árvores, à medida que estas interferem sobre os principais componentes da demanda evaporativa atmosférica: o vento, a temperatura e a radiação solar. Solos protegidos por árvores apresentam maior teor de umidade em épocas críticas do que aqueles expostos diretamente ao sol e ao vento, sendo que as forrageiras existentes nessas áreas permanecem mais verdes no período mais crítico, constituindo-se em recurso alimentar significativo na manutenção dos rebanhos por um período maior (Veiga & Serrão, 1990). Hawke & Wedderburn (1994) avaliando parâmetros microclimáticos em diferentes densidades de *Pinus radiata* D. Don

(0, 100, 200 e 400 árvores/ha) em Rotorua, Nova Zelândia, constataram uma expressiva redução do efeito do vento, medido em km/dia, com o aumento da densidade arbórea, de modo que a magnitude desta redução foi de 78% na densidade de 400 árvores/ha, em relação ao ambiente sem a presença de árvores. Em relação à temperatura do ar, os mesmos autores esclarecem que há uma relação entre as diferentes densidades de *P. radiata* avaliadas e as temperaturas em cada estação do ano: Em condições de frio extremo houve um efeito positivo, ou seja, um aumento da temperatura do ar com o aumento da densidade arbórea, já nas condições de calor extremo, na densidade de 200 árvores/ha foram observadas menores temperaturas em todas as estações do ano em relação às demais densidades avaliadas, porém maiores em relação ao ambiente sem a presença de árvores.

Knowles et al. (1992), em medições micrometeorológicas realizadas em florestas plantadas com *P. radiata*, na Nova Zelândia, reportaram menor ocorrência de extremos climáticos de frio ou de calor e maior umidade relativa do ar no interior das formações arbóreas. Em contrapartida, Burner & Beleski (2004) relatam menores teores de umidade e temperatura do solo em ambientes agroflorestais, sendo que estes fatores interferiram sobre a produtividade do sub-bosque associados às alterações luminosas. Nesse sentido, foram relatadas menores temperaturas do solo com o aumento da densidade arbórea, acima de 100 árvores/ha (Hawke & Wedderburn, 1994; Aussenac, 2000), fator que pode afetar o metabolismo vegetal das plantas herbáceas que crescem em associação com árvores, especialmente em maiores densidades arbóreas.

Em monitoração micrometeorológica realizada em povoamento florestal comercial (1666 árvores/ ha) de *E. saligna* Smith e *E. grandis* Hill, com dois anos de idade, na região ecoclimática da Depressão Central do RS, Saibro (1992), relatou menores temperaturas do ar dentro da floresta do que acima do dossel arbóreo, na maior parte do período diurno, embora com pequenas diferenças ou até inversões nas temperaturas mínimas. No verão e na primavera, o interior da floresta apresentou temperaturas diurnas mais elevadas do que acima da mata. A umidade relativa do ar mostrou variação semelhante a da temperatura do ar (Silva et al. 2005). De uma forma geral, ocorre uma menor amplitude térmica, diária e estacional, em áreas com cobertura florestais em comparação a solo desnudo, além da redução da evapotranspiração potencial das plantas cultivadas, em sistemas associados à presença de árvores, incrementando seu status hídrico (Aussenac, 2000).

Alterações na transmissão da radiação solar incidente no sub-bosque têm sido observadas por vários autores (Bergez et al., 1997; Knowles, 1999; Burner & Beleski, 2004). Reynolds (1995) e Feldhake et al. (2005), afirmam que a radiação em ambientes silvipastoris apresenta variação espacial diária e sazonal, dependendo principalmente da latitude do local, da exposição do terreno, da espécie e densidade arbórea utilizadas e da nebulosidade, porém muitos trabalhos demonstram que a magnitude das variações expressa-se claramente com o avanço da idade das árvores, ou seja, com seu estágio de desenvolvimento. Shelton et al. apud Wilson & Ludlow (1990), observaram que houve um rápido declínio na transmissão da radiação sob florestas de *Eucalyptus deglupta* Blume e *E. grandis* Hill. já a partir do segundo ano de

estabelecimento, atingindo um máximo de 40% de redução da quantidade luminosa incidente aos sete anos de idade da floresta. Segundo os autores, o rápido declínio da intensidade luminosa incidente no sub-bosque dos eucaliptos impôs uma severa restrição no crescimento e sobrevivência da pastagem a partir do sétimo ano. Por outro lado, em floresta de coqueiros, Reynolds (1995), com espaçamentos maiores, observou reduções relativas de transmissão de luz entre 50 e 80%, ao longo de 30 anos após o estabelecimento da floresta, ou seja, as reduções da intensidade luminosa ao longo do tempo foram menores, em relação às observadas por Wilson & Ludlow (1990), promovendo um razoável ambiente para o crescimento da pastagem. Porém, com o avanço da idade das árvores, as mudanças no microclima se tornam mais restritivas ocasionando respostas diferenciais em termos de crescimento e persistência do sub-bosque.

Silva (1998) trabalhando em um sistema silvipastoril com *E. saligna* Smith e pastagens cultivada e nativa, na EEA/UFRGS, comprovou que o aumento da densidade arbórea de 833 para 1666 árvores/ha provocou expressiva redução na radiação fotossinteticamente ativa (RFA) transmitida ao sub-bosque forrageiro, aos 10, 17 e 25 meses de idade das árvores. Aos 10 meses, a RFA transmitida ao sub-bosque foi 43,3% e 70,7% da radiação incidente fora da floresta, na maior e menor densidade arbórea, respectivamente. Aos 17 meses, a RFA transmitida correspondeu a 28,7% e 42,1% e aos 25 meses foi reduzida para 17,4% e 29,3%. O autor comprovou que o aumento da densidade arbórea diminuiu os níveis de rendimento das

pastagens, sua capacidade de suporte animal e o número de dias de pastejo, com conseqüente redução do desempenho produtivo dos novilhos.

2.3 Influência do sombreamento sobre a produção de forragem em SSP

Os fatores climáticos que normalmente interferem na produtividade das culturas são a água, a temperatura, o fotoperíodo e a irradiância (Kephart & Buxton, 1993). Muitos trabalhos em sistemas silvipastoris relacionam a produção de biomassa como uma função linear da radiação interceptada (Knowles et al. 1999, Silva-Pando et al., 2002), de modo que experimentos testando níveis de sombreamento (natural ou artificial) indicam efeitos positivos (Wilson & Ludlow, 1990; Samarakoon et al. 1990; Buergler et al., 2006), negativos (Eriksen & Whitney 1981; Johnson et al., 2002; Burner & Beleski, 2004) ou nulos (Varella, 1997; Ludwig et al. 2001) sobre a produção de forragem. Alguns autores indicam boa produção de forragem em condição de sombreamento moderado, porém com ressalvas à persistência de espécies perenes em condição de sombreamento (Beleski et al. 2002).

Avaliando o efeito de três densidades arbóreas (816, 400 e 204 árvores/ha) em sistema silvipastoril com *Eucalyptus saligna* Smith. com pastagem nativa, na Estação Experimental Agronômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (EEA/UFRGS), Fucks (1999), reportou redução significativa na massa de forragem residual com o aumento da densidade arbórea, fato que potencialmente restringe a produção animal.

Gutmanis et al. (2001) em Nova Odessa, SP, avaliando o efeito de duas densidades arbóreas de *Pinus elliottii* (200 e 400 árvores/ha), sobre a produção de matéria seca (MS) de seis espécies de gramíneas forrageiras perenes de ciclo estival obtiveram, na condição de restrição luminosa, valores de 43% a 68% para a menor e maior densidade arbórea, respectivamente, em relação à produção de MS em pleno sol. Da mesma forma, trabalhos em silvipastoralismo, realizados na Austrália, Nova Zelândia, Argentina e Estados Unidos, utilizando Pinus ou Eucalipto em amplos espaçamentos, evidenciam que as árvores provocam um efeito adverso na produção de forragem, apresentando relação inversa entre rendimento de MS e área basal de árvores em uma ampla gama de locais e comunidades (Burrows et al. 1988; Scanlan & Burrows 1990; Alegranza & Benvenuti apud Fassola et al, 2001; Ares, 2003).

Na Argentina, em trabalho conduzido por Acciaresi et al. (1994) foi avaliado o efeito de quatro densidades (625, 416, 312 e 250 árvores/ha) de plátano (*Populus deltoides* March), sobre a incidência da RFA transmitida no sub-bosque, sendo este formado por uma mistura de gramíneas forrageiras composta por *Bromus unioloides* HBK, *Lolium multiflorum* Lam., *Paspalum dilatatum* Poir. e *Cynodon dactylon* L. Os resultados indicaram taxas de crescimento do sub-bosque no tratamento com 250 árvores/ha em torno de 69 e 71% em relação ao cultivo em sol pleno, porém taxas de crescimento bastante inferiores nas maiores densidades arbóreas, evidenciando o efeito negativo do aumento do sombreamento sobre o crescimento da pastagem.

Por outro lado, Varella (1997), avaliando um SSP em fase inicial de estabelecimento, na EEA/UFRGS, não encontrou diferenças entre a

disponibilidade de matéria seca da pastagem nativa em relação a três densidades arbóreas estudadas (816, 400 e 204 árvores/ha) em sistema silvipastoril com *Eucalyptus saligna* na EEA/UFRGS. O autor esclareceu que a pouca idade e a reduzida altura das árvores proporcionou baixo nível de sombreamento, não afetando a radiação incidente no sub-bosque, e conseqüentemente a produção de forragem.

2.4 Interação entre níveis de sombreamento versus genótipos forrageiros

Um dos requisitos para o sucesso de sistemas silvipastoris é a escolha correta das espécies forrageiras componentes do sistema, pois não basta que elas sejam tolerantes ao sombreamento, mas é necessário selecionar genótipos produtivos, adaptados ao manejo e às condições edafoclimáticas da região onde serão implantadas (Garcia & Andrade, 2001).

De acordo com Lin et al. (1999), as plantas que apresentam a rota de fixação de carbono C_3 , são mais adaptadas à sombra do que as espécies de rota C_4 . As plantas C_3 apresentam saturação luminosa com aproximadamente 25% a 50% de luz solar plena, portanto a redução da intensidade luminosa até esses níveis não provocaria um efeito na assimilação do CO_2 . Em contraste, o aparato fotossintético de plantas C_4 não apresenta saturação mesmo em altas intensidades luminosas, porém o mecanismo de concentração de CO_2 torna as plantas C_4 menos eficientes na utilização da luz sob baixa intensidade luminosa (Taiz & Zeiger, 2004). Lin et al. (1999) avaliaram a performance de 30 espécies forrageiras em diferentes níveis de

sombreamento artificial (0, 50 e 80% sombra) encontrando produção de forragem das espécies estivais inferior a 35% do rendimento obtido a pleno sol, devido a acentuada queda nas taxas fotossintéticas em condição de intensidade luminosa moderada (50% de sombreamento), enquanto os rendimentos de gramíneas hibernais, azevém-perene (*Lolium perenne* L.), pastinho-de-inverno (*Poa pratensis* L.), capim-dos-pomares (*Dactylis glomerata* L.) e festuca-alta (*Festuca arundinacea*), não foram afetados por este nível de sombreamento. Da mesma forma, no trabalho de Silva (1998) foi observada uma redução da presença de espécies C₄ com o aumento do sombreamento (pelo avanço da idade das árvores), sendo substituídas por espécies C₃, como capim-cabelo-de-porco (*Piptochaetium montevidensis* Spreng.). Lucas (2004) relatou um rendimento médio de 5.529 kg/ha de matéria seca de cinco cultivares de *Panicum maximum* (espécie C₄) sob sombreamento de *Eucalyptus* sp., na densidade de 1111 árvores/ha, valor que corresponde a apenas 25% do rendimento obtido ao sol pleno, em trabalho conduzido em Tupanciretã, RS, de dezembro de 2003 até abril de 2004.

As resposta de plantas ao sombreamento provocado artificialmente ou pela presença de árvores variam de acordo com fatores edafo-climáticos e de características do manejo aplicado às árvores e a pastagem, de tal sorte que muitos trabalhos reportam incremento em produção de forragem de espécies C₄ em condição de sombreamento moderado. Assim, Wilson et al. (1990) no sul de Queensland, Austrália, encontraram incremento de 35% no rendimento de matéria seca de grama-forquilha (*Paspalum notatum* Flüggé) sob sombra de Eucalipto, em relação ao sol pleno. Semelhantemente, Wild et

al. (1993) encontraram incremento nos rendimentos de matéria seca de grama-forquilha da ordem de 40%, sob 55% de intensidade luminosa de um dossel de *E. grandis* W. Hill de oito anos de idade no litoral sul de Queensland. Na Austrália, grama santo-agostinho (*Stenotaphrum secundatum* Kuntz), grama-tapete (*Axonopus compressus*) e capim-quicuío (*Pennisetum clandestinum* Hochst et al. Chiov.), cultivados em vasos, apresentaram rendimentos maiores sob tela de “sombrite” do que sob sol pleno. *S. secundatum* e *A. compressus* incrementaram rendimento em até 68% e *P. clandestinum* aumentou o rendimento em até 42% em condição de sombreamento (Samarakoon et al., 1990).

Quando o estabelecimento dos SSP é planejado, existe a possibilidade da distribuição espacial das árvores ser feita de modo que se reduza a competição por luz, permitindo maior persistência das forrageiras e eficiência do sistema como um todo. Além disso, se as características dos componentes herbáceos e arbóreos favorecerem a redução na competição por luz, água e nutrientes, várias vantagens potenciais podem ser obtidas (Carvalho, 1997). De acordo com Andrade (2002), normalmente espera-se menores níveis de transmissão de luz na área próxima às fileiras das árvores, aumentando gradualmente até atingir o valor máximo no centro da entrelinha, com forma semelhante a da curva da distribuição normal de Gauss, porém, isto só ocorre na época em que o sol se encontra perpendicular (90°) à superfície terrestre, no local avaliado, condição ocorrente quando a declinação solar se encontra em perfeita correspondência com a latitude do local. Quando a altitude solar é inferior a 90° , a maior parte da radiação solar é interceptada

pela copa das árvores e a variação espacial da transmissão de luz ao sub-bosque será função do espaçamento e densidade, da altura das árvores e da arquitetura de suas copas.

2.5 Efeito do sombreamento sobre o valor nutritivo da forragem em SSP

Sob condições normais de luminosidade plena, o valor nutritivo das plantas forrageiras pode ser reduzido por diversos fatores ambientais, edáficos e por suas próprias características morfofisiológicas, entre as quais se destacam: a idade e o estágio de desenvolvimento, a relação folha/colmo, a relação conteúdo/parede celular, e o teor de clorofila, entre outras. Em sistemas silvipastoris o valor nutritivo das forrageiras pode ser alterado pela presença de árvores, por meio do sombreamento, principalmente pela redução da relação V: VD, causando adaptações morfológicas e fisiológicas (Eriksen & Whitney, 1981; Wong, 1990; Allard et al., 1991, Kephart & Buxton., 1992; Kallembach et al., 2006).

De acordo com Lin et al. (1999), todas as plantas respondem fisiológica e morfológicamente à sombra e isso varia consideravelmente com seu grau de adaptação à sombra, que é uma expressão do seu genótipo. Reynolds (1995), afirma que a aclimatação morfológica das plantas à atenuação luminosa, se constitui em uma estratégia adaptativa para compensar, pelo menos parcialmente, menores taxas fotossintéticas por unidade de área foliar e acrescenta que as alterações químicas, em plantas

submetidas à baixas intensidades luminosas, podem ocorrer no sentido de aumentar a eficiência fotossintética.

Os fatores ambientais, modificados pelo sombreamento, tem um profundo efeito sobre a qualidade da forragem, uma vez que a digestibilidade da matéria seca e o conteúdo de nutrientes são determinados pela morfologia, anatomia e composição química da planta forrageira (Kephart & Buxton, 1993; Lin et al. 2001). Na literatura, são referidas principalmente, as seguintes alterações morfo-fisiológicas:

a) Maior razão de área foliar e menor peso específico foliar - Folhas mais longas, largas e finas levam a valores mais altos de IAF. Lin et al. (2001), avaliando gramíneas e leguminosas de crescimento hibernal e estival em dois níveis de sombreamento artificial (50 e 80%), encontraram maiores áreas por lâmina (ou por folíolo) para a maioria das espécies avaliadas, sendo que a magnitude dessa variação foi de 13 a 126% para o sombreamento de 50% e de 19 a 220% para o sombreamento de 80%. Já o peso específico foliar decresceu significativamente com o aumento do sombreamento, ou seja, a maior área foliar obtida sob intensidade luminosa reduzida foi acompanhada por um decréscimo de 20 a 40% da área foliar específica. De acordo com Kephart & Buxton (1992), esta adaptação morfológica está relacionada a manutenção da superfície de captação de energia radiante às expensas da espessura e densidade foliares. Samarakoon et al. (1990), encontrou incremento de 33% na área foliar de plantas de *Axonopus compressus*, *Stenotaphrum secundatum* e *Pennisetum clandestinum* cultivadas sob sombreamento artificial. Há que se ressaltar, porém, que se trata de plantas

bem adaptadas à condição de sombreamento, sendo isso demonstrado pelo incremento da produção de biomassa aérea sob sombreamento em relação à produção sob sol pleno. Da mesma forma, Gautier et al., (1999) reportaram maiores comprimentos de folha em azevém-perene (*Lolium perenne*) submetido à redução de luz azul, condição que é observada em sub-bosque, verificando tendência geral ao aumento do comprimento e da largura foliares à sombra moderada, embora tal comportamento tenha sido muito variável entre os genótipos avaliados.

b) Maior densidade de clorofila - (principalmente clorofila b), ocasionando menor relação clorofila a: clorofila b. O pigmento clorofila b é constituinte dos fotossistemas, da porção “antena” e a clorofila a, é constituinte dos centros de reação fotossintética. As antenas são responsáveis pela captação da energia radiante, sendo que o fotossistema I (PSI) absorve preferencialmente luz na faixa do vermelho-distante, com comprimentos de onda de até 700 nm e o fotossistema II (PSII), absorve preferencialmente luz na faixa do vermelho com comprimento de onda de 680 nm. Plantas de sombra mostram uma razão 3:1 dos centros de reação do PSII para o PSI, em comparação com a razão 2:1 encontrada em plantas ao sol pleno. Sendo assim, a ocorrência de uma maior proporção de luz vermelho-distante em relação a vermelha, altera a relação PSI: PSII. Outras plantas podem acrescentar mais pigmentos antena ao PSII. Essas adaptações parecem acentuar a absorção de luz e a transferência de energia em ambientes sombrios, onde a luz vermelho-distante é mais abundante (Taiz & Zeiger, 2004)

c) Maior relação folha: colmo - Castilhos et al. (2003), encontraram que a maioria das cultivares de *P. maximum* avaliadas em Tupanciretã, RS, crescendo em sub-bosque de eucalipto, apresentaram uma maior relação folha:colmo, em comparação com o crescimento ao sol pleno. Kepharth & Buxton (1992) encontraram menor peso seco de colmos de gramíneas (C_3 e C_4) em níveis crescentes de sombreamento, embora a relação folha:colmo não tenha apresentado respostas consistentes aos níveis de sombreamento impostos. Os autores ressaltaram que o incremento da elongação caulinar freqüentemente acompanha reduções de irradiância, sendo influenciado pela disponibilidade de fotoassimilados e pela capacidade da planta de distribuí-los ao caule em crescimento. Samarakoon et al. (1990), da mesma forma encontraram maior relação folha: colmo em gramíneas perenes estivais cultivadas sob sombreamento artificial em relação à pleno sol, independentemente da dose de N utilizada.

d) Maior relação parte aérea: raiz - Fernandez et al. (2002), na Patagônia, Argentina, encontraram significativa alteração no padrão de alocação de biomassa em plantas de *Festuca pallescens* (St. Yves) Parodi cultivadas sob sombra de *Pinus ponderosa* Dougl., na densidade de 500 árvores/ha, em relação às plantas cultivadas em ambiente aberto; sob sombra, a relação média obtida foi de 0,619 e sob sol pleno, foi de 0,388. Os autores esclarecem que plantas submetidas à baixos níveis de CO_2 ou luz, modificam seu padrão de alocação de biomassa, transferindo mais fotoassimilados para a parte aérea em relação às raízes. Eriksen & Whitney (1981) reportam que o sombreamento reduz significativamente o peso seco das raízes, independente

da adubação nitrogenada aplicada, resultando assim em maior relação parte aérea: raiz. Da mesma forma, Beleski et al. (2002) encontraram maior relação parte aérea: raiz, em plantas de *Dactylis glomerata* cultivadas sob sombra de *Quercus sp.* (com 30 a 60% de atenuação luminosa) em relação às plantas cultivadas em ambiente aberto (sol pleno).

e) Folhas mais finas - Tem sido verificado um aumento na proporção do tecido epidérmico, pela formação de folhas mais finas, em função da redução do número de células do mesófilo, menor espessura da cutícula, redução na proporção de tecidos vasculares e de sustentação das folhas, bem como menor densidade de estômatos (Boardmann, 1977; Givinish, 1988; Reynolds, 1995, Taiz & Zeiger, 2004).

f) Redução no perfilhamento - A redução do número de perfilhos com o aumento dos níveis de sombreamento parece ser quase linear para gramíneas (Keparth & Buxton, 1992). De acordo com Gautier et al. (1999) essa alteração é ocasionada pela redução da relação V:VD, ocasionando mudanças morfogênicas mediadas por fotorreceptores como os fitocromos (responsivos à alteração da relação V:VD), de modo que ocorre um atraso no desenvolvimento de brotos basais em perfilhos de plantas sombreadas.

g) Modificações fisiológicas - A respiração e o processo fotossintético são mais lentos e a fotossíntese se satura à níveis de radiação mais baixos. De uma maneira geral, o decréscimo na fotossíntese, proporcionado pelo sombreamento, é maior para as gramíneas tropicais (via C_4), e menor para as gramíneas de inverno e leguminosas (via C_3) (Boardmann, 1977).

h) Atraso no florescimento - Muitos autores reportam maior duração do período vegetativo em plantas submetidas a sombreamento em relação ao início do florescimento em plantas sem restrição luminosa. (Tiedmann, 1971; Ovalle & Avendaño, 1994; Castro et al., 1997; Carvalho et al., 2002; Addison, 2003; Congdom, 2003). Em contrapartida Taiz & Zeiger (2004) evidenciam que plantas anuais submetidas a stress luminoso podem apresentar florescimento precoce, como uma medida para garantir sua propagação e que plantas expostas à luz vermelho-distante por quatro a seis horas tem florescimento estimulado em comparação com plantas submetidas à luz branca ou vermelha contínua.

A intensidade luminosa pode afetar a qualidade nutritiva da forragem (Wilson & Wong, 1982), a qual é expressa pela digestibilidade da forragem e seu consumo. Reynolds (1995) resumiu os efeitos negativos do sombreamento sobre o valor nutritivo das plantas, com base em estudos conduzidos principalmente por Wilson & Wong (1982) e Samarakoon et al., 1990, conforme segue: a) Níveis mais baixos de carboidratos solúveis, normalmente acompanhados por incrementos no teor de paredes celulares; b) maior conteúdo de sílica e maior lignificação; c) menor digestibilidade da parede celular; d) decréscimo na proporção de tecido mesofílico digestível em relação a menor epiderme digestível; e) acentuada alongação do colmo e redução no perfilhamento; f) aumento excessivo no teor de umidade nos tecidos vegetais, o que pode limitar o consumo voluntário de forragem pelos animais. Porém, os efeitos do sombreamento sobre a qualidade da forragem ainda são pouco claros (Wilson & Wild, 1991; Jackson & Ash, 1998).

2.5.1 Digestibilidade *in vitro*

A digestibilidade da forragem é função de vários fatores da planta forrageira, tais como os teores de proteína, sílica, lignina, fibras e o conteúdo de carboidratos não-estruturais (CNE), que podem ocorrer em virtude de diferenças morfo-estruturais entre espécies forrageiras ou por mudanças no desenvolvimento ontogenético (Masuda, 1977). Estes fatores, além disso, podem ser afetados de maneira diferente pelo microclima do ambiente silvipastoril, além daqueles inerentes ao animal. Por esta razão, a explicação dos efeitos da presença de árvores e do sombreamento sobre a digestibilidade da forragem é mais complexa do que os efeitos do sombreamento sobre nutrientes isolados (Jackson & Ash, 1998). Dessa forma, a literatura mundial apresenta desde dados coincidentes até resultados bastante discrepantes ou mesmo contraditórios neste aspecto.

Lin et al. (2001), avaliando 30 espécies forrageiras, gramíneas e leguminosas, de ciclos hibernal e estival, sob três intensidades luminosas, encontraram variação entre respostas das espécies avaliadas em termos de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), porém, de forma geral, foi constatado efeito muito pequeno de alterações desses parâmetros nas condições de sombreamento artificial avaliadas (50 e 80%). Kephart & Buxton (1993), encontraram respostas de redução do FDN com o incremento do sombreamento imposto à gramíneas C₃ e C₄, embora os teores de FDN sejam maiores nas espécies C₄ em relação às C₃, as diferenças médias observadas entre os tratamento de 37 e 100% da luz solar plena foram

da ordem de 2,5% para planta inteira, tendo um importante incremento deste parâmetro na fração de lâminas do material avaliado (2,4%), os autores sugerem que o teor de FDN pode ter sido influenciado por respostas morfológicas (como a redução do tamanho das células), apresentando efeito de diluição e sobre o desenvolvimento da parede secundária, que seria limitada pela disponibilidade de fotossintatos. A intensidade luminosa de 37% comparada com sol pleno, apresentou efeito significativo sobre a digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), a qual aumentou em 5% em média dos diferentes materiais forrageiros avaliados, sendo que os valores médios obtidos foram da ordem de 550 g DIVMS/ kg MS, sugerindo que DIVMS foi afetada positivamente com o incremento da restrição luminosa, devido à redução do teor de lignina em 4% e do conteúdo de parede celular (CPC) em 3% (Kephart & Buxton, 1993).

Samarakoon et al. (1990), na Austrália, encontraram maiores valores de DIVMS no ápice das plantas de *Axonopus compressus*, *Stenotaphrum secundatum* e *Pennisetum clandestinum* Hochst et al. Chiov. cultivadas sob sombreamento artificial, sendo que *A. compressus* apresentou resposta linear positiva em termos de DIVMS com o aumento do sombreamento imposto, para todas as frações analisadas: 64% para ápices, 62% para folhas e 66% para colmos, cultivados a pleno sol, contra 69, 69 e 67%, respectivamente para a DIVMS obtida com 68% de sombreamento. Os autores reportam que o incremento da digestibilidade foi consistente com os efeitos do sombreamento nos diferentes constituintes dos tecidos vegetais; em geral teores de CPC e cinzas insolúveis decresceram e o teor de N foi aumentado sob sombreamento,

o que explicaria o incremento na DIVMS; entretanto, houve tendência de aumento do teor de lignina e decréscimo dos CNE, condições que tendem a reduzir a digestibilidade de uma forragem. Gutmanis et al. (2001) em Nova Odessa, SP, encontraram maiores valores de digestibilidade *in vitro* da matéria seca de gramíneas estivais (*P. maximum* cvs. Tanzânia e Aruana e var. Trichoglume, *Brachiaria brizantha* Stapf., *Brachiaria humidicola* Rendle e *C. dactylon* cv. Tifton 85) cultivadas sob duas densidades de *P. elliotii* (200 e 400 árvores/ha), em relação às plantas cultivadas sob sol pleno, porém a diferença entre a DIVMS média das plantas cultivadas sob a sombra das árvores e as cultivadas sob sol pleno foi de apenas 2% (50,17% e 48,01 %, respectivamente), os autores enfatizam que o decréscimo nos teores de hemicelulose, da ordem de 4%, poderiam comprometer o valor nutritivo do material cultivado sob sombreamento.

Na Austrália, Jackson & Ash (1998), estudaram os efeitos da presença de árvores sobre a qualidade de forragem, em dois sítios experimentais avaliando as densidades de 64 e 127 árvores de *Eucalyptus crebra* F. Muell e *Corymbia erythrophloia* por hectare, encontrando maiores valores de digestibilidade *in vivo* estimada da matéria seca em plantas de *Chrysopogon fallax* (gramínea perene tropical), coletadas a três metros da copa de árvores em relação às plantas crescidas em ambiente aberto (ou não submetidas ao sombreamento), nos dois sítios avaliados. Foram encontrados valores entre 37,5% de digestibilidade no inverno e 66,7% no verão.

Já Wilson & Wong (1982), encontraram efeitos significativos e decrescentes dos níveis de luminosidade (100, 60 e 40% da luz solar plena)

sobre a digestibilidade da matéria seca de *P. maximum* var. Trichoglume, sendo a magnitude do decréscimo da DIVMS com o sombreamento da ordem de 10 a 12%. Entretanto, no mesmo experimento, avaliando Siratro (*Macroptilium atropurpureum* Urb.), não foram encontradas diferenças significativas para as frações folha e caule do material. Os autores esclarecem que o decréscimo da DIVMS, especialmente no estrato inferior do dossel da gramínea, pode ser parcialmente explicado pela maior participação de caules sob sombreamento. Porém, menores concentrações de carboidratos-não estruturais, da ordem de 37%, sob 40% de transmissão luminosa em relação ao sol pleno e o incremento em lignina de 8%, foram apontados como fatores que reduziriam a DIVMS da forragem da gramínea.

Outros trabalhos têm associado a menor qualidade de forragem em gramíneas sombreadas, à menor digestibilidade *in vitro* pelo aumento do conteúdo de lignina (Belsky, 1992; Lin et al., 2001), pela redução dos teores de carboidratos-não estruturais (CNE) ou pelo incremento do conteúdo de paredes celulares (CPC) nos tecidos das plantas (Belski, 1992). Por outro lado, Wilson & Wong (1982), relataram um decréscimo de CPC com o sombreamento, da ordem de 4%. O CPC de uma forragem é nutricionalmente importante, porque altos valores de CPC implicam em menor digestibilidade e menor consumo pelos ruminantes (Minson apud Wilson & Wong, 1982), uma vez que a digestão do tecido vegetal é limitada pela combinação dos níveis e tipos de polissacarídeos constituintes da parede celular e seu grau de lignificação (Ford et al., 1979). Já os CNE são uma forma de energia prontamente aproveitável

pela flora microbiana do rúmen e a redução dos seus teores na dieta pode limitar a sua atividade, resultando assim em menores ganhos.

Burner e Beleski (2004) sugerem que a concentração de CNE deve estar positivamente relacionada à intensidade luminosa e da mesma forma que Neel et al. (2003) e Lin et al.(2001), encontraram maiores teores de CNE nas maiores intensidades luminosas avaliadas. Belski (1992), por sua vez, esclarece que as alterações em CPC, observadas em diferentes condições de sombreamento, podem ocorrer devido ao efeito de diluição pelo incremento de produtos solúveis (CNE) ocasionado pelo ambiente mais fértil e úmido abaixo do dossel arbóreo e que as plantas podem vir a ser colhidas em estádios fenológicos diferente (menos maduras) devido às menores temperaturas observadas em sub-bosque.

Nesse sentido, há ainda que se considerar a dificuldade de separar os efeitos da sombra e da temperatura sobre a qualidade da forragem, como sugerem Wilson & Wild (1995), Lin et al. (2001), Silva-Pando et al. (2002), Buerger (2004) e Kallembach (2006), uma vez que em temperaturas mais amenas sob sombra e o crescimento vegetal mais lento, parecem contrabalançar os efeitos indesejáveis do incremento de fibras ocasionados pelo sombreamento. Da mesma forma, Ford et al. (1979), afirmam que células que se expandem rapidamente, em virtude de maiores temperaturas, apresentam parede celular mais fina do que as oriundas de crescimento lento e estas por sua vez permitem o desenvolvimento de maior espessamento da parede celular, que possui maior teor de celulose do que de hemicelulose, o que explicaria o incremento em CPC, em temperaturas amenas (ou em

ambientes com a presença de árvores). Desta forma, examinando os efeitos da temperatura em relação aos teores de digestibilidade *in vitro* da matéria seca com os constituintes de paredes celulares de gramíneas tropicais e temperadas, Ford et al. (1979), encontraram incremento nos teores de CPC com o aumento da temperatura nas gramíneas temperadas e decréscimo nas gramíneas tropicais sob mesmas condições de temperatura, fato associado ao decréscimo acentuado no teor de celulose do material. Em relação à digestibilidade, foram obtidas correlações negativas do CPC com o aumento da temperatura, devido ao incremento no teor de lignina, especialmente nas espécies tropicais avaliadas. Da mesma forma, Masuda (1977), obteve um incremento na digestibilidade de plantas de aveia-branca (*Avena sativa* L.) cv. Taiho em temperaturas mais baixas devido principalmente à menor lignificação, especialmente na fração de folhas do material, sendo que a digestibilidade *in vitro* da planta inteira e o teor FDA foram de 93,8 e 16,5%, respectivamente, em cultivo a 15 °Celsius e 87,7 e 25,3% para as plantas cultivadas a 25°Celsius.

Johnson et al. (2002), encontraram uma relação linear positiva entre a digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica (DIVMO) de amendoim forrageiro (*Arachis glabrata* Benth.) com o aumento da intensidade luminosa, sendo avaliadas 34, 54, 78 e 100% da luz solar plena, onde foram verificados incrementos da DIVMO especialmente na fração caule (50 a 100 g/ kg) do material analisado, como reflexo do aumento dos teores de lignina (10 a 15 g/kg de M.O.) e da redução dos teores de fibra em detergente neutro (50 g/kg de M.O.) do material submetido ao maior nível de sombra em relação ao sol

pleno. Igualmente, Paciullo et al. (2006) encontraram redução do teor de FDN em *Brachiaria decumbens* Stapf, atribuindo a este fator, aliado ao incremento no teor de PB, a maior digestibilidade *in vitro* das lâminas foliares de plantas cultivadas na sombra. Kephart e Buxton (1993) reportam um incremento em teores de paredes celulares de festuca-alta (*F. arundinacea*) sob sombreamento, e decréscimo da digestibilidade em cinco pontos percentuais. Os mesmos autores reportam que as restrições luminosas de 37 e 70% da luz solar plena, resultaram em maiores concentrações de nitrogênio, reduziram FDN, e aumentaram a digestibilidade *in vitro* da matéria seca, enquanto a composição de paredes celulares permaneceu constante em relação às plantas cultivadas sob plena luz solar.

2.5.2 Proteína bruta e nitrogênio total

De forma geral, os trabalhos realizados avaliando gramíneas sob sombreamento apresentam aumentos relativos nos teores de proteína bruta (PB) na matéria seca (Kephart & Buxton, 1993; Ash & McIvor, 1998; Jackson & Ash, 1998; Lin et al., 2001; Burner & Beleski, 2004; Varella et al., 2001; Gutmanis, 2005; Kallembach, 2006, Buergler et al., 2006b). Entretanto, em leguminosas forrageiras os efeitos do aumento do sombreamento sobre os teores de PB parecem estar mais relacionados a fatores ligados a características adaptativas das espécies, tais como a maior relação folha: caule e tamanho (ou área) dos folíolos. Assim sendo, trabalhos avaliando diferentes espécies, não apresentam argumentos coincidentes ou mesmo padrão de

respostas, apesar da metodologia de avaliação ser semelhante, ou muitas vezes a mesma.

Kallembach (2006) encontrou maiores teores de PB em uma pastagem de azevém-anual em mistura com centeio (*Secale cereale* L.) em um SSP com Pinus (*Pinus rigida* Mill. x *P. taeda*) e *Juglans nigra* L., em relação à mesma pastagem cultivada sob sol pleno. Burner & Brauer (2003), em Booneville, Arkansas, EUA, em diferentes tipos de sistemas intercalares formados por *P. taeda* em diferentes espaçamentos (diferentes densidades arbóreas), reportam aumento dos teores de PB em pastagens de festuca-alta e grama-bermuda (*Cynodon dactylon*) em condição de sombreamento, sendo que foram encontrados teores de PB de 8 a 12% na condição de maior fechamento do dossel (maior sombreamento) e de 4 a 9% em sol pleno.

Balocchi & Philipps, (1997), em Valdivia, sul do Chile, avaliaram durante dois anos um sistema silvipastoril com *P. radiata* e sub-bosques formados pela introdução de trevo-subterrâneo (*Trifolium subterraneum* L.) cv. Mount Barker e cornichão-do-banhado (*Lotus uliginosus* Schkuh.), em mistura com festuca-alta. Os autores encontraram aumentos relativos de 18% de PB nas pastagens de festuca-alta + cornichão, e de 8% na pastagem de festuca-alta + trevo-subterrâneo em comparação às pastagens cultivadas a céu aberto. Por outro lado, Johnson et al. (2002) na Flórida, EUA, encontraram decréscimo nos teores de PB de plantas de amendoim forrageiro (*Arachis glabrata* Benth.) com a redução do fluxo de fótons fotossintéticos imposta às parcelas por telas de "sombrite". Houve uma redução de 4% no teor de PB nas folhas de *A.*

glabrata com o aumento dos níveis de sombreamento de 0% (sol pleno) para 66%.

Varella et al. (2001), na Nova Zelândia, avaliaram os efeitos de diferentes intensidades luminosas (100, 45, 60 e 25%) sobre os teores de PB de capim- dos - pomares (*Dactylis glomerata*) e de alfafa (*Medicago sativa* L.), sendo que essas intensidades correspondiam ao cultivo das espécies sob céu aberto, ripados de madeira, sombra natural de árvores (*P. radiata*) e sombra de árvores + ripados de madeira, respectivamente. Para a gramínea houve aumento do teor de PB em 23% com o decréscimo da intensidade luminosa de 100% da transmissão de luz (sol pleno) para 25% (sombra de árvores + ripados de madeira). Em contraste, a leguminosa apresentou decréscimo de 21% no teor de PB sob a sombra das árvores (60% da luz solar plena) em relação ao tratamento com ripados de madeira (45% de transmissão de luz). Os autores atribuíram o maior teor de PB de *D. glomerata* no maior nível de sombreamento à maior mineralização da matéria orgânica sob as árvores em relação ao sol pleno e a redução nos teores de PB da alfafa, à competição exercida pelas árvores, que teria reduzido a fixação de N. Outros trabalhos sugerem que o sombreamento afeta a fixação do N atmosférico, bem como a nodulação, que pode ser reduzida ou mesmo suprimida, conforme demonstraram Chu et al. (1974) e Addison & Congdom (2003), possivelmente pelo incremento na disponibilidade de N no solo.

No norte da Grécia, Papanastasis et al. (1995), estudaram o efeito de desbastes em um povoamento florestal de *Pinus pinaster* Ait., estabelecido na densidade de 1200 árvores/ha, com 17 anos de idade, sobre o teor de N da

forragem de *D. glomerata* L., encontrando um evidente decréscimo deste nutriente de acordo com a intensidade do desbaste, ou seja, a forragem cultivada nas maiores intensidades luminosas, apresentou maiores teores de N.

Kephart & Buxton (1993) obtiveram respostas diferenciadas no rendimento de N, expresso em g/m^2 , entre espécies C_3 e C_4 submetidas à redução luminosa, sugerindo que a resposta linear do N diferiu entre os tipos fotossintéticos. Contudo, com o aumento da restrição luminosa, houve incremento no rendimento de N apenas nas espécies faláris (*Phalaris arundinacea* L.) cv. Vantage e festuca-alta (*F. arundinacea*) cv. Kentucky-31, enquanto em *Andropogon gerardii* Vitman cv. Kaw (C_4), *Panicum virgatum* L. cv. Cave-in-Rock e *Panicum clandestinum* L. cv. Tioga (C_3) houve redução do rendimento de N com o incremento do sombreamento. Contudo, se o rendimento de N, reflete a absorção do nutriente pela cultura, então o sombreamento reduziria a absorção de N pelas gramíneas, especialmente nas espécies C_4 , que apresentaram redução mais acentuada sob sombreamento, em relação a produção de forragem obtida com 100% de luminosidade (Kephart & Buxton, 1992).

Em síntese, muitas hipóteses têm sido levantadas no sentido de explicar os efeitos positivos do sombreamento sobre o conteúdo de proteína em gramíneas, mas em geral, o aumento de N em condições de sombreamento é atribuído a maior mineralização da matéria orgânica, devido principalmente às condições térmicas e ao status hídrico do solo, favoráveis à ação de microrganismos nitrificadores (Wilson et al., 1990) e à redução na

produção de biomassa que resultaria em menor diluição do N na planta (Cameron et al., 1989). Porém, há que se ressaltar que o incremento em N nos tecidos vegetais é verificado principalmente em condições N-limitantes de cultivo sob sol pleno, acrescentando-se que o efeito positivo parece estar associado à umidade do solo, já que plantas cultivadas em solução nutritiva, não apresentaram incremento do N sob sombreamento (Wilson & Wild, 1991). Johnson et al. (2002) esclarecem que a concentração de N nos tecidos vegetais é um dos vários mecanismos adaptativos das plantas, e que espécies bem adaptadas ao sombreamento apresentam maiores teores de N além de proporcionar rendimentos de matéria seca muito próximos aos obtidos na condição de pleno sol.

2.6 Espécies de Pinus em SSP

O pinheiro-americano (*Pinus elliottii*) é utilizado como matéria-prima para a produção de celulose de fibra longa, painéis de madeira e na indústria moveleira. Na produção de madeira para celulose, o espaçamento de plantio normalmente utilizado é de 3 x 2 m, correspondendo a 1.666 árvores/ha, em ciclos de sete anos. (Shimizu & Medrado, 2005). Porém, não existem informações disponíveis no Estado sobre o uso integrado de animais com plantações de Pinus, ainda que a literatura especializada evidencie a possibilidade do uso de espécies deste gênero em sistemas silvipastoris, especialmente em baixa densidade arbórea (Baggio & Schreiner, 1998; Varella et al., 2001).

No sudeste dos Estados Unidos, evidências históricas sugerem que durante os tempos coloniais, os nativos norte-americanos praticaram a integração silvipastoril, a partir do uso de florestas formadas com predominância de espécies nativas do gênero *Pinus*, praticando a “coivara” (*slash and burn*). Esta técnica visava estimular a implantação de lavouras e o crescimento de forrageiras, permitindo a sua utilização para alimentação animal (Clason, 1999). Buergler (2004) sugere que a integração silvipastoril é a melhor alternativa para esta região, principalmente em áreas marginais, sujeitas à erosão do solo pela exploração intensiva de cultivos agrícolas. Nestas áreas, são plantados principalmente *P. elliotii*, *P. radiata* e *P. taeda*, sendo que o primeiro é mais utilizado em sistemas silvipastoris pela característica de apresentar copas abertas, boa desrama natural e facilidade de regeneração (Nowak et al., 2002).

No sudeste da Austrália, as árvores são tradicionalmente utilizadas em fazendas para prover abrigo aos animais e proteção às pastagens e cultivos agrícolas dos extremos climáticos (Bird et al., 1995). A maioria dos trabalhos de pesquisa envolve plantações de *P. radiata* e *P. pinaster* em sub-bosque com trevo subterrâneo (*T. subterraneum*) (Bird et al., 1995; Kellas et al., 1995).

Na Nova Zelândia, sistemas de produção agrícola envolvendo pastagens, principalmente de capim-dos-pomares (*Dactylis glomerata*) e azevém perene (*Lolium perenne*) isolados ou em misturas com leguminosas como alfafa (*Medicago sativa* L.) e trevos vermelho (*Trifolium pratense* L.) e

branco (*Trifolium repens* L.) e florestas de *P. radiata*, usando bovinos e/ou, ovinos, têm sido bastante preconizados (Peri et al., 2002).

Atualmente as espécies de *Pinus* mais plantadas nas regiões sul e sudeste do Brasil são *P. taeda* e *P. elliotii* e são de introdução relativamente recente, por volta de 1954, e visam, principalmente, substituir a madeira do pinheiro-brasileiro (*Araucaria angustifolia* Kuntze), cujos povoamentos naturais acham-se em rápido processo de exaustão (Selle, 1993). Os plantios de *Pinus* foram acelerados a partir de 1966/67, com a implantação da política de incentivos fiscais do Governo Federal para o florestamento (Selle, 1993). Atualmente, a exploração do gênero tem ocorrido em monocultura intensiva, com povoamentos florestais muito densos (1666 árvores/ha ou mais), sendo comum o arranjo 3x2m (na linha e entre-linhas, respectivamente), em ciclos de sete anos para a produção de celulose, e vinte anos para serraria.

Como demonstraram, Glufke et al. (1997), e Schneider (1999), o manejo florestal utilizado exerce grande influência sobre a produtividade silvícola do gênero *Pinus*, de forma que desbastes e desramas aplicados em momentos estratégicos com intensidades adequadas, propiciam maiores rendimentos de madeira, principalmente quando se preconiza a obtenção de toras com diâmetros convenientes e com lenho de maior qualidade. O uso de desbastes pode, dependendo do grau de intensidade, diminuir a produção final de madeira, mas segundo Schneider et al. (1991), tem o propósito primordial de elevar a produtividade comercial dos sortimentos com o aumento da dimensão das toras.

No sudeste dos EUA, muitos produtores de madeira se mostraram apreensivos com a introdução de gado em povoamentos florestais, na expectativa de que os animais poderiam reduzir a produção e a qualidade da madeira. Buergler (2004) sugere que isto pode acontecer em áreas mal manejadas e com excesso de carga animal. Cutter et al. (1999) evidenciaram que a introdução de gado em um povoamento de *P. elliotii* de 30 anos não teve nenhum efeito em altura total, diâmetro, taxa de crescimento, gravidade específica ou comprimento de traqueídeos das árvores. Outros estudos sugerem que a integração bem conduzida entre árvores e pastagem pode melhorar a produção de madeira. Clason (1999), por exemplo, demonstrou que práticas de manejo florestal e da pastagem usadas em uma plantação comercial de *Pinus taeda*, aumentaram a produção de madeira e proporcionaram recurso forrageiro de alta qualidade. Avaliando os efeitos dos diferentes sub-bosques: grama-forquilha (*P. notatum*), grama-bermuda-comum (*C. dactylon*) e grama-bermuda (*C. dactylon*) cv. Coastal, formando misturas com trevo subterrâneo (*T. subterraneum*) e uma área sem manejo da pastagem, com o objetivo de demonstrar os efeitos do manejo silvipastoril sobre o rendimento de madeira de um bosque de *Pinus taeda* de 50 anos de idade estabelecido na densidade de 1680 árvores/ha e desbastado para a densidade de 247 árvores/ha em 1984 e durante o período de avaliação. As pastagens foram estabelecidas em 1985, com adubação NPK anual e a área sem manejo não recebeu adubos. O rendimento médio de madeira foi de 62, 65, 62, e 53 m³/ha para as pastagens de grama-forquilha, grama-bermuda-comum, grama-bermuda cv. Coastal e pastagem nativa, nos cinco anos de

avaliação, com uma diferença significativa de 11 m³/ha entre pastagem nativa e as pastagens cultivadas. Trabalho anterior, também conduzido na Louisiana, demonstrou que práticas de manejo de pastagem podem aumentar o rendimento de produtos florestais, com rendimentos de madeira 23% superiores da floresta na densidade de 250 árvores/ha em relação à densidade de 750 árvores/ha, devido ao volume individual quatro vezes superiores obtido na menor densidade (Clason & Stiff apud Clason, 1999).

Em contrapartida, alguns estudos demonstraram uma redução em altura e crescimento em diâmetro de espécies de *Pinus* quando submetidas à competição com a vegetação herbácea (Knowles et al. 1999; Bandara et al.1999). Peri et al. (2002) em trabalho realizado em Canterbury, Nova Zelândia, visando quantificar o efeito da presença de vegetação herbácea (sub-bosque) no crescimento e qualidade da madeira de *P. radiata* produzida em um sistema silvipastoril, avaliou um povoamento florestal estabelecido na densidade de 1000 árvores/ha, sendo estas submetidas a práticas silviculturais (desbastes e desramas) até os sete anos de idade das árvores, resultando na densidade de 200 árvores/ha. Aos dez anos não foram detectadas diferenças expressivas em termos de altura das árvores entre os sub-bosques avaliados, porém a área basal das árvores foi influenciada negativamente pela presença de vegetação herbácea, de modo que o tratamento com solo desnudo, apresentou uma área basal média 35% superior em relação aos tratamentos com sub-bosque compostos por alfafa e gramíneas; no entanto, os autores reportaram um efeito positivo da presença de alfafa como sub-bosque sobre a

forma das árvores, onde nessa condição foi reportada a ocorrência de árvores com tronco mais cilíndrico do que na condição de solo desnudo.

No Paraná, município de Imbituva, Baggio & Schreiner (1988) avaliaram a associação de *P. elliottii* com pastagem nativa sobre o desempenho de bovinos de corte. A floresta de Pinus tinha três anos de idade com espaçamento de 3 x 3 m. O experimento foi iniciado em agosto de 1980, quando foi cercada uma área de 84 ha, previamente preparada para receber os animais. A lotação inicial foi de 0,6 cabeças/ha, com animais variando entre um e três anos de idade. Em 1985, quinto ano de condução do experimento, foi efetuado o desbaste para 722 árvores/ha. As espécies forrageiras que compunham a pastagem no sub-bosque pertenciam aos gêneros *Panicum*, *Andropogon*, *Axonopus* e a espécie *Hipogonium virgatum*. Após cinco anos de avaliação, os autores concluíram que ocorreu uma perda média não significativa de 4,5%, na produção de madeira.

Em geral, existe uma relação negativa entre o aumento da densidade arbórea e a produção de forragem do sub-bosque, e a literatura sobre esta relação em floresta de Pinus sob diferentes densidades arbóreas e a produção de forragem no sub-bosque é bastante extensa.

No norte da Grécia, Papanastasis (1995) estudou o efeito de diferentes densidades arbóreas, por meio de desbastes, em uma população de 1260 árvores/ha de *P. pinaster*, com 17 anos de idade, sobre a produção de forragem de *Dactylis glomerata*. Foram estudadas três densidades arbóreas: a original (sem desbaste), 50% das árvores (630 árvores/ha) e 75% (315 árvores/ha). Com a redução da densidade arbórea houve maior produção de

ferragem, de forma que na média dos 3 anos de avaliação, foi observado na menor densidade, uma produção de ferragem 86% superior à densidade original (1260 árvores/ha); na densidade intermediária (630 árvores/ha) essa diferença foi da ordem de 56%.

Silva-Pando et al. (2002), na Galícia, Espanha, avaliaram a produção de ferragem de uma pastagem de capim-dos-pomares (*Dactylis glomerata*) consorciado com trevo-branco (*T. repens*) sob sombra de *Pinus sylvestris* L. e *P. pinaster*, ambos em estandes com dossel homogêneo, *P. pinaster* com dossel homogêneo e acesso a uma pastagem a céu aberto adjacente (PPGA) e controle (sem árvores). A transmissão de RFA para o sub-bosque de *P. sylvestris* foi da ordem de 16-21%, para *P. pinaster* de 24–36% e para PPGA foi de 44-57%, determinando um decréscimo de produção de ferragem da ordem de 10-18, 40 e 50%, respectivamente, em relação a pastagem sob céu aberto.

Knowles et al. (1992), avaliando por vários anos um sistema silvipastoril com *P. radiata* e ovinos na Nova Zelândia verificaram que a produção da pastagem de azevém-perene+trevo-branco sob árvores foi afetada negativamente pelo sombreamento, o qual aumentou com a idade e densidade das árvores. Para a densidade de 400 árvores/ha, o pastejo não foi mais viável após 9-10 anos, mas com 100 árvores/ha houve a possibilidade do mesmo ocorrer até a idade de 18 anos. A performance animal decresceu com o aumento da densidade arbórea e da lotação animal. Este fato ocorreu devido a redução da qualidade da pastagem em termos de composição botânica, aumento dos parasitas gastrointestinais e ao aumento do consumo de "litter". A

redução na performance animal se refletiu no menor peso de cordeiros ao nascer, menor crescimento, menor qualidade da lã e menor peso de velo.

Balocchi e Philipps (1997) em Valdivia, sul do Chile, avaliando a adaptação de espécies forrageiras à condição de sombreamento, sob *P. radiata*, de 13,5 anos, na densidade de 200 árvores/ha, com arranjo de 4,0 x 12,5 m (entre as árvores e entre as linhas de árvores, respectivamente), encontraram uma redução de dois terços da radiação solar incidente em relação à condição de sol pleno, sendo que as árvores tinham uma área de copa de aproximadamente 4,8 m² e altura de 19 m. Os sub-bosques eram formados pela introdução de trevo-subterrâneo (*T. subterraneum*) cv. Mount Barker e cornichão-do-banhado (*L. uliginosus*), em mistura com festuca-alta (*F. arundinacea*) e o rendimento médio obtido, em dois anos de avaliação, foi de 2031 kg MS/ha/ano, valor que corresponde a 40% do rendimento obtido para as pastagens cultivadas sob plena luz solar.

Em Booneville, Arkansas, EUA, Burner & Brauer (2003) estudaram por três anos, os efeitos do ambiente de “cultivos intercalares” sobre o rendimento de forragem de capim-dos-pomares (*Dactylis glomerata*) e festuca-alta (*F. arundinacea*), isolados ou em mistura, sob Pinus (*P. taeda* e *Pinus echinata* P. Mill.) em comparação com ambiente sem restrição luminosa, reportando rendimentos médios 25% inferiores na condição de sombreamento (1300 kg MS/ha/ano), em relação à pleno sol.

Kellas et al. (1995), na Austrália, em uma plantação de *P. radiata*, com sub-bosque composto por mistura de *Lolium perenne*, *T. subterraneum* e *Holcus lanatus*, avaliada a partir dos nove anos de idade, verificaram que a

produção líquida da pastagem, medida por meio da taxa de crescimento, nas densidades de 60 e 200 árvores/ha foi similar ou levemente inferior ao tratamento sem árvores nas idades entre nove e 11 anos. Os autores observaram que o maior impacto na produção da pastagem nesse período foi devido à redução da área disponível devido à queda de acículas e ramos dos pinheiros, ao invés da perda pela competição entre árvores e pastagem pela luz e nutrientes. Aos 12 e 13 anos de idade da floresta, a produção líquida da pastagem na densidade de 200 árvores/ha foi significativamente menor ($P < 0,05$) do que na pastagem sem árvores, mostrando que houve influência do maior tamanho das árvores, reduzindo a produção de forragem.

Quanto à qualidade luminosa, segundo Gates apud Feldhake et al. (2005), em florestas de Pinus ocorre uma redução menos pronunciada do que em florestas de coníferas na relação V:VD, em comparação com florestas de espécies arbóreas decíduas, devido à menor reflexão e dispersão de VD. Da mesma forma, Varella et al. (2001), na Nova Zelândia, encontraram uma redução pouco expressiva desta relação sob uma floresta de *P. radiata* na densidade de 200 árvores/ha: sob céu aberto esta relação foi da ordem de 1,16 e dentro do bosque foi de 1,05.

2.7 Leguminosas forrageiras de estação fria em SSP

Espécies forrageiras de estação fria, particularmente as leguminosas, podem desempenhar um papel muito importante na formação da base alimentar dos animais em SSP, principalmente em virtude de seu elevado potencial para melhorar a qualidade nutritiva da dieta dos animais em pastejo.

Além disso, a inclusão destas espécies no sistema pode reduzir a necessidade de fertilização nitrogenada de espécies de produção estival, eventualmente utilizadas, e até mesmo das gramíneas e árvores integrantes do sistema (Nowak et al., 2002). Fisiologicamente, as leguminosas forrageiras são plantas C₃, e podem, potencialmente, suportar sombreamento mais intenso. Informações sobre o desempenho quanti-qualitativo de espécies de leguminosas forrageiras, sob diversos níveis de sombreamento, estemes ou em misturas com gramíneas, foram obtidas em uma ampla gama de ambientes, destacando-se: trevo subterrâneo (*T. subterraneum*) (Anderson e Batini, 1983; Saibro, 1992; Kellas et al., 1995; Balocchi e Phillips, 1997; Peri et al., 2002;), trevo-vermelho (*T. pratense* L.) (Peri et al., 2002; Delate et al., 2005), trevo-vesiculoso (*T. vesiculosum* Savi) (Saibro, 1992; Silva, 1998) e trevo-branco (*T. repens*) (Hawke et al., 1991; Lin et al., 1999; Peri et al., 2002; Silva-Pando et al., 2002; Neel et al., 2003; Mosquera-Losada et al., 2006), espécies de cornichão, *Lotus corniculatus* L. (Lin et al., 1999; Ladyman et al., 2003) e *L. uliginosus* cv. Maku (Balocchi e Phillips, 1997) ou ainda a alfafa (*Medicago sativa* L.) (Lin et al., 1999; Varella et al. 2001). Além disso, comparadas às gramíneas, as leguminosas são, em geral, superiores em valor nutritivo, pois apresentam maiores teores de proteína e minerais para os mesmos valores de digestibilidade, sendo o consumo voluntário consideravelmente maior, devido aos maiores níveis de conteúdo celular solúvel prontamente disponível, sendo as paredes celulares rapidamente digeridas e apresentando maior taxa de passagem pelo trato digestivo dos animais (Van Soest, 1982).

No entanto, algumas leguminosas forrageiras são menos tolerantes à sombra do que as gramíneas (Watson et al., 1984), embora esta condição não seja necessariamente uma regra (Johnson et al., 2002). O sucesso amplo, produtivo e reprodutivo de uma leguminosa forrageira em agrossilvicultura depende de seu desempenho em relação às restrições de crescimento prevalentes e de sua habilidade de adaptação em níveis decrescentes de luz com o fechamento do dossel ocasionado pelo avanço da idade das árvores (Balocchi & Phillips, 1997).

O trevo-branco (*T. repens*) é, geralmente, uma espécie componente obrigatória das pastagens cultivadas de inverno mais produtivas, em inúmeros locais nos cinco continentes do mundo, especialmente na Europa, na América do Norte, na Nova Zelândia e Austrália. Na América do Sul, as maiores áreas cultivadas com trevo-branco encontram-se na Argentina, Chile e Uruguai. No Brasil, sua utilização restringe-se aos Estados da região Sul, com maior expressão no Rio Grande do Sul. Sugere-se para o melhor benefício da pastagem, que o trevo-branco seja frequentemente desfolhado em ambiente com alta luminosidade (Chu et al., 1974). Em contrapartida, Silva-Pando et al. (2002) reportam o trevo-branco como espécie tolerante ao sombreamento, sendo bem adaptada a sistemas silvipastoris na Espanha. Markuvitz & Turkington (2000) reportam a ocorrência de alterações no crescimento e morfologia de plantas clonadas de *T. repens* em diferentes misturas com gramíneas (*Lolium perenne*, *Holcus lanatus* e *Dactylis glomerata*), em condições de campo que corresponderiam à condições luminosas diferenciadas da luminosidade plena, de forma que as gramíneas vizinhas

absorveriam e refletiriam parte da radiação incidente, alterando assim a relação V:VD. Nas condições do experimento, houve uma redução de aproximadamente 30% do fluxo de fótons fotossintéticos em relação ao controle (sem vegetação consorciada) e a relação V:VD foi menor sob os dosséis de gramíneas, especialmente sob *H. Lanatus*; quando as plantas cresceram na ausência de consórcio (luz plena), o trevo-branco apresentou inúmeras ramificações e pecíolos curtos, com menor porcentagem de nós com ramificações. Quando consorciadas com as gramíneas, as plantas de trevo-branco aumentaram o comprimento de entre-nós, o tamanho de folha e reduziram as taxas de crescimento de estolões. (Gautier et al. apud Marcuvitz & Turkington, 2000). Chu et al. (1974), obtiveram um efeito negativo sobre a nodulação de plantas de trevo-branco submetidas à sombreamento intenso (26 e 15% da luz solar plena), havendo redução do número de nódulos por planta, do peso seco de nódulos por planta e do conteúdo de nitrogênio nos nódulos. Os autores atribuem o decréscimo da nodulação pela redução de biomassa de raízes verificada em muitos outros trabalhos (Eriksen & Whitney, 1981) de modo que neste trabalho, o número de nódulos por peso seco de raízes permaneceu constante. A redução no teor de nitrogênio dos nódulos de trevo-branco foi detectada quando a desfolhação foi associada ao sombreamento, sendo atribuída à realocação do nitrogênio para os processos de rebrota e respiração da planta.

Em plantas de trevo-branco submetidas ao sombreamento artificial intenso (80%), Lin et al. (2001) encontraram acréscimo nos teores de fibra em detergente neutro (FDN), da ordem de dois pontos percentuais, bem como uma

leve redução dos teores de PB (menos de 1 ponto percentual), em relação às plantas cultivadas sob sol pleno. Neste trabalho, a produção de forragem foi reduzida em 18% com sombreamento moderado (50% da luz solar plena), e em 41% sob sombreamento intenso (80%).

Ladyman et al. (2003), reportaram que as cvs. Norcen e Rhizomatous de cornichão (*L. corniculatus*) apresentaram rendimento de forragem 38 e 11% superiores, respectivamente, sob sombreamento artificial moderado (45% de transmissão da luz solar plena), em relação ao rendimento obtido sob sol pleno. Em contrapartida, o rendimento de forragem obtido sob sombreamento intenso (20% da luz solar plena), apresentou decréscimo significativo, da ordem de 40%, no rendimento de forragem em relação a pleno sol. O aumento da restrição luminosa ocasionou incremento significativo no teor de N e na digestibilidade das fibras em detergente neutro, além de leve aumento ou pouco efeito sobre os teores de FDA e FDN das duas cultivares avaliadas. Por sua vez, Lin et al. (1999), em experimento realizado nas mesmas condições do trabalho anteriormente citado, encontraram redução na produção de forragem da ordem de 35% na condição de sombreamento moderado, em média das duas cultivares de cornichão avaliadas e 67% na condição de sombreamento intenso (20% da luz solar plena).

Sartor et al. (2006), em Abelardo Luz, SC, avaliando o desempenho de leguminosas forrageiras hibernais, trevo-branco (*T. repens*) e cornichão (*L. corniculatus*) cv. São Gabriel, sob duas densidades de *P. elliottii* (370 e 222 árvores/ha), observaram redução em 69 e 67,5% na produção média de forragem das duas espécies em relação ao sol pleno (6414 kg MS/ha) para as

respectivas densidades arbóreas, porém não foram detectadas diferenças significativas ($P > 0,05$) na produção de forragem entre as duas densidades arbóreas. O cornichão apresentou maior produção de forragem que o trevo-branco, tanto sob sombreamento quanto sem restrição luminosa (8.121 kg MS/ha), além disso apresentou decréscimo produtivo de 66% em relação ao sol pleno e para o trevo-branco o decréscimo foi de 73% em relação a produção sem restrição luminosa (4.706 kg MS/ha).

2.8 Gramíneas forrageiras hibernais em SSP

As gramíneas forrageiras de ciclo hiberna exercem papel fundamental na pecuária do sul do Brasil, pois complementam ou compõem o recurso forrageiro do período de inverno, pois seu crescimento e utilização ocorrem quando da redução da produção das espécies mais representativas do campo nativo, no caso de sistemas baseados na utilização de pastagem naturais. Em sistemas de produção pecuária baseados na utilização de pastagens cultivadas, a utilização das gramíneas de inverno, especialmente do azevém-anual (*L. multiflorum*) e das aveias branca (*Avena sativa*) e preta (*A. strigosa* Schreb.), ocorre freqüentemente em rotação e/ou integração com lavouras anuais de verão (soja e arroz principalmente) ou mesmo pastagens de verão (Nabinger, 2006). De uma forma geral, a literatura mundial apresenta informações relevantes sobre a utilização de gramíneas forrageiras de ciclo hiberna sob sombreamento natural e artificial, porém a escassez de trabalhos de pesquisa em nível nacional e/ou regional sobre a produtividade de

pastagens de inverno sob sombreamento e especialmente sobre seu valor nutritivo podem ser consideradas um entrave à adoção de SSP.

A literatura internacional apresenta resultados da produção e valor nutritivo tanto de azevém-perene quanto de azevém-anual: Em experimento de seleção de espécies forrageiras para utilização em sistemas silvipastoris, Watson et al. (1983), em Queensland, Austrália, avaliaram os efeitos de três níveis de sombreamento artificial: 0, 50 e 75% da luz solar plena sobre a produção de matéria seca de azevém-anual (*L. multiflorum*) cv. Gulf, em um sistema de cortes múltiplos, reportou decréscimo na produção de matéria seca da espécie com o incremento no sombreamento. Porém, o desempenho da espécie foi considerado aceitável em condição de sombreamento moderado (50% de sombra), produzindo 77% (6278 kg MS/ha) em relação ao rendimento obtido sob sol pleno (8145 kg MS/ha). Com 75% de sombreamento, a produção relativa à condição de pleno sol diminuiu e foi da ordem de 46% (3755 kg MS/ha). Lin et al. (1999), no Missouri, EUA, utilizaram “sombrite” para simular dois níveis de sombreamento (50 e 80% de sombra) sobre o rendimento de *L. multiflorum* cv. Marshall, não encontrando diferença significativa dos rendimentos obtidos com 50% de sombreamento e sob sol pleno.

Kallembach et al. (2006), no Missouri, EUA, estudando o desempenho de azevém-anual (*L. multiflorum*) em mistura com centeio (*Secale cereale* L.) em um sistema silvipastoril com Pinus híbrido (*P. rigida* x *P. taeda*) e “black walnut” (*Juglans nigra* L.) de aproximadamente seis anos de idade e a mesma pastagem sem a presença de árvores, relataram uma redução na produção da ordem de 20% e maior qualidade da forragem, em virtude da

redução dos teores de FDN e FDA e incremento do teor de PB sob a sombra da copa das árvores comparada com a ausência de árvores. Outros trabalhos reportam incrementos nos teores de PB tanto de azevém-anual quanto de azevém-perene, com o aumento da restrição luminosa em sombreamento artificial (Lin et al.,1999) ou em sub-bosque de florestas decíduas (Neel et al., 2003).

Sibbald et al. (1994), encontraram que o rendimento relativo de forragem (a razão entre crescimento em sub-bosque e a céu aberto) está linear e inversamente relacionado com o comprimento de copa verde (soma das alturas das copas verdes de árvores individuais, por metro ou por hectare). No caso de azevém-perene cultivado sob *P. radiata*, a produção de forragem diminuiu linearmente com o aumento das áreas de copa verde. Os autores concluíram que área de copa seria um bom parâmetro de predição do rendimento relativo de forragem de azevém-perene nas zonas temperadas do hemisfério norte.

Neel et al. (2003), em West Virginia, EUA, avaliaram a produção, qualidade de forragem e desempenho animal de uma pastagem constituída pela mistura de capim-dos-pomares (*Dactylis glomerata*), azevém-perene (*Lolium perenne*) e trevo-branco (*T. repens*) sob um bosque de árvores decíduas desbastado até que fosse alcançada a transmissão de 50% da luz solar plena. Os tratamentos impostos foram sistemas de pastoreio diferenciados: a) pastoreio apenas na pastagem cultivada em área a céu aberto; b) 67% de pastoreio a céu aberto e 33% de pastoreio dentro do bosque; c) 67% de pastoreio a céu aberto e 33% de pastoreio dentro do bosque com

início aos 10 dias depois do pastoreio a céu aberto. Nos resultados obtidos foi verificado que o desempenho animal foi semelhante em bosque de florestas decíduas desbastadas em comparação com a pastagem a céu aberto, e com maior qualidade de forragem, especialmente quando o pastoreio foi adiado nas áreas arborizadas.

Uma das explicações possíveis para a redução na produtividade em gramíneas sob sombreamento está relacionada com características morfogênicas, particularmente a pronunciada redução no perfilhamento das plantas. De acordo com Gautier et al. (1999), a redução do número de perfilhos por planta com o aumento dos níveis de sombreamento, em azevém-perene (*L. perenne* L.) demonstra-se linear, ocorrendo igualmente redução do peso do perfilho e da velocidade de emissão de novos perfilhos, provocando redução do rendimento de forragem.

Sartor et al. (2006), em Abelardo Luz, SC, avaliando o desempenho produtivo das gramíneas hibernais, azevém-anual (*L. multiflorum*), aveia-branca (*Avena sativa*) cv. Fapa 2 e aveia-preta (*A. strigosa* Schreb.) sob duas densidades de *P. elliotii* (370 e 222 árvores/ha), em relação ao sol pleno, encontraram redução na produção de forragem com o aumento da densidade arbórea, sendo que a magnitude dessa redução, em média das gramíneas avaliadas, foi da ordem de 56 e 37%, para a maior e para a menor densidade arbórea. A produção do azevém-anual foi 35 e 20 % inferior, para as densidades de 370 e 222 árvores/ha, respectivamente, em relação à produção obtida sob sol pleno (6.827 kg MS/ha); para a aveia-branca a redução foi de 73 e 48% para os respectivos tratamentos em relação à pleno sol (6.392 kg

MS/ha) e para a aveia preta a produção de forragem foi reduzida para 65 e 52% em relação a forragem produzida sob céu aberto (4.115 kg MS/ha). Os autores concluíram que o azevém-anual foi a espécie mais adaptada às condições impostas, pois além de sua produção ser maior, independente da densidade arbórea, sua produção não foi tão reduzida nos ambientes com limitação de radiação solar, nas condições edafoclimáticas do local.

Masuda (1977), avaliou os efeitos de três intensidades luminosas (luz natural, 1/2 e 1/3 da luz solar plena) sobre atributos morfofisiológicos e nutritivos da aveia-branca (*Avena sativa* cv. Taiho) e observou uma acentuada redução do número de perfilhos por planta, de modo que sob o maior nível de sombreamento houve uma redução de 72,5% do número de perfilho em relação à luz natural. Quanto ao valor nutritivo, encontrou um decréscimo da digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) com o incremento do sombreamento artificial imposto, especialmente na fração colmo das plantas de aveia-branca submetidas ao maior nível de sombra, sendo que nesta fração a DIVMS foi de 90,3%, e sob luz natural foi de 94,4%. Para a planta inteira, a magnitude do decréscimo da DIVMS foi de 1% da menor intensidade luminosa em relação à luz natural. O autor considera que as relações entre DIVMS e composição química das células vegetais não podem ser inteiramente explicadas pelos efeitos de intensidade luminosa, contudo o incremento relatado em FDA pode explicar parte deste efeito, sendo que para colmos o incremento foi da ordem de 2%. Segundo o autor, o conteúdo de paredes celulares (CPC) apresentou tendência de ser menos digestível nas menores intensidades luminosas. Em sistemas silvipastoris, os efeitos da redução

luminosa estão associados à redução da temperatura, e neste mesmo trabalho (Masuda, 1977), reporta incremento da DIVMS da aveia-branca sob temperaturas mais amenas (15° Celsius), devido principalmente à redução do FDA em baixas temperaturas em relação à temperaturas mais altas (25° Celsius), que para fração de colmos foi de 16,5 e 25,3%, respectivamente.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização do local e histórico da área experimental

O trabalho foi desenvolvido em dois sítios experimentais: uma área de bosque de *Pinus elliottii* e outra sem presença de árvores (fora do bosque). As áreas são pertencentes à empresa FLOSUL Ltda. e estão localizadas em partes dos municípios de Capivari do Sul e Balneário Pinhal, na região ecofisiográfica do Litoral Norte do Rio Grande do Sul. A área experimental com *Pinus* ocupava 0,9 ha (30°13'18" S e 50°20'36" W) e a área fora do bosque ocupava 0,1 ha (30°15'32" S e 50°17'39" W).

O solo das áreas experimentais é classificado como Neossolo quartzarênico hidromórfico típico, Unidade de Mapeamento Curumim (Streck *et al.*, 1999), extremamente arenoso e de baixíssima fertilidade natural (pH de 4,5; teor de matéria orgânica de 0,5 a 0,8 %; Fósforo de 2,1 a 19,0 mg/dm³; Potássio de 14 a 55 mg/dm³; CTC de 51,5 a 85,5%; Cálcio de 0,1 a 0,2 cmol/dm³ e Magnésio de 0,1 cmol/dm³). Resultados de laudos de análise de solo são apresentados no Apêndice 2.

O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cfa subtropical úmido com precipitações bem distribuídas, sofrendo a influência de massas de ar tropicais e polar-atlânticas (Maluf, 2000). A temperatura média anual é de 19,7°C, com média das temperaturas máximas de 22,6°C e média

das mínimas de 16,4°C. A precipitação pluvial média é de 1247 mm/ano com média de 102,9 dias de chuva/ano. A evapotranspiração potencial média anual (ETP) é de 946 mm, com deficiência hídrica anual de 25mm (ocorrente nos meses de dezembro e janeiro) e excedente de 326mm, ocorrente nos meses de junho a outubro (Dados da Estação Agropecuária de Tramandaí, RS/ Secretaria da Agricultura – Médias de 11 anos) (Maluf, 1978). Dados referentes à precipitação pluvial e as temperaturas nos períodos experimentais, são apresentados no Apêndice 3.

O bosque de *Pinus elliottii* foi estabelecido em 1995 na densidade de 1666 árvores/ha, em arranjo de linhas simples espaçadas de 3 m, com 2 m entre as árvores nas linhas (3x2m). Em fevereiro de 2005 foi realizado desbaste, resultando em duas densidades arbóreas: 555 e 333 árvores/ha, sendo os arranjos correspondentes a estas densidades de 9x2 m e 15x2 m, obtidos por meio do corte sistemático de duas e quatro linhas de árvores contíguas, respectivamente.

3.2 Preparo da área, estabelecimento e adubações

Previamente ao início do período experimental, em fevereiro de 2005, foi realizada amostragem do solo, a fim de orientar quanto ao nível de calagem e adubação necessário ao cultivo das espécies utilizadas nesse experimento. Em março - abril 2005, a madeira proveniente do desbaste foi removida, seguida de uma limpeza da área com a retirada da serrapilheira, constituída por acículas e ramos de árvores, para facilitar o estabelecimento das forrageiras nas entrelinhas de árvores. O material foi retirado

manualmente, com o auxílio de ancinhos e garfos.

Em julho de 2005 foi realizada a calagem e a adubação, manualmente, mediante a aplicação de calcário dolomítico em quantidades equivalentes a 3 t/ha e a 600 kg/ha de adubo da fórmula NPK 6-24-18, com base na recomendação da análise de solo; a incorporação dos insumos ao solo foi realizada com o auxílio de um motocultivador (Yard Machines- MTD PRODUCTS INC. modelo 21A4430-00) com enxadas rotativas, a 10 cm de profundidade. Na mesma época as duas áreas experimentais foram protegidas por cercas de arame farpado, para evitar a entrada de herbívoros, principalmente bovinos e eqüinos, freqüentemente encontrados nas adjacências. Em agosto de 2005, foi agregada uma estrutura de costaneiras à cerca, para impedir o acesso de lebres às parcelas em avaliação, em virtude de haver ocorrido danos ao material forrageiro.

As espécies forrageiras foram semeadas em parcelas alocadas aleatoriamente nas entrelinhas das árvores (Apêndice 1). A área das parcelas na densidade de 555 árvores/ha era de 18 m² (9x2 m), enquanto na densidade de 333 árvores/ha era de 30 m² (15x2 m). A área fora do bosque (pleno sol) era composta por parcelas de 8 m² (4 x 2 m).

Foram realizadas duas semeaduras correspondentes a dois anos consecutivos (2005 e 2006) de cultivo dos cinco genótipos forrageiros de estação fria: Azevém anual (*Lolium multiflorum* Lam), aveia-preta (*Avena strigosa* Schreb.), aveia-branca (*A. sativa* L.) cv. Fapa 2, trevo-branco (*Trifolium repens*) cv. Zapicán e cornichão (*Lotus corniculatus*) cv. São Gabriel. No primeiro ano, a semeadura dessas espécies foi realizada entre os dias 25 de

julho e 05 de agosto de 2005, utilizando-se quantidades equivalentes a 40, 60, 80, 5 e 20 kg/ha de sementes para cada genótipo, respectivamente. As sementes das leguminosas foram inoculadas com *Rhizobium* específico e peletizadas com calcário tipo “filler”. A semeadura foi realizada a lanço, manualmente, com a utilização de ancinhos para a cobertura das sementes. Neste ciclo produtivo, não foi aplicado adubo nitrogenado em cobertura.

No segundo ano, no dia 07 de abril 2006, foram realizadas a calagem e a adubação de manutenção (com nova incorporação), com base na análise de solo, em quantidades equivalentes a 600 kg/ha de calcário e 200 kg/ha de adubo da fórmula NPK 5-20-20. A semeadura foi realizada a lanço, manualmente, nos dias 26 e 27 de abril, utilizando-se as mesmas quantidades de sementes. A adubação de cobertura foi realizada mediante a aplicação de uréia cloretada (20-00-20 NPK), em quantidades equivalentes a 36 kg N/ha + 36 kg K₂O/ha, 41 dias após a semeadura e mais 45 kg N/ha aos 108 dias após a semeadura, logo após o primeiro corte, usando uréia, perfazendo um total de 81 kg de N/ha.

3.3 Caracterização das condições luminosas

A radiação fotossinteticamente ativa (RFA), correspondente à faixa de 400-700 nm, foi medida com um ceptômetro Decagon modelo AccuPAR, dentro e fora do bosque. As medidas foram tomadas fora do bosque, para a RFA incidente e no sub-bosque para a fração da RFA transmitida ao estrato herbáceo. As leituras de radiação, realizadas dias 16 de maio, 27 de abril e 23 de agosto de 2006, foram tomadas entre as 11:30 e 13:30 horas locais, por

meio de transecções, onde a cada 2 m era feita uma leitura, em três retas, correspondendo a posições distintas da entrelinha de árvores (no centro da entrelinha e a dois metros das linhas de árvores). Ao final de cada repetição dentro do bosque, era realizada uma leitura correlativa sob pleno sol. Os dados obtidos com a avaliação da RFA, em $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ e o percentual de transmissão ao sub-bosque, nas duas densidades arbóreas em relação à RFA medida a pleno sol, são apresentados a seguir:

Condição luminosa	27 abril		16 maio		23 agosto		Média	
	RFA _t	%	RFA _t	%	RFA _t	%	RFA _t	%
Plena	1185	100	935	100	1134	100	1085	100
Sombra fraca (333 árvores/ha)	892	75	752	80	827	73	823	76
Sombra moderada (555 árvores/ha)	517	44	379	41	536	47	477	44

No presente trabalho, a condição luminosa na densidade de 333 árvores/ha, será denominada “sombra fraca” e na densidade de 555 árvores/ha, “sombra moderada”, conforme caracterizado pelos dados de radiação mencionados acima.

3.4 Tratamentos, delineamento experimental e análise estatística

Os tratamentos consistiram na combinação de dois fatores: a) três condições luminosas, proporcionadas por duas densidades arbóreas (555 e 333 árvores/ha)(Fig. 1) e pela condição luminosa plena (Fig. 2) ; b) cinco genótipos forrageiros de ciclo hibernal: Azevém-anual, aveia-preta, aveia-

branca cv. FAPA 2, trevo-branco cv. Zapicán e cornichão cv. São Gabriel, estabelecidos segundo um fatorial 3 x 5, com três repetições, num total de 45 unidades experimentais.



FIGURA 1 – Vista da área experimental sob sombra de *Pinus elliottii* Engelm. Em primeiro plano, parcelas de aveia-branca e aveia preta, na densidade de 555 árvores/ha (sombra moderada). Em segundo plano, a densidade de 333 árvores/ha (sombra fraca). 11 de outubro de 2006, Capivari do Sul, RS.



FIGURA 2 – Parcelas de aveia-branca e aveia-preta cultivadas fora do bosque (condição luminosa plena). 11 de outubro de 2006, Capivari do Sul, RS.

O delineamento experimental utilizado foi de parcelas subdivididas, onde as parcelas principais eram formadas pelas três condições luminosas e as sub-parcelas pelas cinco espécies forrageiras, arranjadas em três blocos completos casualizados, avaliadas em dois ciclos produtivos, correspondentes a dois anos consecutivos (2005 e 2006) de cultivo das cinco espécies.

Os resultados do rendimento de matéria seca e do valor nutritivo (DIVMO e PB) foram submetidos à análise da variância (ANOVA) e o efeito médio dos tratamentos foi comparado pelos testes de Tukey ou Duncan, ao nível de probabilidade de 5%. A ANOVA foi realizada de forma separada para gramíneas e leguminosas em cada ano, e conjunta para os dois anos, para testar o efeito de ano. Para as leguminosas, a análise estatística foi realizada segundo um fatorial 2x2x2 (duas condições de sombra x duas espécies x dois anos), tendo em vista que não houve crescimento das leguminosas fora do bosque no primeiro ano. As gramíneas foram analisadas em fatorial 3x3x2 (três condições luminosas x três espécies x dois anos). No segundo ano, os dados de rendimento de MS das leguminosas fora do bosque foram obtidos e a análise estatística foi realizada usando um fatorial 2x3 (duas espécies x três condições luminosas). Em 2006, as análises estatísticas para o valor nutritivo foram realizadas em fatorial 3x3x2 (três condições luminosas x três espécies x dois cortes), para as gramíneas e 3x2x2, para as leguminosas.

As análises estatísticas foram realizadas usando o programa computacional SANEST (Zonta & Machado, 1984), tendo sido analisadas as seguintes variáveis no material forrageiro: a) rendimento de matéria seca (MS),

b) teor de proteína bruta (PB) e c) digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica (DIVMO).

3.5 Avaliações

3.5.1 Rendimento de matéria seca

As diferenças entre os tratamentos foram avaliadas por meio de cortes visando estimar o rendimento de forragem por hectare. Foram cortados seis quadros com 25 cm de lado, dentro do bosque e dois quadros fora do bosque, por unidade experimental.

Os cortes foram realizados manualmente, com foice, a 10 cm acima do solo, com exceção do trevo branco, que foi cortado a 5 cm, devido ao seu hábito prostrado de crescimento. No primeiro ano, o primeiro corte foi realizado no dia 1º de novembro, sendo cortadas as gramíneas (florescimento) e leguminosas (vegetativo), porém as leguminosas fora do bosque não puderam ser avaliadas por falha de estabelecimento. No segundo corte, realizado em nove de dezembro de 2005, apenas as leguminosas foram cortadas (florescimento). No segundo ano, o primeiro corte foi realizado em 08 de agosto (vegetativo) e o segundo em 13 de outubro de 2006 (florescimento), em todas as parcelas.

As amostras de forragem verde coletadas no campo foram acondicionadas em sacos plásticos e levadas ao laboratório, onde foram pesadas e depois colocadas em estufa com ventilação forçada, à temperatura de 65° Celsius, até peso seco constante. O teor de umidade da forragem foi determinado pela relação: $(\text{peso verde} - \text{peso seco}) / \text{peso verde} \times 100$ e o teor

de matéria seca pela relação : 100 - teor de umidade. O rendimento de matéria seca (MS) foi calculado pelo produto do peso de matéria verde por parcela x o teor de matéria seca da forragem e extrapolado para rendimento por hectare.

3.4.2 Valor nutritivo da forragem

As amostras de MS foram moídas em moinho tipo “Willey”, com peneira de 1,0 mm, sendo, após, encaminhadas ao laboratório. Para a estimativa do valor nutritivo foram avaliados os seguintes atributos da forragem:

a) Teor de proteína bruta (PB): determinado pelo método Kjeldahl, por meio da determinação do nitrogênio total (N), em digestão ácida por ácido sulfúrico (AOAC, 1975). O teor de PB foi obtido multiplicando-se a percentagem de nitrogênio pelo fator 6,25.

b) Digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica (DIVMO): determinada utilizando o método do duplo estágio proposto por Tilley & Terry (1963), conforme descrito por Close & Menke (1986).

No primeiro ano, estes procedimentos analíticos foram executados no Laboratório de Nutrição Animal da EPAGRI, Lages, SC. No segundo ano as análises do teor de PB e da DIVMO foram realizadas no NIDAL (Núcleo Integrado de Desenvolvimento em Análises Laboratoriais) da Universidade Federal de Santa Maria, RS.

3.6 Ocorrência de pragas e moléstias

Um forte ataque de formigas no primeiro ano, no período de estabelecimento das leguminosas fora do bosque, ocasionou uma baixíssima

população de plantas, impossibilitando a sua avaliação na condição fora do bosque. No mesmo ano, ocorreu a interferência de lebres no experimento que consumiram principalmente plantas de azevém-anual, este problema foi contornado com a construção de uma cerca de proteção com costaneiras.

Durante os períodos experimentais foi constatada a incidência de moléstias, que através de diagnose fitossanitária, foram identificadas: a) ferrugem da folha (*Puccinia coronata* f. sp. *avenae*) no azevém e nas aveias; b) helmintosporiose (*Dreschlera avenae*) na aveia preta; c) mancha marrom (*Bipolaris sorokiniana*) em azevém-anual e c) oídio em cornichão (*Erysiphe* sp.) (Apêndices 4 e 5).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados deste trabalho serão apresentados separadamente quanto às variáveis analisadas: rendimento de matéria seca (MS) e valor nutritivo da forragem. Dentro do tópico referente a cada variável serão apresentados também de forma separada os dados de gramíneas e de leguminosas nas condições luminosas avaliadas, que para gramíneas nos dois anos de avaliação foram três (plena, sombra fraca e sombra moderada). As leguminosas, no primeiro ano, foram avaliadas em duas condições luminosas (sombra fraca e sombra moderada), devido problemas de estabelecimento das parcelas fora do bosque; no segundo ano foram avaliadas as três condições luminosas.

Para o rendimento de MS os resultados serão apresentados e discutidos como uma comparação ou média de dois anos, à medida que as respostas produtivas ao sombreamento apresentaram comportamento semelhante nos dois anos de avaliação. Já para o valor nutritivo, primeiramente serão apresentados os resultados e a discussão dos dados obtidos no primeiro ano, para gramíneas e leguminosas, e posteriormente, serão apresentados os resultados obtidos no ano de 2006.

As condições luminosas plena, sombra fraca e sombra moderada correspondem, respectivamente, aos ambientes de campo fora do bosque,

densidade de 333 árvores/ha e 555 árvores/ha. Optou-se por assim nomeá-las em virtude de uma melhor caracterização do ambiente luminoso sob o qual as plantas foram cultivadas, essa classificação, tem como base as avaliações de radiação fotossinteticamente ativa transmitida (RFAt) ao sub-bosque, como apresentado no capítulo 3 (Material e Métodos) deste trabalho, sendo que as condições de sombra fraca e moderada representam, respectivamente, 75,9 e 44% de transmissão de RFA.

4.1 Rendimento de matéria seca da forragem

4.1.1 Leguminosas

O quadro da análise da variância (Apêndice 4) mostra efeito significativo de espécie forrageira ($P \leq 0,02249$) e das interações ano x espécie ($P \leq 0,00587$). Porém a análise dos dados mostra que não houve efeito significativo ($P > 0,05$) de anos, de condições luminosas, das interações ano x condição luminosa, condição luminosa x espécie e ano x condição luminosa x espécie. Embora a análise da variância não tenha revelado efeito significativo para ano, a análise da comparação de médias pelo teste de Tukey, apresenta diferença significativa para o fator ano (Tabela 1).

Em média, sobre as duas condições luminosas avaliadas nos dois anos (sombra fraca e sombra moderada), houve diferença significativa ($P \leq 0,05$) entre anos, evidenciando maior rendimento de forragem das leguminosas em 2005 em relação ao rendimento obtido no ano de 2006 (Tabela 1), o mesmo acontecendo sob sombra fraca. Sob sombra moderada, não houve diferença significativa entre os anos ($P > 0,05$). Em 2006 foi obtido rendimento de matéria

seca (MS) de forragem de 774 kg/ha, valor que correspondente a 69% do rendimento obtido em 2005 (1121 kg/ha); esta diferença entre anos, primeiramente pode ser atribuída ao menor estande de plantas em 2006 devido à baixa germinação das sementes das leguminosas.

Na média dos dois anos, não foi verificada diferença significativa ($P>0,05$) entre os rendimentos de forragem obtidos sob sombra fraca e sob sombra moderada (Tabela 1), ou seja, o rendimento de forragem não foi afetado pelo aumento do sombreamento, nos níveis estudados.

Tabela 1 - Rendimento total (kg/ha) de matéria seca das leguminosas cultivadas sob duas condições luminosas, em dois anos de avaliação. Médias das duas espécies e três repetições. Capivari do Sul, RS.

Condição luminosa	2005	2006	Média	Rendimento relativo
	kg/ha			
Sombra fraca	1309	686	998 A	100%
Sombra moderada	933	862	898 A	89,9%
Média	1121 a	774 b	948	-

1) Médias seguidas por letras minúsculas diferentes nas linhas ou por letras maiúsculas diferentes nas colunas, diferem pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

Em um trabalho realizado em Abelardo Luz, SC, Sartor et al. (2006), avaliaram as mesmas espécies de leguminosas sob densidades arbóreas de *Pinus elliottii* Engelm. semelhantes as avaliadas no presente trabalho, e da mesma forma, não encontraram diferenças significativas entre o rendimento médio da forragem de trevo-branco (*Trifolium repens*) cv. Zapicán e cornichão (*Lotus corniculatus*) cv. São Gabriel obtido nas duas densidades.

Varella (1997), avaliando um SSP em fase inicial de estabelecimento, não encontrou diferenças entre a disponibilidade de matéria

seca da pastagem nativa em relação às três densidades arbóreas estudadas (816, 400 e 204 árvores/ha) em sistema silvipastoril com *Eucalyptus saligna* na EEA/UFRGS. O autor esclareceu que a pouca idade e a reduzida altura das árvores proporcionou baixo nível de sombreamento, não afetando a radiação incidente no sub-bosque e portanto não causando diferenças significativas em termos de produção de biomassa do sub-bosque nas diferentes densidades arbóreas (ou condições luminosas) avaliadas.

No presente trabalho, o trevo-branco apresentou rendimento de forragem superior ($P \leq 0,05$) ao cornichão, em média dos dois anos de avaliação e das duas condições de sombreamento (Tabela 2). As produções médias de forragem de cornichão e trevo-branco, não diferiram significativamente ($P > 0,05$) no ano de 2005, já em 2006 o rendimento médio de forragem foi 36% superior para o trevo-branco em relação ao cornichão. O fraco desempenho do cornichão, no segundo ano, pode ter sido causado por ataque de doenças, especialmente oídio (*Erysiphe* sp.), conforme laudo apresentado no Apêndice 5.

Soster et al. (2004) reportam a ocorrência de oídio (*Erysiphe* sp.) em oito genótipos de cornichão (*L. corniculatus* L.) cv. São Gabriel, cultivados em casa-de-vegetação e irrigados regularmente, sendo que a ocorrência da moléstia foi atribuída à maior umidade relativa (UR) do ar, condição usual em ambientes protegidos, assim como no presente caso, onde provavelmente a UR nas condições de sub-bosque, eram mais elevadas em relação ao ambiente aberto. Além deste fator, foi constatada uma baixíssima quantidade de nódulos ativos no cornichão, o que pode ter afetado o desempenho produtivo do

desta leguminosa no presente trabalho. Por meio de uma amostragem de raízes das leguminosas para observação da nodulação (realizada no dia 23 de agosto de 2006), praticamente não foram encontrados nódulos avermelhados ou róseos ou com dimensões adequadas, especialmente nas plantas de cornichão submetidas a sombreamento, sendo que as plantas de trevo-branco, também apresentavam poucos nódulos, porém com boas dimensões e coloração róseo-escuro.

Chu et al. (1974), reportaram efeito negativo do sombreamento sobre a nodulação de plantas, havendo redução do número de nódulos por planta, do peso seco de nódulos por planta e do conteúdo de nitrogênio nos nódulos de plantas de trevo-branco submetidas a sombreamento intenso (26 e 15% da luz solar plena), sendo que os autores atribuem o decréscimo da nodulação pela redução de biomassa de raízes em comparação com a parte aérea.

Tabela 2 - Rendimento total (kg/ha) de matéria seca das leguminosas, nos dois anos de avaliação. Médias de duas condições luminosas e três repetições. Capivari do Sul, RS.

Espécie	2005	2006	Média	Rendimento relativo
	kg/ha			
Trevo-branco	1097 Aa ¹	945 Aa	1021 A	100%
Cornichão	1146 Aa	603 Bb	875 B	85,7%
Média	1121 a	774 a	948	-

1) Médias seguidas por letras minúsculas diferentes nas linhas ou por letras maiúsculas diferentes nas colunas, diferem pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

Em média de dois anos de avaliação não houve diferença significativa ($P>0,05$) entre o rendimento de forragem sob sombra fraca e

sombra moderada, porém, o cornichão apresentou maior rendimento de forragem sob sombra fraca, enquanto o rendimento médio de forragem do trevo-branco não diferiu significativamente ($P>0,05$) entre as duas condições de luminosidade, indicando que o aumento do sombreamento, nos níveis estudados, não interferiu sobre o seu rendimento de forragem (Tabela 3).

Tabela 3 - Rendimento total (kg/ha) de matéria seca (MS) de trevo-branco e cornichão, cultivadas sob duas condições luminosas, em dois anos de avaliação. Médias de três repetições. Capivari do Sul, RS.

Condição luminosa	Trevo-branco	Cornichão	Média
	kg/ha		
Sombra fraca	1017	979	998 A
Sombra moderada	1025	770	898 A
Média	1021 a ¹	875 b	948

1) Médias seguidas por letras minúsculas diferentes nas linhas ou por letras maiúsculas diferentes nas colunas, diferem pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

Na Tabela 4, estão apresentados dados do rendimento de matéria seca das duas leguminosas em três condições luminosas, à medida que no ano de 2006 foi possível avaliar o desempenho das leguminosas sob a condição luminosa plena. A análise da variância mostra que houve efeito significativo para condição luminosa ($P\leq 0,01410$), porém não houve efeito significativo ($P>0,05$) de espécie, de blocos e nem da interação condição luminosa x espécie (Apêndice 7). Quando as médias do rendimento de forragem na condição luminosa plena foram inseridas na análise estatística, não foi detectada diferença significativa ($P>0,05$) entre trevo-branco e cornichão, diferentemente do que foi reportado na discussão dos dados de

comparação entre as espécies nos dois anos de avaliação, sob duas condições luminosas.

Os maiores rendimentos de matéria seca foram obtidos na condição luminosa plena e o sombreamento reduziu significativamente ($P \leq 0,05$) a produção de forragem das leguminosas, de forma que sob sombra fraca e moderada o rendimento relativo à condição de luz solar plena foram da ordem de 33 e 27% (Tabela 4), respectivamente, não sendo detectada diferença significativa ($P > 0,05$) entre as duas condições de sombra. Ou seja, com uma intensidade luminosa de 77% (sombra fraca) de transmissão da luz plena, as luminosas apresentaram rendimento relativo de 33%. Porém no ambiente luminoso em que apenas 44% da RFA era transmitida ao sub-bosque forrageiro, o rendimento relativo foi de 27%. Provavelmente o potencial produtivo destas leguminosas foi semelhante nas duas condições de sombreamento.

Tabela 4 - Rendimento total (kg/ha) de matéria seca das leguminosas, em três condições luminosas no ano de 2006. Médias das duas espécies e três repetições. Capivari do Sul, RS.

Espécie	Condição luminosa			Média
	Plena	Sombra fraca	Sombra moderada	
	kg/ha			
Trevo-branco	2882	743	1147	1591 A ¹
Cornichão	2291	629	577	1166 A
Média	2586 a ¹	862 b	686	1378
Rendimento relativo	100%	33%	27%	-

1) Médias seguidas por letras minúsculas diferentes nas linhas ou por letras maiúsculas diferentes nas colunas, diferem pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

Ladyman et al. (2003), reportam que as cultivares de cornichão (*Lotus corniculatus*), Norcen e Rhizomatous, apresentaram rendimento de forragem 38 e 11% superiores, respectivamente, sob sombreamento artificial moderado (45% de transmissão da luz solar plena), em relação ao rendimento obtido sob sol pleno. Em contrapartida, o rendimento de forragem obtido sob sombreamento intenso (20% da luz solar plena), apresentou decréscimo significativo, da ordem de 40%, no rendimento de forragem em relação a pleno sol.

Na Nova Zelândia, o rendimento de MS de pastagens de azevém perene (*Lolium perenne*) em mistura com trevo branco (*T. repens*) em floresta de *Pinus radiata*, com oito anos de idade, foi reduzido em 23% e 47% nas densidades arbóreas de 200 e 400 árvores/ha, em comparação à pastagem mantida sob sol pleno (Knowles et al., 1992).

Sartor et al. (2006), em Abelardo Luz, SC, avaliando o desempenho trevo-branco e cornichão cv. São Gabriel sob duas densidades de *Pinus elliottii* (370 e 222 árvores/ha) e a pleno sol, não verificaram diferenças significativas ($P>0,05$) na produção de forragem entre as duas densidades arbóreas, porém o cornichão apresentou maior produção de forragem em relação ao trevo-branco, tanto nas condições de sombreamento fraco e moderado quanto sem restrição luminosa, produzindo 2.844, 2.669 e 8.121 kg MS/ha para as respectivas condições luminosas. O rendimento de forragem do trevo-branco foi de 1.273, 1.305 e 4.706 kg MS/ha para os mesmos tratamentos. Além da maior produção de matéria seca, o cornichão apresentou decréscimo produtivo

significativo ($P \leq 0,05$) de 65% em relação ao sol pleno e para o trevo-branco, o decréscimo foi de 72% em relação à produção sem restrição luminosa.

Lin et al. (1999), avaliando o desempenho produtivo destas espécies sob sombreamento artificial (50 e 80%), também verificaram melhor desempenho de duas cultivares de cornichão, em relação ao trevo-branco, em todas as condições luminosas, há que ressaltar-se, porém, que o trevo-branco apresentou menor decréscimo produtivo com o aumento do sombreamento imposto, não sendo detectada diferença significativa entre as produções de MS na condição de sol pleno e sob sombreamento moderado (50% de sombra), porém com 80% de sombreamento a produção foi da ordem de 40% em relação à obtida ao sol pleno.

No presente trabalho o rendimento de matéria seca do cornichão sob sombreamento foi de 27,5 e 25,2% para sombra fraca e moderada, respectivamente em relação à produção obtida sob sol pleno. No entanto o trevo-branco apresentou rendimentos relativos de 25,7 e 39,7% sob sombra fraca e moderada, respectivamente; embora não haja diferença significativa ($P > 0,05$) entre as duas condições de sombreamento, esta leguminosa teve um melhor desempenho produtivo no maior nível de sombreamento (sombra moderada) em relação ao menor. Essa diferença entre as condições de sombra, pode ter ocorrido em virtude da maior preservação da umidade na maior densidade arbórea, pelas alterações microclimáticas no interior do bosque mais adensado em relação ao menos povoado.

Estudos demonstram que a redução da evapotranspiração no interior de povoamentos florestais ocorre principalmente devido à redução da

velocidade do vento e da radiação incidente ao nível do sub-bosque. Hawke et al. (1994) avaliando parâmetros microclimáticos em diferentes densidades de *Pinus radiata* (0, 100, 200 e 400 árvores/ha) em Rotorua, Nova Zelândia, reporta uma expressiva redução do efeito do vento, medido em km/dia, com o aumento da densidade arbórea, de modo que a magnitude desta redução foi de 78% na densidade de 400 árvores/ha, em relação ao ambiente sem a presença de árvores. No presente trabalho, medidas da radiação nas duas densidades arbóreas são apresentadas no Material e Métodos, onde pode ser observada a redução da RFA transmitida ao sub-bosque.

4.1.2 Gramíneas

O quadro da análise da variância mostra efeito significativo de condições luminosas ($P \leq 0,00007$), de espécies ($P \leq 0,00101$), da interação ano x condições luminosas ($P = 0,03450$) e da interação ano x espécies ($P \leq 0,00003$). Em contrapartida, não foi verificado efeito significativo ($P > 0,05$) de ano, de bloco, das interações condição luminosa X espécie e ano X condição luminosa X espécie (Apêndice 8).

Embora a análise da variância não tenha revelado efeito significativo para ano, a comparação de médias pelo teste de Tukey, apresenta diferença significativa para o fator ano (Tabela 5). O rendimento de forragem das gramíneas, na média das condições luminosas, foi maior ($P \leq 0,05$) no ano de 2006, em relação ao ano de 2005. Não houve diferença significativa ($P > 0,05$) entre 2005 e 2006 no rendimento de matéria seca da forragem produzida sob sombreamento fraco e também da forragem produzida sob sombreamento

moderado. Na condição luminosa plena, o rendimento de forragem foi maior ($P \leq 0,05$) no segundo ano, em relação ao primeiro.

Tabela 5 - Rendimento total (kg/ha) de matéria seca das gramíneas cultivadas sob três condições luminosas. Médias das três espécies e três repetições. Capivari do Sul, RS.

Condição luminosa	2005	2006	Média	Rendimento relativo
	kg/ha			
Plena	3116 Ab ¹	4148 Aa	3632 A	100%
Sombra fraca	2411 Ba	2384 Ba	2398 B	66%
Sombra moderada	1515 Ca	1622 Ca	1568 C	43%
Média	2347 b	2718 a	2532	-

1) Médias seguidas por letras minúsculas diferentes nas linhas, ou por letras maiúsculas diferentes nas colunas, diferem pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

O rendimento médio de forragem das gramíneas sobre os dois anos, e em cada ano, foi reduzido significativamente ($P \leq 0,05$) pelo aumento do sombreamento. De forma, que em média, os rendimentos de forragem sob sombreamento moderado e sob sombreamento fraco, corresponderam respectivamente, a 43% e 66% do rendimento obtido na condição luminosa plena (Tabela 5).

Na média dos dois anos, o rendimento de forragem foi maior para as aveias branca e preta em relação ao azevém, sendo que o rendimento das aveias não foi significativamente diferente ($P > 0,05$) na média dos dois anos de avaliação. No segundo ano, não houve diferença significativa ($P > 0,05$) entre o rendimento médio das espécies forrageiras (Tabela 6).

Tabela 6 - Rendimento total (kg/ha) de matéria seca (MS) de azevém-anual, aveia-branca e aveia-preta, nos dois anos de avaliação. Médias de três condições luminosas e três repetições. Capivari do Sul, RS.

Espécie	2005	2006	Média	Rendimento relativo
	kg/ha			
Azevém-anual	1099 Bb ¹	2936 Aa	2018 B	72%
Aveia-branca	2737 Aa	2816 Aa	2777 A	99%
Aveia-preta	3205 Aa	2402 Bb	2804 A	100%
Média	2347 b	2718 a	2532	-

1) Médias seguidas por letras minúsculas diferentes nas linhas, ou por letras maiúsculas diferentes nas colunas, diferem pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

No ano de 2005 o rendimento de forragem do azevém foi 62% inferior ($P \leq 0,05$) ao rendimento obtido em 2006, possivelmente devido à ação de lebres no experimento, que ingeriram principalmente as folhas de azevém. O rendimento de forragem da aveia-branca não diferiu significativamente ($P > 0,05$) nos dois anos de avaliação. A aveia-preta apresentou maior rendimento de forragem ($P \leq 0,05$) em 2005, em relação ao ano de 2006, uma vez que no segundo ano, na fase de estabelecimento das plantas foi verificada a interferência de aves no experimento, que consumiram as plântulas das aveias, ocasionando redução do estande.

No ano de 2005, os maiores rendimentos de forragem couberam às aveias em relação ao azevém ($P \leq 0,05$), sendo que as primeiras não diferiram significativamente entre si ($P > 0,05$). Já no ano de 2006, não foi verificada diferença significativa ($P > 0,05$) entre o rendimento de forragem do azevém e da aveia-branca, sendo que estes apresentaram maiores rendimentos ($P \leq 0,05$) do que a aveia preta (Tabela 6).

Em média sobre os dois anos, houve redução do rendimento de forragem das aveias branca e preta e do azevém-anual com o aumento dos níveis de sombreamento, porém para o azevém não houve diferença significativa entre as condições luminosas sombra fraca e sombra moderada (Tabela 7). Na condição de luminosidade plena não houve diferença significativa ($P>0,05$), em termos produtivos, entre as gramíneas, porém, nas condições de sombra fraca e moderada, as aveias branca e preta apresentaram maior rendimento de forragem ($P\leq 0,05$) em relação ao azevém (Tabela 7).

Tabela 7 - Rendimento total (kg/ha) de matéria seca de azevém-anual, aveia-branca e aveia preta, em três condições luminosas. Médias de dois anos e três repetições. Capivari do Sul, RS.

Condição luminosa	Espécies			Média
	Azevém-anual	Aveia-branca	Aveia-preta	
	kg/ha			
Plena	3303	3717	3877	3632 A ¹
Sombra fraca	1513	2773	2907	2398 B
Sombra moderada	1238	1841	1627	1568 C
Média	2018 b ¹	2777 a	2804 a	2533

1) Médias seguidas por letras minúsculas diferentes nas linhas, ou por letras maiúsculas diferentes nas colunas, diferem pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

Os fatores climáticos que normalmente interferem na produtividade das culturas são a água, a temperatura, o fotoperíodo e a irradiância (Kepharth & Buxton, 1993). Nas condições que o presente trabalho foi realizado, além da

irradiância, é provável que a tanto a temperatura, quanto a umidade tenham exercido influência sobre o rendimento dos genótipos avaliados.

Uma das explicações possíveis para a redução na produtividade em gramíneas sob sombreamento está relacionada com características morfogênicas, particularmente a pronunciada redução no perfilhamento das plantas. De acordo com Gautier et al. (1999), a redução do número de perfilhos por planta com o aumento dos níveis de sombreamento, em azevém-perene (*L. perenne* L.) demonstra-se linear, ocorrendo igualmente redução do peso do perfilho e da velocidade de emissão de novos perfilhos, provocando redução do rendimento de forragem. Masuda (1977) reporta uma importante redução do número de perfilhos de aveia-branca (*Avena sativa*) cv. Taiho sob 1/3 da luz solar plena, de forma que a magnitude dessa redução foi de aproximadamente 76% no número de perfilhos observados sob luz natural. O autor reporta também uma redução pronunciada do peso de perfilhos, sendo que luz plena o peso de perfilhos grandes (com a terceira folha totalmente expandida) por vaso foi de 1261 g e o de perfilhos pequenos de 640 g. Sob 1/3 da intensidade luminosa não foram encontrados perfilhos grandes e o peso de perfilhos pequenos foi de 66g. Também o peso médio da parte aérea (folhas + caules) apresentou redução sob sombreamento: sob 1/3 e 1/2 da radiação plena a produção de biomassa área foi , respectivamente de 17,6 e 55,4% em relação à produção obtida em condições de luminosidade natural.

O número de perfilhos por planta (ou por área) é uma característica morfogênica que, na maioria das gramíneas forrageiras, apresenta implicações diretas sobre o rendimento de forragem, assim como o tamanho final e a

duração de vida das folhas. No presente trabalho foram realizadas observações (por contagem) do número de perfilhos nas gramíneas avaliadas, sendo encontrada uma redução média entre 20 e 25% do número de hastes/m², nas duas condições de sombra avaliadas, em relação ao sol pleno. Provavelmente esta redução pode ter contribuído para a redução do rendimento sob sombreamento.

Watson et al. (1984), em Queensland, Austrália, avaliaram os efeitos de três níveis de sombreamento artificial: 0, 50 e 75% da luz solar plena sobre a produção de matéria seca de azevém-anual (*Lolium multiflorum*) cv. Gulf, em um sistema de cortes múltiplos, reportando decréscimo no rendimento de matéria seca da espécie, com o incremento no sombreamento. Porém, o desempenho da espécie foi considerado aceitável em condição de sombreamento moderado (50% de sombra), produzindo 77% (6278 kg MS/ha) em relação ao rendimento obtido sob sol pleno (8145 kg MS/ha). Lin et al. (1999), no Missouri, EUA, utilizaram sombrite para simular dois níveis de sombreamento (50 e 80% de sombra) sobre o rendimento de azevém-anual cv. Marshall, não encontrando diferença significativa dos rendimentos obtidos com 50% de sombreamento e sob sol pleno.

Sartor et al. (2006), em Abelardo Luz, SC, avaliando o desempenho produtivo das gramíneas hibernais, azevém-anual, aveia-branca cv. Fapa 2 e aveia-preta (*A. strigosa* Schreb.) sob duas densidades de *Pinus elliottii* (370 e 222 árvores/ha), em relação ao sol pleno, encontraram redução na produção de forragem com o aumento da densidade arbórea, sendo que a magnitude dessa redução, em média das gramíneas avaliadas, foi da ordem de 56 e 37%,

para a maior e para a menor densidade arbórea. A produção do azevém foi 35 e 20 % inferior, para as densidades de 370 e 222 árvores/ha, respectivamente, em relação à produção obtida sob sol pleno (6.827 kg MS/ha); para a aveia-branca a redução foi de 73 e 48% para os respectivos tratamentos em relação à pleno sol (6.392 kg MS/ha) e para a aveia-preta a produção de forragem foi reduzida para 66 e 52% em relação a forragem produzida sob céu aberto (4.115 kg MS/ha). Os autores concluíram que o azevém anual foi a espécie mais adaptada às condições impostas, pois além de sua produção ser maior, independente da densidade arbórea, sua produção não foi tão reduzida nos ambientes com limitação de radiação solar, nas condições edafoclimáticas do local.

Saibro (1992) avaliou a produção de espécies forrageiras hibernais em diferentes condições de sombreamento, provocado artificialmente, concluindo que entre as gramíneas, as aveias tiveram redução no rendimento de MS acima de 40%, quando o nível de sombreamento foi de 58% da radiação plena, em azevém anual a redução de rendimento foi 16% e 13% quando a restrição luminosa foi de 33% e 58%, respectivamente. Em contraste, no presente trabalho, o azevém foi a espécie que apresentou maior decréscimo produtivo com o aumento da restrição luminosa. Sob sombra fraca, o rendimento de forragem do azevém apresentou uma redução de 54%, em relação ao rendimento obtido à pleno sol (3303 kg/ha) e sob sombra moderada a redução do rendimento foi da ordem de 63%. A aveia-branca, sob sombra fraca, apresentou rendimento 26% inferior em relação à condição de pleno sol (3717 kg/ha), sob sombra moderada o decréscimo produtivo foi da ordem de

50%. A aveia-preta apresentou redução de 25 e 58% para sombra fraca e moderada, respectivamente.

4.2 Valor nutritivo

Neste tópico serão primeiramente apresentados e discutidos os dados referentes aos valores da digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica (DIVMO) e do teor de proteína bruta (PB) da forragem das leguminosas (trevo-branco e cornichão) e das gramíneas (azevém-anual, aveia-branca e aveia-preta) no ano de 2005. Em seguida, serão apresentados e discutidos os dados dos mesmos tratamentos obtidos em 2006. Em virtude das respostas ao sombreamento serem diferenciadas nos dois anos de avaliação, optou-se por realizar as análises estatísticas separadamente, para cada ano.

4.2.1 Primeiro ano

4.2.1.1 Leguminosas

Em 2005, a análise da variância, para a DIVMO mostrou efeitos significativos de condição luminosa ($P \leq 0,02639$), de espécie ($P \leq 0,00008$), de data de corte ($P \leq 0,00023$) e de bloco ($P \leq 0,04974$); porém as interações, data de corte x espécie, condição luminosa x data de corte e condição luminosa x espécie, não foram significativas (Apêndice 9). Para PB foram verificados efeitos significativos de espécie ($P \leq 0,00001$) e datas de corte ($P \leq 0,00530$), sendo que condição luminosa e suas interações, assim como a interação espécie x data de corte, não apresentaram efeito significativo (Apêndice 10).

A análise da variância mostra diferença significativa entre as médias de DIVMO obtidas sob sombreamento fraco e sob sombreamento moderado, ou seja, o incremento no sombreamento aumentou a DIVMO média de trevo-branco e cornichão, sendo que o incremento foi de 2,4 unidades percentuais com o aumento do sombreamento de fraco para moderado. O trevo branco apresentou maior DIVMO média, em relação ao cornichão ($P \leq 0,05$), nos dois ambientes luminosos avaliados (Tabela 8), sendo que a magnitude dessa diferença foi de aproximadamente nove unidades percentuais a favor do trevo-branco.

Os estudos avaliando o efeito do sombreamento sobre a digestibilidade *in vitro*, especialmente em espécies de leguminosas, em geral, apresentam resultados contraditórios. Johnson et al. (2002) esclarecem que esta discrepância provavelmente ocorra em razão de que as respostas ao sombreamento, em termos do valor nutritivo da forragem de leguminosas, apresentem características adaptativas ligadas à espécie, tais como, alterações na relação folha:caule, espessura e área de folíolo, índice de área foliar específico, etc.. Para as leguminosas de estação fria, a maioria dos trabalhos indica que não ocorre incremento da digestibilidade com o aumento do sombreamento. Entretanto, Ladyman et al. (2003) encontraram incremento na digestibilidade da fibra em detergente neutro, nos teores de FDA e FDN em duas cultivares de cornichão, sob sombreamento moderado (55%). Da mesma forma, Lin et al. (2001), estudaram os efeitos de níveis de luminosidade (luz plena, 50% e 80% de sombra) sobre o valor nutritivo da forragem de trevo-

branco e verificaram um incremento significativo do teor de FDN sob o maior nível de sombra, indicando maior valor nutritivo da forragem.

Tabela 8 - Digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica (DIVMO) e proteína bruta (PB) de trevo-branco e cornichão, cultivados sob duas condições de luminosidade. Médias de duas datas de corte (01/11/2005- estágio vegetativo e 09/12/2005-florescimento pleno) e três repetições. Capivari do Sul, RS.

Condição luminosa	Trevo-branco	Cornichão	Média
	DIVMO (%)		
Sombra fraca	75,7	64,9	70,3 B ¹
Sombra moderada	76,3	69,2	72,7 A
Média	76,0 a ¹	67,0 b	71,5
	PB (%)		Média
	Trevo-branco	Cornichão	
Sombra fraca	18,3	17,2	17,7 A
Sombra moderada	19,3	17,8	18,8 A
Média	18,8 a	17,5 b	18,2

1) Médias seguidas por letras minúsculas diferentes nas linhas, ou por letras maiúsculas diferentes nas colunas, em cada parâmetro do valor nutritivo, diferem pelo teste de Duncan ao nível de significância de 5%.

No presente trabalho, a maior digestibilidade encontrada na condição de sombra moderada, não pode ser explicada como um efeito isolado da redução luminosa, podendo ser associado provavelmente à menores temperaturas ocorrentes na maior densidade arbórea comparada à menor. Desta forma, na Nova Zelândia, em trabalho de monitoração micrometeorológica, em sub-bosques de *Pinus radiata*, Knowles et al. (1992) demonstraram a ocorrência de menores temperaturas do ar na maior densidade arbórea avaliada (400 árvores/ha) em comparação à densidades

menores (100 e 200 árvores/ha). Conforme demonstram Masuda (1977) e Ford et al. (1979), examinando os efeitos da temperatura em relação aos teores de digestibilidade *in vitro* de forrageiras de estação fria, ocorre incremento do valor nutritivo em temperaturas amenas, devido principalmente à redução do FDA (ou da lignina) em relação às temperaturas mais altas. Assim, no presente trabalho, pode-se inferir que a maior DIVMO observada na condição de sombra moderada, pode ser atribuída a menores temperaturas ocorrentes no sub-bosque de 555 árvores/ha, em relação à menor densidade (333 árvores/ha).

Não foi detectado efeito significativo ($P > 0,05$) de condição luminosa sobre o teor de PB, embora possa ser observado, um leve incremento de PB na condição de sombra moderada em relação à sombra fraca, tanto em cornichão quanto em trevo-branco (Tabela 8). O trevo branco apresentou maiores teores de PB, em relação ao cornichão ($P \leq 0,05$), nos dois ambientes luminosos avaliados (Tabela 8), sendo que a magnitude dessa diferença foi de 1,33 unidades percentuais.

Alguns trabalhos realizados com as mesmas espécies, reportam incrementos nos teores de PB com o aumento da restrição luminosa tanto em sombreamento artificial (Ladyman et al., 2003) quanto em sub-bosque de florestas decíduas (Neel et al., 2003). Porém Lin et al. (2001), não verificaram diferença significativa nos teores de PB em trevo-branco submetido à três níveis de luminosidade (luz plena, 50% e 80% de sombra) sendo que o teor médio de PB obtido nesse trabalho foi de 20,2%. Por outro lado, Johnson et al. (2002), encontraram decréscimo do teor de PB com o aumento do sombreamento imposto à *Arachis glabrata* Benth., de forma que na fração de

folhas do material este decréscimo foi de 4 pontos percentuais com 34% de transmissão de luz, em relação ao sol pleno; na fração de caules, este decréscimo foi menos acentuado (da ordem de 1%).

Foram evidenciadas diferenças significativas ($P \leq 0,05$) entre as datas de corte (Tabela 9), sendo que no primeiro corte, realizado ainda no estágio vegetativo das plantas (aos 94 dias após a semeadura), foram encontrados maiores valores de PB e DIVMO, em relação ao segundo corte, realizado no início do florescimento das leguminosas (aos 132 dias após a semeadura). Os decréscimos médios da DIVMO e do teor de PB com o avanço estágio de desenvolvimento foram da ordem de 7,6 e 5,8 unidades percentuais, respectivamente. Diferenças intrínsecas entre espécies forrageiras são alteradas diferentemente pela maturidade dos tecidos. Sem restrição luminosa, segundo Oelberg (1956), o estágio de desenvolvimento parece ser o fator que mais afeta a composição química e a digestibilidade das forrageiras, incluindo decréscimo de conteúdos celulares e incremento em fibra estrutural, aliadas a lignificação e polimerização da celulose (Sullivan apud Ayres et al., 1998). No início do desenvolvimento, em geral, a maioria das plantas são bastante palatáveis, com baixos teores de fibras e altos teores protéicos. Canbolat et al. (2006), encontraram um efeito significativo ($P \leq 0,001$) do valor nutritivo da alfafa de acordo com o estágio de maturidade; com o avanço da maturidade (de antes do florescimento até após o florescimento) tanto a DIVMS quanto o teor de PB decresceram da ordem de 12%. Os autores esclarecem que a digestibilidade *in vitro* pode variar na mesma espécie forrageira em diferentes estádios de maturação, possivelmente por estarem associados ao incremento

nos conteúdos de FDA, à redução da relação folha: caule e ao aumento da lignificação. Entretanto, sob restrição luminosa, as respostas sobre o valor nutritivo podem ser afetadas de maneira diferente em função da espécie, do estágio de desenvolvimento e da intensidade do sombreamento, entre outras.

Tabela 9 - Digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica (DIVMO) e proteína bruta (PB) de trevo-branco e cornichão, em duas datas de corte (01/11/2005- estágio vegetativo e 09/12/2005-florescimento pleno). Médias de duas condições luminosas e três repetições. Capivari do Sul, RS.

Espécies	Data do corte		Média
	01/09	9/12	
	DIVMO (%)		
Trevo-branco	80,0	72,0	76,0 A ¹
Cornichão	70,7	63,4	67,0 B
Média	75,3 a ¹	67,7 b	71,5
	PB (%)		
Trevo-branco	22,0	15,7	18,8 A
Cornichão	20,2	14,8	17,5 B
Média	21,1 a	15,3 b	18,2

1) Médias seguidas por letras minúsculas diferentes nas linhas, ou por letras maiúsculas diferentes nas colunas, em cada parâmetro do valor nutritivo, diferem pelo teste de Duncan ao nível de significância de 5%.

4.2.1.2 Gramíneas

A análise da variância, para a DIVMO, mostrou que houve efeito significativo de condição luminosa ($P \leq 0,00233$), espécies ($P \leq 0,00019$) e bloco ($P \leq 0,03904$), porém não houve efeito significativo ($P > 0,05$) da interação

condição luminosa x espécie (Apêndice 11). Para os teores de PB, a ANOVA mostrou efeito significativo apenas para espécie ($P \leq 0,00561$) (Apêndice 12).

A DIVMO, em média sobre as gramíneas forrageiras, apresentou diferença significativa entre as condições de sombra fraca e moderada, as quais não diferiram ($P > 0,05$) da luminosidade plena (Tabela 10). Os maiores valores de digestibilidade foram obtidos na condição de maior sombreamento. O azevém-anual apresentou os maiores valores de digestibilidade da forragem ($P \leq 0,05$) seguido pela aveia-branca e pela aveia-preta (Tabela 10).

Trabalhos envolvendo respostas comparativas do valor nutritivo de gramíneas de estação fria sob sombreamento e ao sol pleno, reportam aumento da digestibilidade devido à redução do teor de lignina ou aumento do teor de FDN. Kepharth & Buxton (1993), encontraram uma relação linear negativa ($P \leq 0,05$) da DIVMS de faláris (*Phalaris arundinacea* L.) cv. Vantage, festuca-alta (*Festuca arundinacea*) cv. Kentucky-31, *Panicum virgatum* cv. Cave-in-Rock e *Panicum clandestinum* cv. Tioga quando os níveis de transmissão da luz solar variaram de 37 para 70 e 100%. Foram encontrados valores de incremento da ordem de cinco unidades percentuais em média dos diferentes materiais forrageiros avaliados, sendo que os valores médios obtidos foram da ordem de 550 g DIVMS/ kg MS, sugerindo que a DIVMS foi afetada positivamente com o incremento da restrição luminosa, devido à redução do teor de lignina em 4% e do teor de parede celular (CPC) em 3%. Lin et al. (2001), no Missouri, EUA, obtiveram para bromus-perene (*Bromus inermis* Leyss.) aumento significativo do teor de FDN quando o nível de sombreamento artificial atingiu 50% em comparação com a radiação plena.

Tabela 10 - Digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica (DIVMO) e teor de proteína bruta (PB) de azevém-anual, aveia-branca e aveia-preta aos 94 dias após a semeadura (estádio de florescimento), cultivadas sob três condições de luminosidade. Médias de três repetições. Capivari do Sul, RS, 1^o de novembro de 2005.

Condição luminosa	Azevém-anual	Aveia-branca	Aveia-preta	Média
	DIVMO (%)			
Plena	69,0	65,0	57,0	63,7 AB ¹
Sombra fraca	69,0	61,7	55,0	61,9 B
Sombra moderada	73,0	69,3	59,0	67,1 A
Média	70,3 a ¹	65,3 b	57,0 c	64,2
		PB (%)		Média
Plena	14,0	12,0	11,3	12,4 A
Sombra fraca	13,3	11,7	11,0	12,0 A
Sombra moderada	15,7	10,3	9,0	11,7 A
Média	14,3 a	11,3 b	10,4 c	12,0

1) Médias seguidas por letras minúsculas diferentes nas linhas, ou por letras maiúsculas diferentes nas colunas, em cada parâmetro do valor nutritivo, diferem pelo teste de Duncan ao nível de significância de 5%.

Na Austrália, Samarakoon et al. (1990), encontraram maiores valores de DIVMS na porção apical das plantas de *Axonopus compressus*, *Stenotaphrum secundatum* e *Pennisetum clandestinum* cultivadas sob sombreamento artificial (nos níveis de 42, 59, 68%). Os autores reportaram que o incremento da digestibilidade foi consistente com os efeitos do sombreamento nos diferentes constituintes dos tecidos vegetais; em geral teores de CPC e cinzas insolúveis decresceram e o teor de N foi incrementado sob sombreamento, o que explicaria o incremento na DIVMS, entretanto, houve

tendência de aumento do teor de lignina e decréscimo dos CNE, fatores que tendem a reduzir a digestibilidade de uma forragem.

Por outro lado, alguns trabalhos relatam redução da digestibilidade *in vitro* devido ao aumento do conteúdo de lignina (Belsky, 1992; Lin et al., 2001), à redução dos teores de carboidratos não-estruturais (CNE) ou pelo incremento dos componentes de paredes celulares (CPC) nos tecidos das plantas (Belski, 1992). Masuda (1977), avaliando os efeitos de três intensidades luminosas (luz natural, 1/2 e 1/3 da luz solar plena) sobre a DIVMS de aveia-branca cv. Taiho, encontrou redução DIVMS com o incremento do sombreamento artificial imposto, especialmente na fração de colmos das plantas submetidas ao maior nível de sombra, sendo que nesta fração a DIVMS foi de 90,3%, e sob luz natural foi de 94,4%. Para a planta inteira a magnitude do decréscimo da DIVMS foi de 1% da menor intensidade luminosa em relação à luz natural. O autor reporta que as relações entre DIVMS e composição química das células vegetais não podem ser inteiramente explicadas pelos efeitos de intensidade luminosa, contudo o incremento relatado em FDA pode explicar parte deste efeito, sendo que para colmos o incremento foi da ordem de 2%. Além disso, os componentes de paredes celulares (CPC) apresentaram tendência de serem menos digestíveis nas menores intensidades luminosas. Foi reportado também que ocorreu aumento da DIVMS da aveia-branca por efeito de temperaturas mais amenas (15°C), devido principalmente à redução do FDA em relação às temperaturas mais altas (25°C). Em ambientes com a presença de árvores, como os sistemas silvipastoris, os efeitos da redução luminosa estão geralmente associados à

reduções térmicas. Deste modo, no presente trabalho conduzido sob a sombra de árvores de *Pinus elliottii*, pode-se inferir que a maior DIVMO observada na condição de sombra moderada, pode ser atribuída às menores temperaturas ocorrentes no sub-bosque de 555 árvores/ha, em relação ao ambiente sem a presença de árvores.

Não houve diferença significativa ($P > 0,05$) das condições luminosas sobre os teores médios de PB das forrageiras avaliadas (Tabela 10). Por outro lado, diversos estudos avaliando gramíneas sob sombreamento, apresentaram aumentos relativos nos teores de proteína bruta (PB) da forragem em relação ao sol pleno. Assim, Kephart & Buxton (1993), Ash & McIvor (1998), Jackson (1998), Lin et al. (2001), Burner & Beleski (2004), Gutmanis et al. (2001), Kallembach (2006); Buergler et al. (2006b), relataram que para diversas gramíneas forrageiras de ciclo hibernar ou estival, os teores de PB da forragem aumentaram com o incremento da restrição luminosa.

Foram encontradas diferenças significativas ($P \leq 0,05$) entre as espécies forrageiras, sendo que o azevém-anual mostrou superioridade sobre as duas espécies de aveia (Tabela 10). Ressalta-se, porém, que as aveias apresentaram teores satisfatórios de PB, bem acima do mínimo de 7%, considerado restritivo ao bom desempenho de novilhos em pastejo.

Estes resultados revelam que o teor protéico médio das forrageiras cultivadas sob sombra fraca ou moderada, foi igual ao das plantas crescendo sob luminosidade plena, fato que evidencia o seu potencial para uso em SSP.

4.2.2 Segundo ano

4.2.2.1 Leguminosas

Para os resultados obtidos em 2006, a análise da variância para DIVMO indica efeito significativo apenas para corte ($P \leq 0,0001$) e para a interação corte x espécie ($P \leq 0,0251$) (Apêndice 13). A análise da variância para PB, mostra efeito significativo para condição luminosa ($P \leq 0,00777$), para espécie ($P \leq 0,00379$) e para data de corte ($P \leq 0,00001$). Não houve efeito significativo ($P > 0,05$) para as interações nem para o fator bloco (Apêndice 14).

Não houve efeito significativo ($P > 0,05$) das condições luminosas sobre a DIVMO das leguminosas avaliadas, porém pode ser observada uma tendência de maior digestibilidade com o aumento do sombreamento (Tabela 11). Estes resultados coincidem com os relatados por Ladyman et al. (2003), os quais encontraram incrementos significativos nos teores de FDA e FDN em duas cultivares de cornichão, sob sombreamento moderado (55%), embora a digestibilidade *in vivo* da FDN obtida sob sol pleno e sombreamento moderado não tenha apresentado diferença significativa ($P > 0,05$). Wilson & Wong (1982) também não encontraram diferenças significativas em termos da digestibilidade *in vitro* da matéria seca de siratro (*Macroptilium atropurpureum* Urb.) cultivado sob três intensidades luminosas (100, 60 e 40% da luz solar plena), porém verificaram um decréscimo significativo ($P < 0,05$) do teor de lignina das folhas do material forrageiro submetido ao maior nível de sombreamento, sem efeito significativo sobre a fração de caules. Lin et al. (2001) reportam maiores teores de FDN de trevo-branco, sob sombreamento de 80% da luz solar plena,

indicando maior qualidade da forragem submetida a um nível de sombra muito intenso.

Não foi verificada diferença significativa ($P>0,05$) entre trevo-branco e cornichão sobre a DIVMO.

Foi verificado um incremento significativo ($P\leq 0,05$) no teor de PB com o sombreamento em ambos os níveis (Tabela 11), indo ao encontro do que reportam Ladyman et al. (2003) com cornichão e Neel et al. (2003), com trevo-branco em mistura com azevém-perene. Porém, não foram detectadas diferenças significativas ($P>0,05$) entre as duas condições de sombra, apesar de haver uma tendência de aumento do teor de PB do menor para o maior nível de sombra avaliado (Tabela 11). Em média, sobre as três condições luminosas, o teor de PB do cornichão foi maior ($P\leq 0,05$) do que o do trevo-branco (Tabela 11).

Tabela 11 - Digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica (DIVMO) e teor de proteína bruta (PB) de trevo-branco e cornichão, cultivados em 2006, sob três condições de luminosidade. Médias de duas datas de corte (08/08/2006- estágio vegetativo e 13/10/2006- florescimento pleno) e três repetições. Capivari do Sul, RS.

Condição luminosa	Trevo-branco	Cornichão	Média
	DIVMO (%)		
Plena	75,3	75,6	75,4 A ¹
Sombra fraca	76,6	75,8	76,2 A
Sombra moderada	78,8	75,1	77,0 A
Média	76,9 a ¹	75,5 a	76,2
	PB (%)		Média
Plena	20,1	22,3	21,2 B
Sombra fraca	22,6	24,4	23,5 A
Sombra moderada	24,0	24,4	24,2 A
Média	22,2 b	23,7 a	23,0

1) Médias seguidas por letras minúsculas diferentes nas linhas, ou por letras maiúsculas diferentes nas colunas, em cada parâmetro do valor nutritivo, diferem pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

Houve diferença significativa ($P \leq 0,05$) entre as duas datas de corte, sendo que na primeira data foram detectados maiores valores tanto de DIVMO quanto de PB, em relação à segunda data (Tabela 12). A diferença obtida entre os teores médios de DIVMO e PB nos dois cortes, foram da ordem de 7,7 e 7,3 unidades percentuais, respectivamente. Sendo que as diferenças entre os cortes podem ser atribuídas ao estágio de desenvolvimento das plantas, a medida que o primeiro corte foi realizado enquanto as plantas estavam no estágio vegetativo (aos 104 dias após a semeadura) e o segundo corte, quando as plantas se encontravam em início de florescimento (aos 170 dias após a semeadura).

Tabela 12 - Digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica (DIVMO) e teor de proteína bruta (PB) de leguminosas cultivadas sob três condições luminosas, em duas datas de (08/08/2006- estágio vegetativo e 13/10/2006- florescimento pleno). Médias de duas espécies e três repetições. Capivari do Sul, RS.

Condição luminosa	Data do corte		Média
	08/08	13/10	
	DIVMO (%)		
Plena	78,9 Aa	71,9 Ab	75,4 A
Sombra fraca	80,1 Aa	72,3 Ab	76,2 A
Sombra moderada	81,4 Aa	72,6 Ab	77,0 A
Média	80,1 a	72,3 b	76,2
	PB (%)		
Plena	24,0	18,4	21,2 B
Sombra fraca	27,7	19,3	23,5 A
Sombra moderada	28,1	20,2	24,2 A
Média	26,6 a	19,3 b	23,00

1) Médias seguidas por letras minúsculas diferentes nas linhas, ou por letras maiúsculas diferentes nas colunas, em cada parâmetro do valor nutritivo, diferem pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

Chama-se atenção para os elevados valores médios de DIVMO e PB, nos dois cortes, que foram de 76,2 e 23%, respectivamente.

4.2.2.2 Gramíneas

A análise da variância dos resultados de DIVMO mostrou efeito significativo de espécie ($P \leq 0,00012$), de data de corte ($P \leq 0,00001$) e da interação data de corte x condição luminosa ($P \leq 0,00035$). Não houve efeito significativo ($P > 0,05$) para condição luminosa e da interação condição luminosa x espécie (Apêndice 15). Para PB houve efeito significativo de data de corte ($P \leq 0,0001$) e da interação data de corte x condição luminosa ($P \leq 0,00429$). O fator condição luminosa apresentou significância ao nível de $P \leq 0,05546$ e o fator espécie ao nível de $P \leq 0,05728$ (Apêndice 16).

Pela análise estatística não foi detectada diferença significativa entre as condições luminosas sobre a digestibilidade, porém pode ser observado que houve uma tendência de incremento na digestibilidade das gramíneas sob sombra, sendo que a DIVMO nas duas condições de sombra foi igual. A aveia-branca apresentou os maiores valores ($P \leq 0,05$) de digestibilidade em todas as condições luminosas avaliadas, em relação ao azevém e a aveia-preta (Tabela 13).

O teor de PB foi incrementado nas condições de sombra, porém não foram observadas diferenças significativas entre o teor de PB sob luz solar plena e sombra moderada, e nem entre as duas condições de sombra. O azevém-anual apresentou menores valores de PB ($P \leq 0,05$) em relação às aveias branca e preta (Tabela 13).

Tabela 13 - Digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica (DIVMO) e teor de proteína bruta (PB) de azevém-anual, aveia-branca e aveia-preta, cultivadas em 2006, sob três condições de luminosidade. Médias de duas datas de corte (08/08/06- estágio vegetativo e 13/10/06- pleno florescimento) e três repetições. Capivari do Sul, RS.

Condição luminosa	Azevém-anual	Aveia-branca	Aveia-preta	Média
	DIVMO (%)			
Plena	66,8	70,1	63,9	66,9 A ¹
Sombra fraca	65,5	71,1	64,9	67,2 A
Sombra moderada	64,6	71,9	64,9	67,2 A
Média	65,6 b ¹	71,1 a	64,6 b	67,1
	PB (%)			Média
Plena	8,4	9,4	8,9	8,9 B
Sombra fraca	9,5	10,3	9,8	9,9 A
Sombra moderada	9,1	9,5	10,2	9,6 AB
Média	9,0 a	9,7 a	9,6 a	9,5

1) Médias seguidas por letras minúsculas diferentes nas linhas, ou por letras maiúsculas diferentes nas colunas, em cada parâmetro do valor nutritivo, diferem pelo teste de Duncan ao nível de significância de 5%.

Da mesma forma, outros trabalhos envolvendo respostas comparativas do teor de proteína bruta em ambiente sombreado e ao sol pleno, reportaram, para gramíneas de ciclo hibernal ou estival, incremento dos teores de PB com o aumento da restrição luminosa (Kephart & Buxton, 1993; Burner & Belesky, 2004; Buergler et al. 2006b).

Varella et al. (2001), na Nova Zelândia, avaliaram os efeitos de diferentes intensidades luminosas (100, 45, 60 e 25%) sobre os teores de PB

de capim-dos-pomares (*Dactylis glomerata* L.), encontrando aumento de 23% do teor de PB com o decréscimo da intensidade luminosa de 100% da transmissão de luz (sol pleno) para 25% (sombra de *Pinus radiata* + ripados de madeira). Os autores atribuíram o maior teor de PB no maior nível de sombreamento à maior mineralização da matéria orgânica do solo sob as árvores em relação ao sol pleno.

Kallembach et al. (2006), no Missouri, EUA, estudando o desempenho de azevém-anual (*Lolium multiflorum*) em mistura com centeio (*Secale cereale* L.) em um sistema silvipastoril com *Pinus* híbrido (*Pinus rígida* Mill. x *P. taeda*) e “black walnut” (*Juglans nigra* L.) de aproximadamente seis anos de idade e a mesma pastagem sem a presença de árvores, verificaram maior qualidade da forragem, sob a sombra da copa das árvores comparada com a ausência de árvores, em virtude do incremento do teor de PB.

Foram encontradas diferenças significativas em termos de PB e DIVMO ($P \leq 0,05$) entre as datas de corte, sendo que na primeira, quando as plantas estavam no estágio vegetativo (aos 104 dias após a semeadura), e na segunda as plantas estavam em florescimento (aos 170 dias após a semeadura) (Tabela 14). Essas diferenças podem ser explicadas, conforme Stone (1994), que esclarece que a idade fisiológica (ou estágio de desenvolvimento) de uma planta é um fator que exerce um profundo efeito sobre muitos parâmetros que afetam o valor nutritivo de uma forragem. O autor destaca entre estes, os constituintes celulares (lipídios, aminoácidos, ácidos nucléicos, polissacarídeos de reserva - amido ou frutose -, qualidade e concentração protéica, etc.) que se constituem, nas gramíneas de estação fria,

em uma importante fonte energética para os ruminantes, especialmente no início do período de utilização (i.e. no início da estação fria). Segundo o autor, a redução dos teores FDN com a senescência, é o principal fator que reduz a DIVMS do azevém-anual. Da mesma forma, o teor de proteínas nas células, no estágio vegetativo de crescimento, em gramíneas de inverno, decresce rapidamente (e em paralelo) com outros constituintes celulares, de acordo com o avanço no desenvolvimento. Outro ponto destacado pelo autor se refere ao aumento do conteúdo de paredes celulares, que nas gramíneas em processo de senescência parece ser a principal fonte de carboidratos fermentáveis, mas que reduz o valor nutritivo.

Tabela 14 - Digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica (DIVMO) e teor de proteína bruta (PB) de azevém-anual, aveia-branca e aveia-preta, cultivadas em 2006, sob três condições luminosas, em duas datas de corte (08/08/06- estágio vegetativo e 13/10/06- pleno florescimento). Médias de três espécies e três repetições. Capivari do Sul, RS.

Condição luminosa	Data do corte		Média	
	08/08	13/10		
	DIVMO (%)			
Plena	77,1 Aa ¹	56,8 Bb	66,9 A	
Sombra fraca	74,2 Ba	60,1 Ab	67,2 A	
Sombra moderada	71,8 Ba	62,6 Ab	67,2 A	
Média	74,3 a	59,8 b	67,1	
	PB (%)		Média	
	Plena	11,2 Ba	6,6 Bb	8,9 B
	Sombra fraca	11,8 Aa	7,9 Ab	9,9 A
	Sombra moderada	10,7 Ba	8,9 Ab	9,8 AB
	Média	11,3 a	7,8 b	9,5

1) Médias seguidas por letras minúsculas diferentes nas linhas, ou por letras maiúsculas diferentes nas colunas, em cada parâmetro do valor nutritivo, diferem pelo teste de Duncan ao nível de significância de 5%.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O rendimento de matéria seca dos genótipos forrageiros avaliados foi reduzido pelo sombreamento. No entanto, os diferentes níveis de sombra, provocaram respostas produtivas diferenciadas entre as gramíneas e as leguminosas. Quando houve aumento da restrição luminosa de sombra fraca para moderada, as gramíneas apresentaram redução média no rendimento de matéria seca de 34 e 57%, enquanto nas leguminosas estas reduções foram de 67 e 73%, respectivamente, em relação à condição luminosa plena.

Quanto ao valor nutritivo, as respostas das plantas ao sombreamento imposto pelas duas densidades arbóreas, foram diferenciadas entre os dois anos de avaliação:

Em 2005, o sombreamento incrementou ($P \leq 0,05$) a DIVMO dos genótipos avaliados. Em 2006, não houve efeito significativo das condições luminosas sobre a DIVMO das forrageiras, porém foi observada uma tendência de incremento nos valores deste parâmetro.

Em 2005 não foram detectadas diferenças significativas entre os teores de PB nas diferentes condições luminosas, já em 2006, houve efeito significativo das condições luminosas sobre o teor de PB, das gramíneas avaliadas, de modo que os maiores valores foram os obtidos sob sombra em

relação à condição luminosa plena, não havendo diferença significativa entre os dois níveis de sombra estudados.

Em 2005 o teor médio de PB do azevém-anual superou o das aveias, diferente do que foi encontrado no segundo ano, onde o azevém-anual apresentou menores valores de PB em relação às aveias branca e preta. Isto, pode ser atribuído ao fato de que no primeiro ano, as plantas de azevém, devido à ação das lebres, permaneceram no estágio vegetativo em todas as condições luminosas na ocasião do corte, enquanto as aveias foram cortadas já em estágio de florescimento, o que provavelmente conferiu maiores teores de PB ao azevém-anual, uma vez que o processo de diferenciação/senescência foi atrasado.

Para as leguminosas, não houve diferença significativa entre as condições de sombra fraca e moderada sobre os teores médios de PB, nos dois anos de avaliação. Em 2006 os teores médios de PB foram maiores sob as condições de sombra em relação à condição luminosa plena.

O valor nutritivo da forragem, independente do ambiente luminoso sob o qual as plantas foram cultivadas, foi maior quando o corte foi realizado no estágio vegetativo, em relação à forragem cortada no início do florescimento ou em florescimento pleno. Assim, tanto para as gramíneas, quanto para as leguminosas foi verificada diferença significativa entre datas de corte, de modo que na primeira data, realizada no estágio vegetativo, indubitavelmente foram encontrados maiores valores de DIVMO e de PB, em relação à segunda data.

Finalmente, cabe ressaltar que neste trabalho não foi possível realizar com precisão a caracterização luminosa dos ambientes ou do microclima nas duas densidades arbóreas avaliadas, devido à falta de equipamentos apropriados, tais como, sensores de monitoração contínua da RFA ou de uma estação meteorológica automática. De posse destas informações, teria sido possível correlacionar os níveis de RFA incidente com o crescimento (ou a produção de matéria seca) das forrageiras, permitindo desenvolver análise de crescimento dos genótipos avaliados, bem como a determinação de densidades arbóreas mais adequadas para utilização silvipastoril. Por outro lado, medidas morfológicas, tais como, relação folha:caule, comprimento de folíolos, comprimento de entrenós, número de perfilhos, etc.. poderiam complementar as informações obtidas neste trabalho, no sentido de esclarecer melhor as relações entre rendimento e valor nutritivo da forragem em função dos tratamentos. Deste modo em futuros trabalhos semelhantes, estas deficiências metodológicas deveriam ser sanadas.

Um aspecto positivo deste trabalho, refere-se à avaliação de forrageiras sob sombra natural de árvores, a qual é uma das melhores ferramentas de trabalho para seleção de genótipos para utilização em SSP (em comparação com sombreamento artificial), em virtude das alterações na qualidade da radiação incidente no sub-bosque. Além deste, outro aspecto a ser ressaltado é a determinação do valor nutritivo das forrageiras sob sombreamento, informação inédita e de alta relevância para estimar o desempenho animal em SSP.

6. CONCLUSÕES

Nas condições em que os experimentos foram realizados, as seguintes conclusões podem ser formuladas:

- 1) O sombreamento reduz a produção de forragem das gramíneas e das leguminosas em relação ao sol pleno.
- 2) Sob sombreamento, a redução do rendimento de forragem das leguminosas é mais acentuada do que a das gramíneas.
- 3) Os dois níveis de sombra, provocam respostas produtivas diferenciadas entre as gramíneas e as leguminosas. O aumento do sombreamento de fraco para moderado, provoca maior redução na produção de forragem das gramíneas do que nas leguminosas.
- 4) Independente das condições luminosas, aveia-branca e aveia-preta apresentam maiores rendimentos de forragem em comparação com azevém-anual.
- 5) Sob sombreamento, o trevo-branco apresenta maior rendimento de forragem do que o cornichão.
- 6) O sombreamento aumenta ou não afeta o teor de proteína bruta (PB) e a digestibilidade *in vitro* (DIVMO) das forrageiras avaliadas.
- 7) O aumento da intensidade de sombreamento não afeta o teor de PB das leguminosas

- 8) Independente das condições luminosas, o trevo-branco e o cornichão apresentam teores de PB e DIVMO equivalentes e elevados, indicativos de maior valor nutritivo em relação às gramíneas.
- 9) Em termos de potencial para utilização em SSP, destacam-se a aveia-branca e a aveia-preta.
- 10) Apesar de seu elevado valor nutritivo, os rendimentos de cornichão e de trevo-branco são fortemente reduzidos sob sombreamento.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAF. **Anuário estatístico da ABRAF**: ano base 2005. Brasília, 2006. 80p.

ACCIARESI, H.; ANSÍN, O. E.; MALLARTS, R. M. Sistemas silvipastoriles: efectos de la densidad arborea en la penetracion solar y produccion de forraje en rodales de alamo (*Populus deltoides* March). **Agroforesteria en las Americas**, La Plata, v. 1, n. 4, p. 6-9, 1994.

ADDISON, H.; CONGDON, R. Legumes for agroforestry systems. In: AUSTRALIAN AGRONOMY CONFERENCE, 10., 2001, Hobart. **Proceedings...** Hobart: Australian Society of Agronomy, 2001. (CD-ROM).

ALLARD, G.; NELSON, C. J.; PALLARDY, S. G. Shade effects on growth of tall fescue. I. Leaf anatomy and dry matter partitioning. **Crop Science**, Madison, v.31, p.163-167, 1991.

ANDERSON, G. W.; BATINI, F. E. Pasture, sheep and timber production from agroforestry systems with subterranean clover sown under 15-year-old *Pinus radiata* by a method simulating aerial seeding. **Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry**, Melbourne, v. 23, p. 123-130, 1983.

ANDRADE, C. M. S.; CARNEIRO, J. C.; VALENTIM, J. F. et al. Efeito do sombreamento sobre as taxas de acumulação de matéria seca de quatro gramíneas forrageiras. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife. **Anais...** Recife: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2002. (CD-ROM).

ARES, A.; ST. LOUIS, D.; BRAUER, D. Trends in tree growth and understory yield in silvopastoral practices with southern pines. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 59, p. 27-33, 2003.

ARES, A.; BRAUER, D. K. Aboveground biomass partitioning in loblolly pine silvopastoral stands: spatial configuration and pruning effects. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 219, p. 176–184, 2005.

ASH, A.; MCIVOR, J. Forage quality and feed intake responses of cattle to improved pastures, tree killing and stocking rate in open eucalypt woodlands of north-eastern Australia. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 131, p. 211-219, 1998.

ASH, A.; MCIVOR, J. How season of grazing and herbivore selectivity influence monsoon tall-grass communities of northern Australia. **Journal of Vegetation Science**, Knivsta, v. 9, p. 123-132, 1998.

AOAC - Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis**. 12 ed. Washington, 1975. 1094p.

AUSSENAC, G. Interactions between forest stands and microclimate: ecophysiological aspects and consequences for silviculture. **Annals of Forest Science**, Versailles, v. 57, p. 287-301, 2000.

AYRES, J. F.; NANDRA, K. S.; TURNER, A. D. A study of the nutritive value of white clover (*Trifolium repens* L.) in relation to different stages of phenological maturity in the primary growth phase in spring. **Grass and Forage Science**, Oxford, v. 53, p. 250-259, 1998.

BAGGIO, A. J. **Sinopse de algumas vantagens e desvantagens dos sistemas silvipastoris com *Pinus* spp.** Curitiba: EMBRAPA-URPFCS, 1983. 10 p. (Circular técnica, 7).

BAGGIO, A. J.; SCHREINER, H. G. Análise de um sistema silvipastoril com *Pinus elliottii* e gado de corte. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Curitiba, n. 16, p. 19-29, 1988.

BAHMANI, I.; VARLET-GRANCHER, C.; HAZARD, L.; MATTHEW, C.; BETIN, M.; LANGLAIS, A.; LEMAIRE, G.; THOM, E. R. Post-flowering tillering in contrasting light environments of two New Zealand perennial ryegrass cultivars with different perennation strategies. **Grass and Forage Science**, Oxford, v. 55, p. 367-371, 2000.

BALOCCHI, O. A.; PHILLIPS, C. J. C. Grazing and fertilizer management for establishment of *Lotus uliginosus* and *Trifolium subterraneum* under *Pinus radiata* in southern Chile. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 37, p. 1-14, 1997.

BIRD, P. R.; KELLAS, J.D.; KEARNEY, G.A.; CUMMING, K.N. Animal production under a series of *Pinus radiata*-pasture agroforestry systems in south-west Victoria, Australia. **Australian Journal of Agricultural Research**, Victoria, v. 46, p. 1299-1310, 1995.

BRDE - BANCO REGIONAL DE DESENVOLVIMENTO DO EXTREMO SUL. **Florestamento na Região Sul do Brasil: Uma Análise Econômica**, 2003. Disponível em: <<http://www.brde.com.br/estudos.asp> >. Acesso em: 25 jun. 2006, 20:30.

BANDARA, G.D.; WHITEHEAD, D.; MEAD, D.J.; MOOT, D.J. Effects of pruning and understorey vegetation on crown development, biomass increment and above-ground carbon partitioning in *Pinus radiata* D. Don trees growing at a dryland agroforestry site. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 124, p. 241-254, 1999.

BELESKY, D.; HALVORSON, J.; RUCKLE, J.; FELDHAKE, C. Production and nutritive value of orchardgrass along a gradient from open pasture to woodland. In: ASA; CSSA; SSSA; CSSS. **Abstracts...** Madison, 2002. (CD-ROM).

BELSKY, A.J. Effects of trees on nutritional quality of understore gramineous forage in tropical savannas. **Tropical Grasslands**, Brisbane, v. 26, n. 1, p. 12-20, 1992.

BERGEZ, J. E.; DALZIEL A. J. I.; DULLER, C.; EASON, W.R.; HOPPE, G.; LAVENDER, R.H. Light modification in a developing system in the UK: a quantitative analysis. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 37, p. 227-240, 1997.

BOARDMAN, N. K. Comparative photosynthesis of sun and shade plants. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v.28, p.355-377, 1977.

BUERGLER, A. L. **Forage production and nutritive value in a temperate Appalachian silvopasture**. 2004. 265 f. Thesis (MSc. in Crop and Soil Environmental Sciences) - Faculty of the Virginia, Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, 2004.

BUERGLER, A. L.; FIKE, J. H.; BURGER, J. A.; FELDHAKE, C. R.; MCKENNA, J. A.; TEUTSCH, C. D. Botanical composition and forage production in an emulated silvopasture. **Agronomy Journal**, Madison, v. 97, p. 1141-1147, 2005.

BUERGLER, A. L.; FIKE, J. H.; BURGER, J. A.; FELDHAKE, C. R.; MCKENNA, J. A.; TEUTSCH, C. D. Forage nutritive value in an emulated silvopasture. **Agronomy Journal**, Madison, v. 98, n. 5, p. 1265-1273, 2006b.

BURNER, D.M.; BRAUER, D.K. Herbage response to spacing of loblolly pine trees in a minimal management silvopasture in southeastern USA. **Agroforestry System**, Dordrecht, v. 57, p. 69-77, 2003.

BURNER, D.M., AND D.P BELESKY. Diurnal effects on nutritive value of alley-cropped orchardgrass herbage. **Crop Science**, Madison, v. 44, p. 1776-1780, 2004.

BURROWS, W. H.; SCANLAN, J. C.; RUTHERFORD, M. T. (eds.) **Native Pastures in Queensland: Their resources and their management.** Brisbane: Department of Primary Industries 1988. (Information Series QI87023).

CAMERON, D.M.; RANCE, S.J.; JONES, R.M.; CHARLES-EDWARDS, D.A.; BARNES, A. Project STAG: an experimental study in agroforestry. **Australian Journal of Agricultural Research**, East Melbourne, v. 40, n. 3, p. 699-674, 1989.

CAMERON, D.M.; RANCE, S.J.; JONES, R.M.; CHARLES-EDWARDS, D.A. Tree and pastures: a study on the effects of spacing. **Agroforestry Today**, East Melbourne, v. 3, n. 1, p. 8-9, 1991.

CANBOLAT, O.; KAMALAK, A.; OZKAN, C. O.; EROL, A.; SAHIN, M.; KARAKAS, E. OZKOSE, E. Prediction of relative feed value of alfalfa hays harvested at different maturity stages using *in vitro* gas production. **Livestock Research for Rural Development**, Cali, v. 18, n. 2, 2006.

CARVALHO, M. M.; FREITAS, V. de P.; XAVIER, D. F. Início de florescimento, produção e valor nutritivo de gramíneas forrageiras tropicais sob condição de sombreamento natural. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, p. 717-722, 2002.

CASTILHOS, Z.M.S.; SAVIAN, J.F.; AMARAL, H.R.B. do; BARRO, R.S.; SANTOS, E.M. dos; PIPPI, M.C.; BELTRÃO, L. **Sistema silvipastoril com acácia negra e pastagens tropicais.** Porto Alegre: FEPAGRO, 2002. 4 p. (Comunicado Técnico, 5).

CASTILHOS, Z.M.S.; SAVIAN, J.F.; BARRO; R.S.; FERRÃO, P.S.; AMARAL, H. R.B. Desempenho de cultivares de *Panicum maximum* Jacq. ao sol e sob bosque de eucalipto. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40., 2003, Santa Maria, RS. **Resumos...** Santa Maria: UFSM, 2003.

CASTRO, C.R.T.; CARVALHO, M. M.; GARCIA, R. Produção forrageira e alterações morfológicas em gramíneas cultivadas sob luminosidade reduzida. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34., Juiz de Fora, 1997. **Anais...** Juiz de Fora: Sociedade Brasileira de Zootecnia, Forragicultura, 1997. v. 2, p. 338-340.

CASTRO, C. R. T.; GARCIA, R.; CARVALHO, M. M.; FREITAS, V. P. Efeitos do sombreamento na composição mineral de gramíneas forrageiras tropicais. **Revista Brasileira De Zootecnia**, Viçosa, v. 30, p. 1959-1968, 2001. (Suplemento, 6)

CARVALHO, M.M. Utilização de sistemas silvipastoris. In: SIMPÓSIO SOBRE ECOSSISTEMAS DE PASTAGENS, 3., 1997, Jaboticabal-SP. **Anais...** Jaboticabal: FCAV/UNESP, 1997. p. 164-207.

CARVALHO, R. M. M. A.; SOARES, T. S.; VALVERDE, S. R.. Caracterização do setor florestal: uma abordagem comparativa com outros setores da economia. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 15, n. 1, p. 105-118, 2005.

CLASON, T.R. Silvopastoral practices sustain timber and forage production in commercial loblolly pine plantations of northwest Louisiana, USA. **Agroforestry System**, Dordrecht, v. 44, p. 293–303, 1999.

CLOSE, W.; MENKE, K. H. **Selected topics in animal nutrition**. Hokenheim, Germany: DSIE, 1986. 254p.

CONGDON, B.; ADDISON, H. **Optimising nutrition for productive and sustainable farm forestry system**. RIRC/Land & Water Australia/FWPRDC MDBC Joint Venture Agroforestry Program, 2003. Disponível em: <<http://www.rirc.gov.au/>>. Acesso em: 16 abr. 2006.

COSTA, N. L.; PAULINO, V. T.; IGREJA, A. C. M.; TOWNSEND, C. R.; MAGALHÃES, J. A.; PEREIRA, R. G. A.; PAULINO, T. S. Agronomic evaluation of forage grasses under mature rubber plantation. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 19., 2001, São Pedro **Anais...** São Pedro, SP: FEALQ, São Pedro, SP, 2001. p. 667-668.

CHU, A. C. P.; ROBERTSON, A. G. The effects of shading and defoliation on nodulation and nitrogen fixation by white clover. **Plant and Soil**, The Hague, v. 47, p. 509-519, 1974.

CRUZ, P. Effect of shade on the growth and mineral nutrition of a C4 perennial grass under field conditions. **Plant and Soil**, The Hague, v. 188, p. 227–237, 1997.

CUTTER, B.E.; HUNT, K.; HAYWOOD, J.D. Tree/Wood Quality in Slash Pine Following Longterm Cattle Grazing. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 44, p. 305–312, 1999.

DAGANG, A.B.K.; NAIR, P.K.R. Silvopastoral Research and Adoption in Central America: Recent Findings and Recommendations for Future Directions. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 59, p. 149-155, 2003.

DELATE, K.; HOLZMUELLER, E.; FREDERICK, D. D.; MIZE, C.; BRUMMER, C. Tree establishment and growth using forage ground covers in an alley-cropped system in Midwestern, USA. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 65, p. 43–52, 2005.

ENGEL, V. L.; POGGIANI, F. Influência do sombreamento sobre o crescimento de mudas de algumas essências nativas e suas implicações ecológicas e silviculturais. **IPEF**, Piracicaba, v. 43/44, p. 1-10, 1990.

ERIKSEN, F. I.; WHITNEY, A. S. Effects of light intensity on growth of some tropical forage species. I: Interaction of light intensity and nitrogen fertilization on six forage grasses. **Agronomy Journal**, Madison, v. 73, n. 3, p. 427-433, 1981.

FASSOLA, H. E.; LACORTE, S. M.; PACHAS, A. N.; PEZZUTI, R. Factores que influncian la producción de biomasa forrajera de *Axonopus jesuiticus* Valls, bajo dosel de *Pinus taeda* L. en el nordeste de Corrientes, **Revista de Investigaciones Agropecuarias**, Buenos Aires, v. 34, n. 3, p. 21-38, 2005.

FASSOLA, H.E.; FERRERE, P.; LACORTE, S.M. Predicción de la producción de un pastizal bajo distintas estructuras de canopia de *Pinus taeda* L. en el Noreste de Corrientes, Argentina. **Revista de Investigaciones Agropecuarias**, Buenos Aires, v. 31, n. 2, p. 72-96, 2001.

FELDHAKE, C. M.; BELESKY, D. P. Photosynthetically active radiation use efficiency of *dactylis glomerata* in a hardwood silvopasture. In: THE NORTH AMERICAN AGROFORESTRY CONFERENCE – AFTA, 9., 2005, Rochester. **Proceedings...** Rochester, 2005. (CD-ROM)

FERNANDEZ, M. E.; GYENGE, J. E.; DALLA SALDA, G.; SCHLICHTER, T. M. Silvopastoral systems in northwestern Patagonia I: growth and photosynthesis of *Stipa speciosa* under different levels of *Pinus ponderosa* cover. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 55, p. 27–35, 2002.

FORD, C.W.; MORRISON, I.M.; WILSON, J.R. Temperature effects on lignin, hemicellulose and cellulose in tropical and temperate grasses. **Australian Journal of Agricultural Research**, Victoria, v. 30, p. 621-633, 1979.

FUCKS, L.F.M. **Dinâmica da pastagem nativa, desempenho de ovinos e desenvolvimento arbóreo em sistema silvipastoril com três populações de *Eucalyptus saligna***. 1999. 174 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 1999.

GARCIA, R.; ANDRADE, C.M.S. Sistemas silvipastoris na Região Sudeste. In: SISTEMAS AGROFLORESTAIS PECUÁRIOS: opções de sustentabilidade para áreas tropicais e subtropicais, 2001, Juiz de Fora, MG. **Anais...** Juiz de Fora, MG: EMBRAPA-CNPGL; Brasília: FAO, 2001. v.1. p. 173-187.

GARCIA, R.; COUTO, L. Sistemas silvipastoris: experiência no Estado de Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E PLANEJAMENTO FLORESTAL, 2., 1991, Curitiba-PR. **Anais...** Colombo: EMBRAPA-CNPFL, 1992. v. 1, p. 201-210.

GARCIA, R.; COUTO, L. Sistemas silvipastoris: tecnologia emergente de sustentabilidade. In: SIMPOSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTEJO, 1997, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa: UFV. DZO, 1997. p. 447-471.

GARRETT, H.E.; KERLEY, M.S.; LADYMAN, K.P.; WALTER, W.D., GODSEY, L.D.; VANSAMBEEK, J.W.; BRAUER, D.K. Hardwood silvopasture management. In: NAIR, P.K.R.; RAO, M.R.; BUCK, L.E. (eds.) **New Vistas in Agroforestry: A compendium for the 1st World Congress of Agroforestry.** Dordrecht: Kluwer, 2004. p. 21-33.

GAUTIER, H.; VARLET-GRANCHER, C.; HAZARD, L. Tillering responses to the light environment and to the defoliation in populations of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) selected for contrasting leaf length. **Annals of Botany**, Londres, v. 83, p. 423-429, 1999.

GIVNISH, T. J. Adaptation to sun and shade: a whole-plant perspective. **Australian Journal of Plant Physiology**, Melbourne, v. 15, p. 63-92, 1988.

GLUFKE, C.; FINGER, C.A.G.; SCHNEIDER, P.R. Crescimento de *Pinus elliottii* Engelm. sob diferentes intensidades de desbaste. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 7, n. 1, p. 11-25, 1997.

GOLD, M. A.; HANOVER, J. W. Agroforestry systems for the temperate zone. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 5, p. 109-121, 1987.

GUTMANIS, D.; LOURENÇO, A.J.; ALCANTARA, V.B.G.; COLOZZA, M.T. Nutritive quality of tropical grasses sown under a pine plantation. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 19., 2001, São Pedro, SP. **Proceedings...** São Pedro, SP: FEALQ, 2001. p. 664-668.

HAWKE, M. F.; WEDDERBURN M. E. Microclimate changes under *Pinus radiata* agroforestry regimes in New Zealand. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 71, p. 1433-1455, 1994.

HEALEY, K. D.; RICKERT, K. G.; HAMMER, G. L.; BANGE, M. P. Radiation use efficiency increases when the diffuse component of incident radiation is enhanced under shade. **Australian Journal of Agricultural Research**, Victoria, v. 49, p. 665-672, 1998.

JACKSON, J.; ASH, A. J. Tree-grass relationships in open *Eucalypt* woodlands of northeastern Australia: influence of trees on pasture productivity, forage quality and species distribution. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 40, 159 - 176, 1998.

JOHNSON, S. E.; SOLLENBERGER, L. E.; ANDRADE, I. F.; BENNETT, J. M. Nutritive value of rhizoma peanut growing under varying levels of artificial shade. **Agronomy Journal**, Madison, v. 94, p. 1071–1077, 2002.

JOSE, S.; GILLESPIE, A. R.; SEIFERT, J. R.; MENGEL, D. B.; POPE, P. E. Defining competition vectors in a temperate alleycropping system in the midwestern USA: 3. Competition for nitrogen and litter decomposition dynamics. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 48, p. 61-77, 2000.

JOSE, S.; GILLESPIE, A. R.; PALLARDY, S. G. Interspecific interactions in temperate agroforestry. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 61-62, p. 237-255, 2004.

KALLENBACH, R. L.; BISHOP-HURLEY, G. J.; MASSIE, M. D.; KERLEY, M. S.; ROBERTS, C. A. Stockpiled annual ryegrass for winter forage in the lower Midwestern USA. **Crop Science**, Madison, v. 43, p. 1414-1419, 2003.

KALLENBACH, R. L.; KERLEY, M. S.; BISHOP-HURLEY, G. J. Cumulative forage production, forage quality and livestock performance from an annual ryegrass and cereal rye mixture in a pine walnut silvopasture. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 66, n. 1, 2006.

KELLAS, J. D.; BIRD, P. R.; CUMMING, K. N.; KEARNEY, G. A.; ASHTON, A. K. Pasture production under a series of *Pinus radiata*-pasture agroforestry systems in south-west Victoria, Australia. **Australian Journal of Agricultural Research**, Victoria, v. 46, p. 1285–1297, 1995.

KEPHART, K.D.; BUXTON, D.R. Forage quality responses of C₃ and C₄ perennial grasses to shade. **Crop Science**, Madison, v. 33, p. 831-837, 1993.

KEPHART, K.D.; BUXTON, D.R. Growth of C₃ and C₄ perennial grasses under reduced. **Crop Science**, Madison, v. 32: 1033–1038, 1992.

KNOWLES, R.L.; HORVATH, G.C.; CARTER, M.A.; HAWKE, M.F. Developing canopy closure model to predict overstorey/understorey relationships in *Pinus radiata* silvopastoral systems. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 43, p. 109-119, 1999.

KNOWLES, R. L.; HAWKE, M. F.; MACLAREN, J. P. **Agroforestry research at Tikitere**. Christchurch: New Zealand Forest Service. Forest Research Institute, 1992. 19p.

LADYMAN, K. P.; KERLEY, M. S.; KALLENBACH, R. L.; GARRETT, H. E.; VAN SAMBEEF, J. W.; NAVARRETE-TINDAU, N. E. Quality and Quantity Evaluations of Shade Grown Forages. In: THE NORTH AMERICAN AGROFORESTRY CONFERENCE – AFTA, 8., 2003, Corvallis. **Proceedings...** Corvallis, 2003. p. 175-181.

LIN, C. H.; MCGRAW, R. L.; GEORGE, M. F.; GARRETT, H. E. Shade effects on forage crops with potential in temperate agroforestry practices. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 44, p. 109-119, 1999.

LIN, C. H.; MCGRAW, R. L.; GEORGE, M. F.; GARRETT, H. E. Nutritive quality and morphological development under partial shade of some forage species with agroforestry potential. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 53, p. 269-281, 2001.

LUCAS, N. M. **Desempenho animal em sistema silvipastoril com acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.) e rendimento de matéria seca de cultivares de *Panicum maximum* Jacq. sob dois regimes de luz solar.** 2004. 127 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

LUNDGREN, B. What is agroforestry? **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 1, n. 1, p. 7-12, 1982.

LUDWIG, F.; DE KROON, H.; PRINS, H.H.T.; BERENDSE, F. The effect nutrients and shade on tree grass interactions on an East African savanna. **Journal of Vegetation Science**, Knivsta, v. 12, p. 579-588, 2001.

MALAJCZUK, G.; MOORE, R.; ANDERSON, G. The economics of agroforestry with pine and pasture in the 500 to 700 mm annual rainfall zone of Western Australia. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 33, p. 51-74, 1996.

MALUF, J.R.T. Zoneamento Agroclimático. In: PLANO integrado para o desenvolvimento do Litoral Norte do Rio Grande do Sul: adequação de uso do solo. Porto Alegre : EMMA, 1978. 2 v., p. 15-296.

MALUF, J.R.T. Nova classificação climática do Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 8, n. 1, p. 141-150, 2000.

MARCUVITZ, S.; TURKINGTON, R. Differential effects of light quality, provided by different grass neighbours, on the growth and morphology of *Trifolium repens* L. (white clover). **Oecologia**, Berlim, v. 125, p. 293-300, 2000.

MASUDA, Y. Comparisons of *in vitro* dry matter digestibility of forage oats grown under different temperatures and light intensities. **Journal of the Faculty of Agriculture, Kyushu University**, Fukuoka, v. 21, p. 17-24, 1977.

MCGRAW, R. L.; STAMPS, W. T.; LINIT, M. J. Yield and maturation of alfalfa in a black walnut alley-cropping practice. In: THE NORTH AMERICAN AGROFORESTRY CONFERENCE – AFTA, 9., 2005, Rochester. **Proceedings...** Rochester, 2005. (CD-ROM)

MONTEITH, J. L.; ONG, C. K.; CORLETT, J. E. Microclimatic interactions in agroforestry systems. In: JARVIS, P.G. (Ed.). **Agroforestry: principles and practice**. Amsterdam: Elsevier, 1991. 336p.

MOSQUERA-LOSADA, M. R.; FERNANDEZ-NUNEZ, E.; RIGUEIRO-RODRIGUEZ, A. Pasture, tree and soil evolution in silvopastoral systems of Atlantic Europe. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 232, n. 1-3, p. 135-145, 2006.

NABINGER, C. Manejo e produtividade das pastagens nativas do subtropical brasileiro. In: SIMPÓSIO DE FORRAGEIRAS E PRODUÇÃO ANIMAL: Importância e potencial produtivo da pastagem nativa, 2006, Porto Alegre, RS, **Anais...** Canoas, RS: Editora da ULBRA, 2006. p. 25-76.

NAC – National Agroforestry Center. **Notas de Agroforestería: de sistemas pastoriles a silvopastoriles**. Lincoln: USDA/NAC, 2000. 4p.

NAIR, P.K.R. **Introduction to Agroforestry**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1993. 499p.

NEEL, J. P. S.; FELDHAKKE, C. M.; BELESKY, D. P. Forage nutritive value and performance of lambs in a silvo-pastoral system. **Proceedings of the American Forage and Grassland Council**, Lafayette, Louisiana, v. 12, p. 303-307, 2003.

NOWAK, J.; BLOUNT, A. WORKMAN, S. **Integrated Timber, Forage, and Livestock Production: Benefits of silvopasture**. Gainesville: Florida Cooperative Extension Service: IFAS: University of Florida, 2002. 7 p. (Circular 1430).

ONG, C. K.; LEAKEY, R. R. B. Why tree-crop interactions in agroforestry appear at odds with tree-grass interactions in tropical savannahs. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 45, n. 1, p. 109-129, 1999.

OVALLE, C.; AVENDAÑO, J. Utilización silvopastoral del espinal. II. Influencia del espino (*Acacia caven* (Mol.) Hook et Arn.) sobre algunos elementos del medio. **Agricultura Técnica**, Santiago, v. 44, n. 4, p. 353-362, 1984.

PACIULLO, D. S. C.; AROEIRA, L. J. M. Sistemas silvipastoris para a produção de leite. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 23., 2006, Piracicaba, SP. **Anais...** Piracicaba, SP, 2006. p. 327-351.

PAPANASTASIS, V.; KOUKOURA, Z.; ALIFRAGIS, D.; MAKEDOS, L. Effects of thinning, fertilisation and sheep grazing on the understory vegetation of *Pinus pinaster* plantations. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 77, p. 181-189, 1995.

PASTRELLO, C. P. **Anualpec 2006**: anuário da pecuária brasileira. São Paulo: Instituto FNP, 2006. 369 p.

PAYNE, W. J. A. A review of the possibilities for integrating cattle and crop production systems in the tropics. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.12, n. 1, p. 1-36, 1985.

PERI, P. L. **Leaf and canopy photosynthesis models for cocksfoot (*Dactylis glomerata* L.) grown in a silvopastoral system**. 2002. 291 f. Thesis (PhD) - Lincoln University, Lincoln, Canterbury, New Zealand, 2002.

PERI, P. L.; GARGAGLIONE, V.; PASTUR, G. M. Dynamics of above- and below-ground biomass and nutrient accumulation in an age sequence of *Nothofagus antarctica* forest of Southern Patagonia. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 233, n. 1, p. 85-99, 2006.

PERI, P. L.; MOOT, D. J.; MCNEIL, D. L. Validation of a canopy photosynthesis model for cocksfoot pastures grown under different light regimes. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 67, p. 259–272, 2006.

REYNOLDS, S. G. **Pasture-cattle-coconut systems**. Rome: FAO, 1995. 668 p.

RUARK, G. A.; SCHOENEBERGER, M. M.; NAIR, P. K. R. Agroforestry: helping to achieve sustainable forest management. In: UNITED NATIONS FORUM FOR FORESTS: Intersessional experts meeting on the role of planted forests in sustainable forest management, Wellington, 2003. **Reports...** Wellington: UNFF, 2003. p. 1–13.

SAIBRO, J. C. **Programa de estímulo à integração de grupos e centros de pesquisa com o setor empresarial. Integração Silvopastoril de Eucalipto com Pastagens na Depressão Central no Rio Grande do Sul**. (Proc. Nº 91/1684-3). Porto Alegre: FAPERGS: RIOCELL S.A.: UFRGS, 1992. 101 p. (Relatório Técnico Anual).

SAIBRO, J.C. 2001. Animal production from tree-pasture association systems in Brazil. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 19., 2001, São Pedro, SP. **Palestra...** São Pedro, SP : FEALQ, 2001. p. 637-643.

SAMARAKOON, S. P.; WILSON, J. R.; SHELTON, H. M. Growth, morphology and nutritive value of shaded *Stenotaphrum secundatum*, *Axonopus compressus* and *Pennisetum clandestinum*. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 114, p. 161-169, 1990.

SARTOR, L. R.; MEZZALIRA, J. C.; SOARES, A. B. Produção de forrageiras hibernais em sistema silvopastoril. In: REUNIÃO DO GRUPO TÉCNICO EM FORRAGEIRAS DO CONE SUL ZONA CAMPOS, 11., 2006, Pelotas, RS. **Anais...** Pelotas, RS, 2006. (CD ROM).

SCANLAN, J. C.; BURROWS, W. H. Woody overstorey impact on herbaceous understorey in *Eucalyptus* spp. communities in central Queensland. **Australian Journal of Ecology**, Carlton, v. 15, p. 191-197, 1990.

SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G.; HOPPE, J. M. Efeito da intensidade de desrama na produção de *Pinus elliottii* Engelm., implantado em solo pobre, no estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.9, n.1, p. 35-46, 1999.

SCHREINER, H. G. Associação de leguminosas com plantios florestais para cobertura e melhoramento do solo. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Curitiba, n. 17, p. 1-12, 1988.

SEBRAE - Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas; FARSUL - Federação da Agricultura do Rio Grande do Sul; SENAR - Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. **Diagnóstico de sistemas de produção da bovinocultura de corte do Estado do Rio Grande do Sul**: Relatório de pesquisa. Porto Alegre: UFRGS.IEPE, 2005. 265 pp.

SELLE, G. L. **Influência dos fatores ambientais na classificação de sítio para *Pinus taeda* L. na região de Cambará do Sul, RS, Brasil**. 1993. 85 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 1993.

SEVERINO, C. C. Sistemas de manejo agroflorestal no Chile: descrição de um experimento de manejo silvipastoril com *Pinus radiata*. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Curitiba, n. 18/19, p. 23-30, 1989.

SHELTON, H.M.; HUMPREYS, L.M.; BATELLO, C. Pastures in the plantations of Asia and the Pacific: performance and prospect. **Tropical Grassland**, Brisbane, v. 21, n. 4, p. 159-168, 1987.

SHIMIZU, J. Y.; MEDRADO, M. J. S. **Cultivo do *Pinus***, 2005. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Pinus/CultivodoPinus/index.htm>>. Acesso em: 06 nov. 2006, 21:45.

SIBBALD, A. R.; GRIFFITHS, J. H.; ELSTON, D. A. Herbage yield in agroforestry systems as a function of easily measured attributes of the tree canopy. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 65, p. 195-200, 1994.

SILVA, J. L. S. **Produtividade de componentes de um sistema silvipastoril constituído por *Eucalyptus saligna* Smith e pastagens cultivada e nativa no Rio Grande do Sul**. 1998. 178 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1998.

SILVA, J. L. S.; BARRO, R. S. O estado da arte em integração silvipastoril. In: CICLO DE PALESTRAS EM PRODUÇÃO E MANEJO DE BOVINOS - ÊNFASE: PRODUÇÃO ANIMAL: MITOS, PESQUISA E ADOÇÃO DE TECNOLOGIA, 10., 2005, Canoas. **Anais...** Canoas: Ed. ULBRA, 2005. p. 45-107.

SILVA, J. L. S.; SAIBRO, J. C. Utilização e manejo de sistemas silvipastoris. In: CICLO DE PALESTRAS EM PRODUÇÃO E MANEJO DE BOVINOS DE CORTE - ÊNFASE: MANEJO E UTILIZAÇÃO SUSTENTÁVEL DE PASTAGENS, 1998, Canoas, **Anais...** Canoas: Ed. da ULBRA, 1998. p. 3-28.

SILVA-PANDO, F. J.; GONZALEZ-HERNANDEZ, M. P.; ROZADOS-LORENZO, M. J. Pasture production in a silvopastoral system in relation with microclimate variables in the Atlantic coast of Spain. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 56, p. 203-211, 2002.

SOSTER, M. T. B.; SCHEFFER-BASSO, S. M.; DALL'AGNOL, M.; BRUSTOLIN, R.; FONTANELI, R. S. Caracterização agronômica de genótipos de cornichão (*Lotus corniculatus* L.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 33, n. 6, p. 1662-1671, 2004.

SOUTO, S. M.; ARONOVICH, S. **Sombreamento em forrageiras**: Aspectos agronômicos e microbiológicos. Seropédica: EMBRAPA-CNPBS, 1992. 43p.(EMBRAPA-CNPBS. Documentos,10).

SOUZA, R. P.; VÁLIO, I. F. M. Leaf optical properties as affected by shade in saplings of six tropical tree species differing in successional status. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Piracicaba, v. 15, n. 1, p. 49-54, 2003.

STONE, B. A. Prospects for improving the nutritive value of temperate, perennial pasture grasses. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, Wellington, v. 37, p. 349-363, 1994.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

TIEDEMANN, A. R.; KLEMMEDSON, J. O.; OGDEN, P. R. Response of four perennial southwestern grasses to shade. **Journal of Range Management**, Denver, v. 24, p. 442-447, 1971.

TILLEY J. M. A., TERRY, R. A. A two stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. **Journal of the British Grassland Society**, Aberystwyth, v. 18, p. 104-111, 1963.

TORQUEBIAU, E. A renewed perspective on agroforestry concepts and classification. **Comptes Rendus de l'Academie des Sciences. Series III Sciences de la Vie**, Montrouge, v. 323, n. 11, p. 1009-1017, 2000.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of ruminant**. New York: Cornell University Press, 1982. 373 p.

VARELLA, A. C. **Uso de herbicidas e de pastejo para o controle da vegetação nativa no ano do estabelecimento de três densidades de *Eucalyptus saligna* Smith**. 1997. 101 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1997.

VARELLA, A. C.; PERI, P. L.; LUCAS, R. J.; MOOT, D. J.; McNEIL, D. L. Dry matter production and nutritive value of alfalfa (*Medicago sativa* L.) and orchardgrass (*Dactylis glomerata* L.) under different light regimes. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 19., 2001, São Pedro, SP. **Anais...** São Pedro, SP: FEALQ, 2001. p. 658-659.

VEIGA, J.B.; SERRÃO, E.A.S. **Sistemas silvipastoris e produção animal nos trópicos úmidos: a experiência da Amazônia brasileira**. Campinas: SBZ: FEALQ, 1990. p. 37-68.

WATSON, V. H.; HAGEDORN, C.; KNIGHT, W. E.; PEARSON, H. A. Shade tolerance of grass and legume germplasm for use in the southern forest range. **Journal of Range Management**, Denver, v. 37, n. 3, p. 229-232, 1984.

WILD, D. W. M.; WILSON, J. R.; STÜR, W. W.; SHELTON, H. M. Shading increases yield of nitrogen-limited tropical grasses. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 17., Rockhampton. **Proceedings...** Rockhampton, 1993. p. 2060-2062.

WILSON, J. R.; WONG, C. C. Effects of shade on some factors influencing nutritive quality of green panic and siratro pastures. **Australian Journal of Agricultural Research**, Melbourne, v. 33, n. 6, p. 937-949, 1982.

WILSON, J. R.; LUDLOW, M. M. The environment and potential growth of herbage under plantation. In: WORK SHOP, 32., 1990, Sanur Beach, Bali-Indonesia. **Proceeding...** Sanur Beach: Australian Center for International Agricultural Research, 1990. p. 10-24.

WILSON, J. R.; HILL, K.; CAMERON, D. M.; SHELTON, H. M. The growth of *Paspalum notatum* under the shade of a *Eucalyptus grandis* plantation canopy or in full sun. **Tropical Grassland**, Brisbane, v. 24, p. 24-28, 1990.

WILSON, J. R.; WILD, D. W. M. Improvement of nitrogen nutrition and grass growth under shading. In: SHELTON, H. M.; STÜR, W. W. (Eds.) **Forages for plantation crops**, Canberra, Australia: ACIAR, 1991. p. 77. (ACIAR Proceedings, 32).

WILSON J. R.; WILD D. W. M. Nitrogen availability and grass yield under shade environments. In: MULLEN, B. F.; SHELTON, H. M. (Eds.) **Integration of Ruminants into Plantations Systems in Southeast Asia**. Canberra, Austrália: ACIAR, 1995. p. 42-48. (ACIAR Proceedings, 64).

WILSON, J. R.; WONG, C. C. Effects of shade on some factors influencing nutritive quality of green panic and siratro pastures. **Australian Journal of Agricultural Research**, Melbourne, v. 33, n. 6, p. 937-949, 1982.

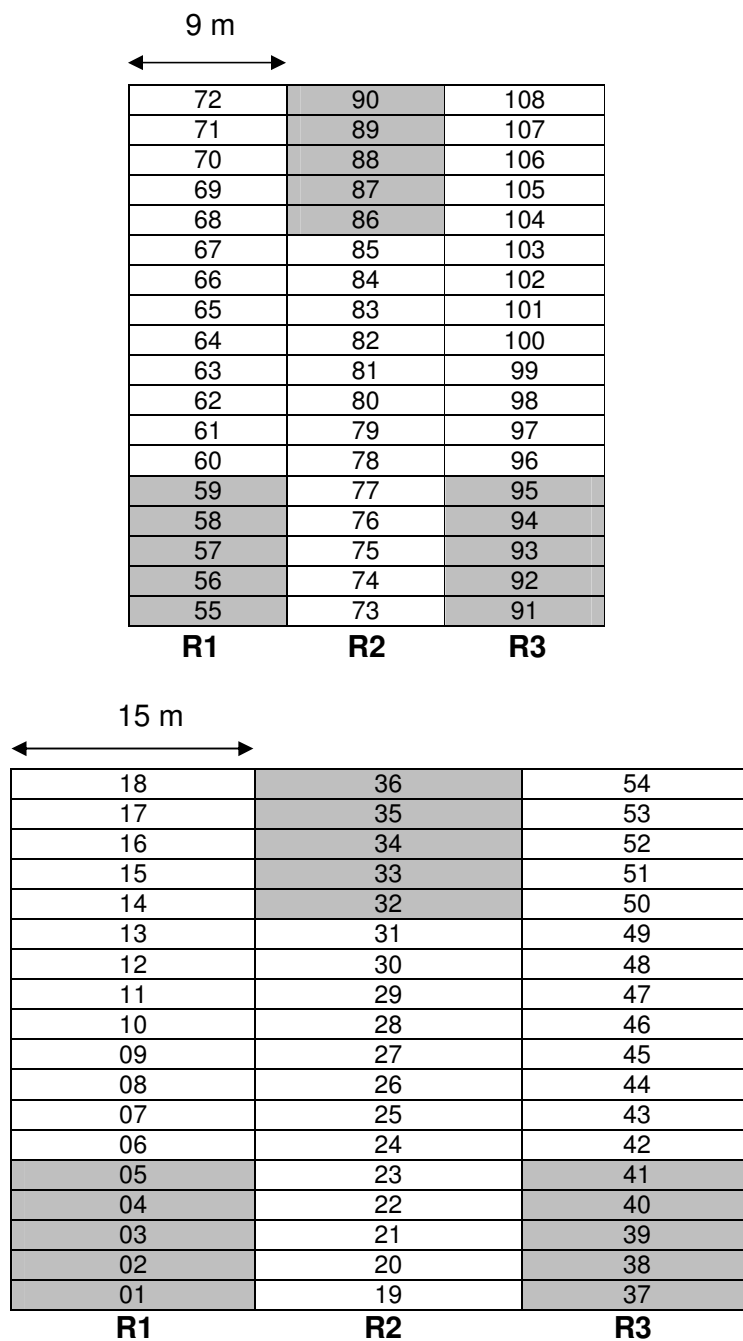
WONG, C. C. Shade tolerance of tropical forage: a review. In: WORK SHOP, 32., 1990, Sanur Beach, Bali-Indonesia. **Proceedings...** Sanur Beach: Australian Center for International Agricultural Research, 1990. p. 64-69.

WONG, C. C.; WILSON, J. R. The effect of shade on the growth and nitrogen content of green panic and siratro in pure and mixed swards defoliated at two frequencies. **Australian Journal of Agricultural Research**, Melbourne, v. 31, p. 269-285, 1980.

ZONTA, E. P.; MACHADO, A. **Sistema de análise estatística (SANEST)**. Pelotas: UFPel/Instituto de Física e Matemática, 1986. 399 p.

8. APÊNDICES

APÊNDICE 1 - Diagrama de campo (disposição das parcelas).



Espécie	N.º parcelas					
Trevo branco	02	36	38	59	87	91
Cornichão	01	33	39	56	89	93
Azevém-anual	03	32	37	57	90	94
Aveia preta	05	35	40	58	88	92
Aveia branca	04	34	41	55	86	95

APÊNDICE 2 - Características químicas do solo, em sub-bosque de *Pinus elliottii* entre 9 e 10 anos de idade (em duas densidades arbóreas), e fora do bosque na profundidade de 0 a 20 cm. Média de três repetições com dez subamostragens (quatro datas de amostragens). Capivari do Sul, RS

Característica		01/03/05	30/01/06	09/08/06	19/12/06
Fora do bosque	pH	4,5	5,2	5,6	5,8
	SMP	6,6	6,5	6,5	7,0
	MO-%	1,2	1,4	1,4	1,2
	Al- cmol _c /dm ³	0,5	0,2	0,0	0,0
	P- mg/dm ³	19	57	55	52
	K- mg/dm ³	55	77	38	63
	Ca-cmol _c /dm ³	0,2	0,9	1,3	1,5
	Mg-cmol _c /dm ³	0,1	0,6	0,6	0,6
	CTC-cmol _c /dm ³	2,7	4,1	4,1	3,8
333 árvores/ha	pH	4,6	5,0	5,2	4,7
	SMP	6,5	6,7	6,7	6,7
	MO-%	0,7	0,7	1,3	0,5
	Al- cmol _c /dm ³	1,4	0,3	0,3	0,6
	P- mg/dm ³	1,7	25	21	30
	K- mg/dm ³	14	51	29	47
	Ca-cmol _c /dm ³	0,1	0,7	1,1	0,8
	Mg-cmol _c /dm ³	0,1	0,5	0,5	0,3
	CTC-cmol _c /dm ³	2,7	3,3	3,7	3,2
555 árvores/ha	pH	4,5	5,2	5,3	5,2
	SMP	6,6	6,7	6,6	7,0
	MO-%	0,8	0,9	1,0	0,5
	Al- cmol _c /dm ³	1,2	0,2	0,5	0,3
	P- mg/dm ³	2,1	18	12	30
	K- mg/dm ³	14	41	28	53
	Ca-cmol _c /dm ³	0,1	1,1	0,7	0,8
	Mg-cmol _c /dm ³	0,1	0,7	0,4	0,4
	CTC-cmol _c /dm ³	2,4	3,5	3,8	2,7

APÊNDICE 3 - Precipitação pluvial, temperaturas máximas, médias e mínimas, registradas a 1,5 m acima do solo. Leituras diárias realizadas as 12 horas locais, na sede da Empresa Flosul Madeiras nos dois períodos experimentais (2005 e 2006). Capivari do Sul, RS.

ANO	MÊS	PRECIPITAÇÃO (mm)	T MÁX (°C)	T MIN (°C)	T MÉDIA
2005	JUNHO	70,85	24,43	16,22	20,33
	JULHO	89,75	21,64	11,78	16,71
	AGOSTO	173,95	23,33	13,68	18,51
	SETEMBRO	162,45	19,80	13,20	16,50
	OUTUBRO	202,75	24,00	15,77	19,89
	NOVEMBRO	42,75	27,20	17,60	22,40
	DEZEMBRO	31,70	28,31	18,90	23,60
	TOTAL		774,20	24,10	15,31
2006	MARÇO	62,75	29,18	20,40	24,79
	ABRIL	17,45	26,38	16,42	21,40
	MAIO	223,40	21,04	12,21	16,63
	JUNHO	82,15	20,45	-	20,45
	JULHO	61,65	21,06	-	21,06
	AGOSTO	107,35	19,48	11,38	15,43
	SETEMBRO	103,25	21,08	11,72	16,40
	OUTUBRO	24,75	24,47	17,06	20,76
	NOVEMBRO	142,75	25,12	17,29	21,20
	DEZEMBRO	116,75	28,90	19,94	24,42
TOTAL		942,25	23,72	15,80	19,76

APÊNDICE 4 – Laudo de diagnóstico fitossanitário de aveia-branca (*Avena sativa*), constatando a presença de ferrugem da folha (*Puccinia coronata* f. sp. *avenae*), Capivari do Sul, RS, 2005.

 <p>UFRGS UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL www.ufrgs.br</p>	 <p>SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL Laboratório Oficial de Diagnóstico Fitossanitário*</p>	<p>FACULDADE DE AGRONOMIA DEPARTAMENTO DE FITOSSANIDADE Av. Bento Gonçalves, 7712 91.540-000, Porto Alegre, RS, Brasil Fone/fax: (51) 3316-6016 (Opcional: Caixa Postal 15.100, CEP 90.001-970) http://www.ufrgs.br/agrofitossen/clinica/ Um serviço de extensão da UFRGS</p>
--	---	---

Laudo de Diagnóstico Fitossanitário Número 2692/2005-LODF

Datas Coleta: 21/10/2005	Recebimento: 25/10/2005	Resultado: 01/11/2005
---------------------------------	--------------------------------	------------------------------

INTERESSADO: Prof. João Carlos de Saibro
Avenida Bento Gonçalves, 7712, Porto Alegre, RS, CEP 91.540-000, Fone/Fax: (51) 3316-6037

COLETADO POR: Estudante de Mestrado Raquel Barro
Avenida Bento Gonçalves, 7712, Porto Alegre, RS, CEP 91.540-000

MATERIAL: **Planta:** Aveia (*Avena sativa* L.)
Forma: Folhas
Descrição: Amostra constituída de folhas, identificada por parcela 4.

ORIGEM: Capivari do Sul, RS

OBJETIVO: Diagnóstico Fitossanitário

ANÁLISE: Exame direto em microscópios estereoscópio e óptico; comparação das estruturas encontradas com às ilustradas na bibliografia.

RESULTADO: O resultado das análises do material descrito acima indicou a presença da ferrugem da folha, caracterizada por uredósporos de *Puccinia coronata* f. sp. *avenae*.

DIAGNOSTICADO POR : Estudante de Mestrado Thais Fernanda Stella de Freitas

INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES: Produtos utilizados para controle são fungicidas triazóis ou misturas de triazóis com estrobirulinas. Melhores resultados são obtidos com duas aplicações, sendo a primeira no aparecimento dos primeiros sinais e a segunda no florescimento. No caso de aplicação única, é mais efetiva no estágio de florescimento.

Porto Alegre, 1 de novembro de 2005.



Prof. Valmir Duarte
Eng. Agr., CREA-RS 29.404
Fitopatologista (Ph.D.)

Fone/fax: (51) 3316-6016
E-mail: valmir@ufrgs.br

Av. Bento Gonçalves, 7712, CEP 91.540-000, Porto Alegre, RS, Caixa Postal 15.100, CEP 90.001-970; Fone: (51)3316-6907
FAURGS/Clinica Vegetal, Banco do Brasil, Agência 3789-2 (Campus do Vale), CC 322.908-9

*Credenciado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento, através da Portaria No. 5, de 12 de março de 2001 como Laboratório de Diagnóstico Fitossanitário Oficial para a realização de análises de vírus e viroides, fungos, protozoários, nematoides e insetos e outras pragas de plantas em plantas e produtos de origem vegetal e emissão de laudo de diagnóstico fitossanitário.

APÊNDICE 5 – Laudo de diagnóstico fitossanitário de cornichão (*Lotus corniculatus*), constatando a presença de oídio (*Erysiphe* sp.), Capivari do Sul, RS, 2006.

	 <p>SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL</p> <p>Laboratório Oficial de Diagnóstico Fitossanitário*</p>	<p>FACULDADE DE AGRONOMIA DEPARTAMENTO DE FITOSSANIDADE Av. Bento Gonçalves, 7712 91.540-000, Porto Alegre, RS, Brasil Fone/fax: (51) 3316-6016 (Opcional: Caixa Postal 15.100, CEP 90.001-970)</p> <p>http://www.ufrgs.br/agrofitossan/clinica/</p> <p>Um serviço de extensão da UFRGS</p>
---	--	---

Laudo de Diagnóstico Fitossanitário Número 0063/2006-LODF

Datas Coleta: 04/01/2006	Recebimento: 05/01/2006	Resultado: 06/01/2006
---------------------------------	--------------------------------	------------------------------

INTERESSADO:	Prof. João Carlos de Saibro Avenida Bento Gonçalves, 7712, Porto Alegre, RS, CEP 91.540-000, Fone/Fax: (51)3316-6037
MATERIAL:	Planta: Cornichão (<i>Lotus corniculatus</i> L.) Forma: Planta inteira Descrição: Amostra constituída de planta inteira, apresentando crescimento esbranquiçado sobre as folhas.
ORIGEM:	Capivari do Sul, RS
OBJETIVO:	Diagnóstico Fitossanitário
RESULTADO:	O resultado das análises do material descrito acima indicou tratar-se de Oídio, causado pelo fungo <i>Erysiphe</i> sp.
DIAGNOSTICADO POR :	Biol. M.Sc. Marisa Dalbosco
INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES:	Em condições favoráveis, os esporos germinam, produzindo micélio superficial, que se nutre das células da epiderme, pelo desvio de nutrientes e água através de haustórios, sem causar necrose dos tecidos afetados. Os conídios dão um aspecto pulverulento às folhas, são disseminados pelo vento para outras partes da planta e para outras plantas. Tempo seco, formação de orvalho e temperatura em torno de 21 a 27°C são favoráveis ao fungo. Como medidas de controle recomenda-se uso de variedades resistentes e aplicação de fungicidas específicos.

Porto Alegre, 6 de janeiro de 2006.

Prof. Valmir Duarte
Eng. Agr., CREA-RS 29.404
Fitopatologista (Ph.D.)

Fone/fax: (51) 3316-6016
E-mail: valmir@ufrgs.br

Av. Bento Gonçalves, 7712, CEP 91.540-000, Porto Alegre, RS; Caixa Postal 15.100, CEP 90.001-970; Fone: (51)3316-6907
FAURGS/Clinica Vegetal, Banco do Brasil, Agência 3798-2 (Campus do Vale), CC 321.908-9

*Credenciado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento, através da Portaria No. 5, de 12 de março de 2001 como Laboratório de Diagnóstico Fitossanitário Oficial para a realização de análises de vírus e viróides, fungos, procariotos, nematóides e insetos e outras pragas de plantas em plantas e produtos de origem vegetal e emissão de laudo de diagnóstico fitossanitário.

APÊNDICE 6 - Quadro da análise de variância para rendimento de matéria seca de leguminosas nos anos de 2005 e 2006, Capivari do Sul, RS.

Causas da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
Ano	1	723495.3750000	723495.3750000	1.8390	0.30854
Bloco	2	1410176.5833333	705088.2916667	1.7922	0.35781
Resíduo (a)	2	786856.7500000	393428.3750000		
Parcelas	5	2920528.7083333			
Condlumi	1	60300.3750000	60300.3750000	0.1965	0.68018
Ano*con	1	457332.0416667	457332.0416667	1.4906	0.28938
Resíduo (b)	4	1227277.3333333	306819.3333333		
Subparcelas	11	4665438.4583333	128042.0416667		
Espécie	1	128042.0416667	128042.0416667	7.8301	0.02249
Ano*esp	1	229126.0416667	229126.0416667	14.0117	0.00587
Con*esp	1	70959.3750000	70959.3750000	4.3394	0.06873
Ano*con*esp	1	85085.0416667	85085.0416667	5.2032	0.05027
Resíduo (c)	8	130820.0000000	16352.5000000		
Total	23	5309470.9583333			

Média geral = 947.708310

Coeficiente de variação (a) = 33.092 %

Coeficiente de variação (b) = 41.329 %

Coeficiente de variação (c) = 13.493 %

APÊNDICE 7 - Quadro da análise de variância para rendimento de matéria seca de leguminosas no ano de 2006, Capivari do Sul, RS.

Causas da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
Espécie	1	811113.3888889	811113.3888889	7.4480	0.11214
Condlumi	2	13229752.3333333	6614876.1666667	60.7404	0.01410
Resíduo (a)	2	217808.1111111	108904.0555556		
Parcelas	5	14258673.8333333			
Bloco	2	260012.3333333	130006.1666667	0.2099	0.81584
Con*esp	2	217808.1111111	108904.0555556	0.1759	0.84209
Resíduo (b)	8	4953842.2222222	619230.2777778		

Média geral = 1378.166630

Coeficiente de variação (a) = 13.825 %

Coeficiente de variação (b) = 57.098 %

APÊNDICE 8 - Quadro da análise de variância para rendimento de matéria seca de gramíneas nos anos de 2005 e 2006, Capivari do Sul, RS.

Causas da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
Ano	1	1860008.9629630	1860008.9629630	1.0542	0.41362
Bloco	2	1081445.3333333	540722.6666667	0.3065	0.76498
Resíduo (a)	2	3528692.1481481	1764346.0740741		
Parcelas	5	6470146.4444444			
Condlumi	2	38817239.1111111	19408619.5555556	68.2924	0.00007
Ano*con	2	2989547.2592593	1494773.6296296	5.2596	0.03450
Resíduo (b)	8	2273590.5185185	284198.8148148		
Subparcelas	17	50550523.3333333			
Espécie	2	7167528.4444444	3583764.2222222	9.8911	0.00101
Ano*esp	2	16249505.0370370	8124752.5185185	22.4242	0.00003
Con*esp	4	2102414.4444444	525603.6111111	1.4507	0.24751
Ano*con*esp	4	3669708.0740741	917427.0185185	2.5321	0.06609
Resíduo (c)	24	8695700.6666667	362320.8611111		
Total	53	88435380.0000000			

Média geral = 2532.666700

Coeficiente de variação (a) = 17.482 %

Coeficiente de variação (b) = 12.153 %

Coeficiente de variação (c) = 23.767 %

APÊNDICE 9 - Quadro da análise de variância para digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica de leguminosas no ano de 2005, Capivari do Sul, RS.

Causas da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
Conlumi	1	36.1867072	36.1867072	31.8348	0.02639
Bloco	2	42.4484113	21.2242056	18.6717	0.04974
Resíduo (a)	2	2.2734082	1.1367041		
Parcelas	5	80.9085267			
Data	1	348.6150468	348.6150468	30.2950	0.00023
Espécie	2	481.2417151	481.2417151	41.8204	0.00008
Dat*esp	1	0.8550370	0.8550370	0.0743	0.78506
Con*dat	1	12.7167059	12.7167059	1.1051	0.31319
Con*esp	1	19.2067064	19.2067064	1.6691	0.21710
Resíduo (b)	13	149.5954823	11.5073448		
Total	23	1093.1392202			

Média geral = 71.522087

Coeficiente de variação (a) = 0.745 %

Coeficiente de variação (b) = 4.743 %

APÊNDICE 10 - Quadro da análise de variância para proteína bruta de leguminosas no ano de 2005, Capivari do Sul, RS.

Causas da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
Conlumi	1	4.1666667	4.1666667	6.2500	0.13003
Bloco	2	4.3333333	2.1666667	3.2500	0.23572
Residuo (a)	2	1.3333333	0.6666667		
Parcelas	5	9.8333333			
Data	1	204.1666667	204.1666667	215.2027	0.00001
Espécie	1	10.6666667	10.6666667	11.2432	0.00530
Dat*esp	1	1.5000000	1.5000000	1.5811	0.22921
Con*dat	1	0.6666667	0.6666667	0.7027	0.57830
Con*esp	1	0.1666667	0.1666667	0.1757	0.68405
Residuo (b)	13	12.3333333	0.9487179		
Total	23	239.3333333			

Média geral = 18.166666

Coefficiente de variação (a) = 2.247 %

Coefficiente de variação (b) = 5.362 %

APÊNDICE 11 - Quadro da análise de variância para digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica de gramíneas no ano de 2005, Capivari do Sul, RS.

Causas da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
Conlumi	2	126.8888889	63.4444444	60.1053	0.00233
Bloco	2	17.5555556	8.7777778	8.3158	0.03904
Residuo (a)	4	4.2222222	1.0555556		
Parcelas	8	148.6666667			
Espécie	2	816.6666667	408.3333333	23.3828	0.00019
Con*esp	4	17.7777778	4.4444444	0.2545	0.90044
Residuo (b)	12	209.5555556	17.4629630		
Total	26	1192.6666667			

Média geral = 64.222221

Coefficiente de variação (a) = 0.924 %

Coefficiente de variação (b) = 6.507 %

APÊNDICE 12 - Quadro da análise de variância para proteína bruta de gramíneas no ano de 2005, Capivari do Sul, RS.

Causas da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
Conlumi	2	2.7407407	1.3703704	2.7407407	0.82299
Bloco	2	2.7407407	1.3703704	2.7407407	0.82299
Residuo (a)	4	26.8148148	6.7037037		
Parcelas	8	32.2962963			
Espécie	2	74.7407407	37.3703704	8.3388	0.00561
Con*esp	4	20.1481481	5.0370370	1.1240	0.39105
Residuo (b)	12	53.7777778	4.4814815		
Total	26	180.9629630			

Média geral = 12.037037

Coeficiente de variação (a) = 12.419 %

Coeficiente de variação (b) = 17.587 %

APÊNDICE 13 - Quadro da análise de variância para digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica de leguminosas no ano de 2006, Capivari do Sul, RS.

Causas da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
Conlumi	2	14.4998222	7.249911	1.0491	0.43174
Bloco	2	25.238505	12.619252	1.8260	0.27322
Residuo (a)	4	27.643327	6.910831		
Parcelas	8	67.381655	6.738165		
Espécie	1	16.8510250	16.851055	1.2061	0.31500
Con* esp	2	13.1906999	13.19069	0.9441	0.55770
Residuo (b)	6	83.826600	13.97110		
Subparcelas	17	194.4406805	194.44068		
Corte	1	561.453025	561.453025	109.0301	0.00001
Cor*con	2	4.952866662	2.476431	0.4809	0.63284
Cor*esp	1	31.67813611	31.6781361	6.1517	0.02517
Residuo (c)	14	72.0933222	5.149523		
Total	35	864.6180305			

Média geral = 76.1760

Coeficiente de variação (a) = 1.725 %

Coeficiente de variação (b) = 3.470 %

Coeficiente de variação (c) = 2.979 %

APÊNDICE 14 - Quadro da análise de variância para teor de proteína bruta de leguminosas no ano de 2006, Capivari do Sul, RS.

Causas da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
Conlumi	2	58.04815	29.02407	23.9889	0.00777
Bloco	2	13.95323	6.97661	5.7663	0.06739
Residuo (a)	4	4.83957	1.20989		
Parcelas	8	76.84097	76.84097		
Espécie	1	18.96602	18.96602	22.2098	0.00379
Con* esp	2	5.14486	2.7243	3.0124	0.12399
Residuo (b)	6	51.23683	8.39472		
Subparcelas	17	106.07554	10.0755		
Corte	1	473.42506	473.2506	218.0927	0.00001
Cor*con	2	13.64642	6.232111	3.1432	0.07341
Cor*esp	1	67.51336	67.51336	3.1101	0.09660
Residuo (c)	14	30.39052	2.17075		
Total	35	630.28889			

Média geral = 22.9602

Coefficiente de variação (a) = 2.395 %

Coefficiente de variação (b) = 2.846 %

Coefficiente de variação (c) = 6.417 %

APÊNDICE 15 - Quadro da análise de variância para digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica de gramíneas no ano de 2006, Capivari do Sul, RS.

Causas da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
Conlumi	2	6.4740	3.2370	0.0192	0.98251
Bloco	2	6.42878	3.21439	0.1909	0.83303
Residuo (a)	4	67.36729	16.84182		
Parcelas	8	74.44348			
Espécie	2	433.85115	21.692557	27.1514	0.00012
Con* esp	4	27.69851	6.924623	0.8667	0.51271
Residuo (b)	12	95.87375	7.98947		
Subparcelas	26	631.86691			
Corte	1	2845.77481	2845.77481	264.8155	0.00001
Cor*con	2	279.99154	139.99577	13.0274	0.00035
Cor*esp	2	6.1267	3.063380	0.0285	0.97261
Residuo (c)	22	236.41761	10.74625		
Total	53	3994.66356			

Média geral = 67.0931

Coefficiente de variação (a) = 2.497 %

Coefficiente de variação (b) = 2.979 %

Coefficiente de variação (c) = 4.886 %

APÊNDICE 16 - Quadro da análise de variância para proteína bruta de gramíneas no ano de 2006, Capivari do Sul, RS.

Causas da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
Conlumi	2	8.65803	4.32901	6.5870	0.05546
Bloco	2	7.71663	3.85831	5.8708	0.06566
Residuo (a)	4	26.2883	6.5720		
Parcelas	8	19.00350			
Espécie	2	6.04110	3.02055	3.6380	0.05728
Con* esp	4	28.0093	7.00233	0.8434	0.52525
Residuo (b)	12	99.6346	8.30288		
Subparcelas	26	37.80900			
Corte	1	177.52533	177.52533	188.9086	0.00001
Cor*con	2	13.46071	6.73035	7.1619	0.00429
Cor*esp	2	7.60418	3.80209	4.0459	0.03109
Residuo (c)	22	206.74312	9.39744		
Total	53	257.07355			

Média geral = 9.4516

Coeficiente de variação (a) = 6.817 %

Coeficiente de variação (b) = 2.979 %

Coeficiente de variação (c) = 10.256 %

VITA

RAQUEL SANTIAGO BARRO, filha de Luiza Helena Santiago e Jorge Barro, nasceu em Porto Alegre, Rio Grande do Sul, em 6 de novembro de 1977.

Em 1994, concluiu o ensino médio, em Porto Alegre, Rio Grande do Sul, no colégio Sévigné.

Ingressou na Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, no segundo semestre de 1997, graduando-se como Engenheira-Agrônoma, em abril de 2004. Atuou como bolsista de iniciação científica no Departamento de Plantas de Lavoura, durante três anos e por dois anos no setor de Produção Animal da Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária (FEPAGRO).

De julho a novembro de 2004, participou do Diagnóstico Integrado dos Sistemas de Produção de Bovinos de Corte no Estado do Rio Grande do Sul (SEBRAE/FARSUL/SENAR).

Em março de 2005, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Área de Concentração Plantas Forrageiras, sob orientação do professor Dr. João Carlos de Saibro, na Universidade Federal do Rio Grande do Sul.