

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

**RESPOSTAS MORFOFISIOLÓGICAS E PRODUTIVAS DE GENÓTIPOS
FORRAGEIROS NATIVOS EM DIFERENTES CONDIÇÕES DE
LUMINOSIDADE**

RAQUEL SANTIAGO BARRO
Engenheira Agrônoma/UFRGS
Mestre em Zootecnia/UFRGS

Tese apresentada como um dos requisitos à obtenção do Grau de Doutora em
Zootecnia.
Área de Concentração Plantas Forrageiras

Porto Alegre (RS), Brasil
Maio de 2011

RAQUEL SANTIAGO BARRO
Engenheira Agrônoma
Mestre em Zootecnia

TESE


Submetida como parte dos requisitos
para obtenção do Grau de

DOCTOR EM ZOOTECNIA

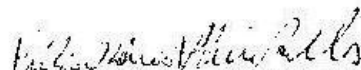
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia
Faculdade de Agronomia
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Porto Alegre (RS), Brasil

Aprovado em: 30.05.2011
Pela Banca Examinadora

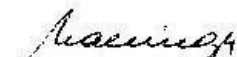
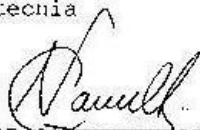
Homologado em: 02.08.2011
Por



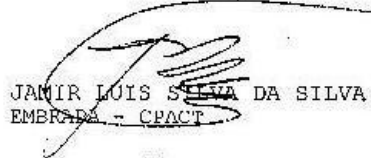
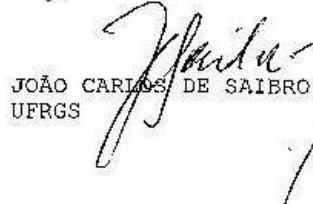

RENATO BORGES DE MEDEIROS
PPG Zootecnia/UFRGS
Orientador



JULIO OTAVIO JARDIM BARCELLOS
Coordenador do Programa de
Pós-Graduação em Zootecnia


CARLOS NABINGER
PPG Zootecnia

ALEXANDRE COSTA VARELLA
EMBRAPA - CPPSUL


JAMIR LUIS SILVA DA SILVA
EMBRAPA - CRACT
JOÃO CARLOS DE SAIBRO
UFRGS
PEDRO ALBERTO SELBACH
Diretor da Faculdade de
Agronomia

“Há uma grande diferença entre saber o caminho e percorrer o caminho.”

Friedrich Nietzsche

DEDICATÓRIA

Ao professor João Carlos de Saibro.
AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Rio Grande do Sul, ao PPG Zootecnia e ao Departamento de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia pela oportunidade de realização do curso.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao meu orientador, João Carlos de Saibro, pelo exemplo de conduta ética e amor pela ciência, pelo incentivo, bom-humor e paciência constantes, por ter enfrentado todas as dificuldades para a realização deste trabalho, por dispensar tantas horas na revisão deste manuscrito, pelos puxões de orelha, pelos preciosos ensinamentos e conselhos e, principalmente pela amizade construída, à qual pretendo cultivar por toda minha vida.

Aos professores Carlos Nabinger e Gilles Lemaire pelo incentivo, pelos conselhos e por me mostrarem uma nova perspectiva, que certamente ampliou meus horizontes no desenvolvimento do espírito científico.

Ao doutor Alexandre Varella, pela oportunidade de execução do trabalho de pesquisa e à todos os funcionários da Embrapa Pecuária Sul que puderam ajudar no experimento.

Aos professores Renato Borges de Medeiros, Paulo Carvalho, Luís Mauro da Rosa e ao doutor Jamir Luís Silva por sempre se mostrarem solícitos a ajudar.

Ao melhor bolsista do mundo Felipe “Felpa” Bangel, muito obrigada por tudo.

À minha irmã e fiél escudeira, Gabriella, pela ajuda em todas as etapas nos dois anos de execução do experimento.

Ao Ursinho e ao Xicó, que apesar de atrapalharem bem pouquinho, fizeram meus dias bem mais felizes.

Aos colegas Igor “Nuvem” Carassai, Júlio “Fuca” da Trindade e “Tinho” Weiler por suas sugestões, idéias e críticas pungentes, que enriqueceram muito meu aprendizado.

Às “forragets” “Tatá” Devicenzi, Raquel “Pkna” Cardoso e Mariana “Pimentel” Rockembach por tornarem meus dias mais divertidos e floridos.

À Taíse Kunrath pela ajuda na formatação deste material, e à Loana Cardoso pela ajuda com os sensores e dados micrometeorológicos, mas principalmente pela amizade de sempre, o meu muito obrigada.

À todos os amigos que estes 6 anos de convívio no DPFA me trouxeram, especialmente ao “Carlito”, Juju “Pressão”, “Xirú” Cassiano, Maurício “coca-cola” e Fernanda Schmitt.

À Tanise Sausen, pela amizade e pelo convívio de um ano, dividindo as aventuras e desventuras de sermos estudantes de doutorado.

À minha família e aos amigos “de fora da Academia”, que apesar de não entenderem muito bem o porquê de eu estar há quase 15 anos “na faculdade”, sempre respeitaram minhas escolhas.

Ao meu avô, Ângelo Barro, que há quase três décadas me ensinou que o “conhecimento é a única coisa que ninguém tira da gente”.

RESPOSTAS MORFOFISIOLÓGICAS E PRODUTIVAS DE GENÓTIPOS FORRAGEIROS NATIVOS EM DIFERENTES CONDIÇÕES DE LUMINOSIDADE ¹

Autora: Raquel Santiago Barro

Orientador: Renato Borges de Medeiros

Co-orientador: Alexandre Costa Varella

Resumo

A obtenção de sub-bosques silvipastoris produtivos depende da utilização de genótipos forrageiros adaptados ao ambiente, com bom desempenho agrônômico e persistência sob sombra e pastejo. Para avaliar a tolerância de genótipos nativos à sombra, foram determinados o desempenho produtivo e algumas características morfofisiológicas de três gramíneas e uma leguminosa sob dois níveis de sombra artificial, em comparação ao pleno sol. O experimento foi conduzido na região da Campanha do Rio Grande do Sul, Bagé, durante dois ciclos de avaliação (dezembro/2008 a abril/2009 e dezembro/2009 a abril/2010). Foi utilizado um delineamento experimental em parcelas subdivididas com três repetições, onde os níveis de sombra (0%, 50% e 80% de restrição luminosa) constituíram as parcelas principais e os genótipos forrageiros (*Paspalum regnellii*, *P. dilatatum*, *P. notatum* e *Arachis pintoii*), as subparcelas. Foram determinados o rendimento de matéria seca de forragem (RENDMS), o índice de área foliar (IAF), a área foliar específica (AFE), a interceptação luminosa (IL), a eficiência de uso da radiação (EUR) e o índice de nutrição nitrogenada (INN) das plantas. O maior RENDMS acumulado foi de *P. regnellii* (1500 e 1700 g m⁻², respectivamente para o primeiro e segundo ciclo de avaliação) independente do nível de sombra. Este genótipo foi o único que não apresentou redução no RENDMS sob sombra intensa (80%). Para os quatro genótipos, o RENDMS foi maior (P <0,05) sob 50% de sombra, em relação ao sol pleno e 80% de sombra. Constatou-se uma forte influência da precipitação pluvial sobre o desempenho produtivo dos genótipos em cada ciclo de avaliação. Para *P. dilatatum* e *P. notatum*, os efeitos positivos do sombreamento moderado (50%) sobre o RENDMS estiveram ligados com a menor disponibilidade hídrica. Os níveis de sombra promoveram aumento do IAF, da AFE e do INN das gramíneas avaliadas, em comparação com o pleno sol. A EUR foi incrementada com o aumento do nível de sombra para os quatro genótipos. Todos os genótipos apresentaram bom desempenho sob níveis moderados de sombreamento, destacando-se o RENDMS de *P. regnellii* e *P. dilatatum* bem como o teor de N em *P. notatum* e *A. pintoii*, evidenciando serem genótipos promissores para utilização em sub-bosques silvipastoris na Campanha do RS.

¹ Tese de Doutorado em Zootecnia – Plantas Forrageiras, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. (160 p.) Maio, 2011.

MORPHOPHYSIOLOGICAL AND PRODUCTIVE RESPONSES OF NATIVE FORAGE GENOTYPES UNDER CONTRASTING LIGHT LEVELS¹

Author: Raquel Santiago Barro

Advisor: Renato Borges de Medeiros

Co-advisor: Alexandre Costa Varella

Abstract

The achievement of a highly productive understorey pasture in silvopastoral systems depends on the use of well adapted forage genotypes, showing good agronomic performance and persistence under shading and grazing. In order to evaluate the shade tolerance of some forage native genotypes, the dry matter yield and some morphophysiological characteristics of three grasses and a legume under two artificial shade levels and at full sun were analyzed. The experiment was conducted in the Campanha region, Bagé, Rio Grande do Sul State. Field data were collected during two evaluation cycles (December/2008 to April/2009 and December/2009 to April/2010). A split plot experimental design with three replications was used, where shade levels (0%, 50% and 80% light restriction) were the main plots and genotypes (*Paspalum regnellii*, *P. dilatatum*, *P. notatum* and *Arachis pintoii*) were the subplots. Herbage dry matter yield (DMY), leaf area index (LAI), specific leaf area (SLA), light interception (LI), radiation use efficiency (RUE) and the Nitrogen nutrition index (NNI) of plants were determined. The highest accumulated DM yield was obtained by *P. regnellii* (1500 and 1700 g m⁻² respectively, for the first and second evaluation cycle) regardless of shade level. It was the only genotype that showed no reduction in DMY under intense shade (80%). For all genotypes, the DMY was higher (P <0.05) under 50% shade, compared to 80% shade and full sunlight. There was a strong influence of rainfall on the performance of genotypes under shade. For *P. dilatatum* and *P. notatum*, the positive effects of moderate shading (50% shade) on forage production were linked to lower soil water availability. Shading levels increased LAI, SLA and the NNI of grasses in comparison to the full sun. The RUE was increased with increasing shade levels for all genotypes. All genotypes performed well under moderate shading level, highlighting the higher DMY of both *P. regnellii* and *P. dilatatum* and the high N content in *P. notatum* and *A. pintoii*, all of them showing to be promising genotypes for use in silvopastoral systems at the Campanha region in southern Brazil.

¹ Doctoral thesis in Forage Science, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil. (160 p.) May, 2011.

SUMÁRIO

	Páginas
1.1 Introdução geral	1
1.2 Hipóteses do trabalho	7
1.3 Objetivos	8
2 Revisão bibliográfica	9
2.1 Características gerais dos sistemas silvipastoris	9
2.2 Características gerais do ambiente biofísico em sistemas silvipastoris versus sombreamento artificial.....	12
2.2.1 Radiação solar	13
2.2.2 Temperatura e umidade relativa do ar	18
2.2.3 Umidade e Temperatura do solo.....	19
2.3 Rendimento de forrageiras de ciclo estival sob diferentes níveis de sombreamento	21
2.4 Efeito do sombreamento sobre características morfofisiológicas de plantas forrageiras	27
2.5 Nutrição nitrogenada sob sombra	33
2.6 Espécies forrageiras sob sombreamento	38
3 Material e métodos.....	45
3.1 Localização da área experimental.....	45
3.2 Clima e Solo.....	46
3.3 Histórico da área experimental.....	46
3.4 Condução do experimento	47
3.5 Tratamentos e delineamento experimental	48
3.6 Rendimento de matéria seca (RENDMS), índice de área foliar (IAF) e área foliar específica (AFE).....	49
3.7 Radiação Fotossinteticamente ativa (RFA)	51
3.8 Elementos micrometeorológicos	53
3.9 Estimativa da eficiência de uso da radiação (EUR)	57
3.10 Relações entre IAF e IL.....	58
3.11 Nitrogênio na forragem.....	58
3.12 Análises estatísticas.....	60
4. Resultados e discussão	61
4.1 Efeito dos níveis de sombra sobre o rendimento total de matéria seca (RENDMS).....	62
4.2 Rendimento cumulativo de matéria seca	66

4.3 Índice de área foliar (IAF), área foliar específica (AFE) e interceptação luminosa (IL)	74
4.4 Relações entre índice de área foliar (IAF) e interceptação luminosa (IL).....	78
4.5 Relações entre índice de área foliar (IAF) e rendimento de matéria seca (RENDMS).....	88
4.6 Estimativa da eficiência de uso da radiação fotossinteticamente ativa (EUR).....	93
4.7 Relações entre níveis de sombra e a dinâmica da nutrição nitrogenada na planta	103
5. Conclusões	121
6. Considerações finais	123
7. Apêndices	143
7. Vita.....	162

RELAÇÃO DE TABELAS

	Páginas
Tabela 1. Radiação fotossinteticamente ativa incidente (RFA _i) sob dois níveis de sombreamento artificial (50% e 80%) e sob pleno sol (0%), ao longo de dois ciclos de avaliação (2008/2009 e 2009/2010). Bagé, RS	53
Tabela 2. Rendimento de matéria seca de <i>Paspalum regnellii</i> , <i>Paspalum dilatatum</i> , <i>Paspalum notatum</i> e <i>Arachis pintoii</i> , cultivados sob sol pleno (0% de sombra), sombra moderada (50% de sombra) e sombra intensa (80% de sombra), em dois ciclos de avaliação. Médias de três repetições. Bagé, RS.	63
Tabela 3. Índice de área foliar (IAF), área foliar específica (AFE) e interceptação luminosa (IL) de <i>Paspalum regnellii</i> , <i>Paspalum dilatatum</i> , <i>Paspalum notatum</i> e <i>Arachis pintoii</i> , cultivados sob sol pleno (0% de sombra), sombra moderada (50% de sombra) e sombra intensa (80% de sombra).	75
Tabela 4. Valores médios do índice nutricional de nitrogênio (INN %) de <i>Paspalum regnellii</i> , <i>P. dilatatum</i> , <i>P. notatum</i> e <i>Arachis pintoii</i> sob três níveis de sombreamento (0%, 50%, 80%), em dois ciclos de avaliação (2008-2009 e 2009-2010). Bagé/RS.	118

RELAÇÃO DE FIGURAS

	Páginas
Figura 1. Imagem de satélite da área experimental.	45
Figura 2. Vista de uma das repetições do experimento..	49
Figura 3. Medição da radiação fotossinteticamente ativa incidente (RFA _i) em uma subparcela de <i>P. regnellii</i> sob 50% de sombra. Janeiro de 2010, Bagé, RS.	52
Figura 4. Precipitação (P), evapotranspiração potencial (ETP), evapotranspiração de referência (ETR) ao longo do período experimental	55
Figura 5. Umidade volumétrica do solo sob dois níveis de sombra artificial (80% e 50%) e sob sol pleno (0%). Janeiro a março de 2009, Bagé, RS.	55
Figura 6. Umidade volumétrica do solo sob dois níveis de sombra artificial (80% e 50%) e sob sol pleno (0%). Dezembro de 2009 a abril 2010, Bagé, RS.	56
Figura 7. Temperaturas máximas do dossel sob dois níveis de sombra (50% e 80%) e sob pleno sol, ao longo dos períodos de avaliação. Médias de dois genótipos forrageiros (<i>P. regnellii</i> e <i>Arachis pintoii</i>). Janeiro de 2009 a abril 2009 e de dezembro de 2009 a abril de 2010. Bagé, RS.	56
Figura 8. Subparcela de <i>Arachis pintoii</i> sob 50% de sombra. Em detalhe o abrigo para o sensor de cobre-constantan. Fevereiro de 2010, Bagé, RS.	57
Figura 9. Precipitação, temperatura média e evapotranspiração real (ETR), durante dois ciclos de avaliação. Bagé, RS.	62
Figura 10. Evolução mensal cumulativa do rendimento de MS de <i>Paspalum regnellii</i> , sob três níveis de sombra: sol pleno (0% de sombra), 50% de sombra e 80% de sombra, no primeiro ciclo de avaliação (2008/2009).	67

Figura 11. Evolução mensal cumulativa do rendimento de MS de <i>P. regnellii</i> , sob três níveis de sombra: sol pleno (0% de sombra), 50% de sombra e 80% de sombra, no segundo ciclo de avaliação (2009/2010)	67
Figura 12. Evolução mensal cumulativa do rendimento de MS de <i>Paspalum dilatatum</i> sob três níveis de sombra: sol pleno (0% de sombra), 50% de sombra e 80% de sombra, no primeiro ciclo de avaliação (2008/2009).....	68
Figura 13. Evolução mensal cumulativa do rendimento de MS de <i>P. dilatatum</i> sob três níveis de sombra: sol pleno (0% de sombra), 50% de sombra e 80% de sombra, no segundo ciclo de avaliação (2009/2010).....	69
Figura 14. Evolução mensal cumulativa do rendimento de MS de <i>Paspalum notatum</i> sob três níveis de sombra: sol pleno (0% de sombra), 50% de sombra e 80% de sombra, no primeiro ciclo de avaliação (2008/2009).....	71
Figura 15. Evolução mensal cumulativa do rendimento de MS de <i>P. notatum</i> sob três níveis de sombra: sol pleno (0% de sombra), 50% de sombra e 80% de sombra, no segundo ciclo de avaliação (2009/2010).....	71
Figura 16. Evolução mensal cumulativa do rendimento de MS de <i>Arachis pintoi</i> sob três níveis de sombra: sol pleno (0% de sombra), 50% de sombra e 80% de sombra, no primeiro ciclo de avaliação (2008/2009).....	73
Figura 17. Evolução mensal cumulativa do rendimento de MS de <i>A. pintoi</i> sob três níveis de sombra: sol pleno (0% de sombra), 50% de sombra e 80% de sombra, no segundo ciclo de avaliação (2009/2010).....	73
Figura 18. Relação entre índice de área foliar (IAF) e interceptação luminosa (IL) de <i>Paspalum regnellii</i> no primeiro ciclo de avaliação (2008/2009).....	79
Figura 19. Relação entre índice de área foliar (IAF) e interceptação luminosa (IL) de <i>Paspalum regnellii</i> no segundo ciclo de avaliação (2009/2010).....	80
Figura 20. Relação entre índice de área foliar (IAF) e interceptação luminosa (IL) de <i>P. dilatatum</i> no primeiro ciclo de avaliação (2008/2009) ...	81
Figura 21. Relação entre índice de área foliar (IAF) e interceptação luminosa (IL) de <i>P. dilatatum</i> no segundo ciclo de avaliação (2009/2010).....	82
Figura 22. Relação entre índice de área foliar (IAF) e interceptação luminosa (IL) de <i>Paspalum notatum</i> no primeiro ciclo de avaliação	

(2008/2009).....	83
Figura 23. Relação entre índice de área foliar (IAF) e interceptação luminosa (IL) de <i>P. notatum</i> no segundo ciclo de avaliação (2009/2010)	84
Figura 24. Relação entre índice de área foliar (IAF) e interceptação luminosa (IL) de <i>Arachis pintoi</i> no primeiro ciclo de avaliação (2008/2009).....	85
Figura 25. Relação entre índice de área foliar (IAF) e interceptação luminosa (IL) de <i>A. pintoi</i> no segundo ciclo de avaliação (2009/2010)	86
Figura 26. Relação entre o rendimento de forragem (RENDMS) e índice de área foliar (IAF) de <i>P. regnellii</i> sob três níveis de sombreamento.....	91
Figura 27. Relação entre o rendimento de forragem (RENDMS) e índice de área foliar (IAF) de <i>A. pintoi</i> sob três níveis de sombreamento.....	92
Figura 28. Relação entre rendimento médio de matéria seca (RENDMS) e radiação fotossinteticamente ativa interceptada, para <i>P. regnellii</i> , no primeiro ciclo de avaliação (2008/2009)	94
Figura 29. Relação entre rendimento médio de matéria seca (RENDMS) e radiação fotossinteticamente ativa interceptada, para <i>P. regnellii</i> , no segundo ciclo de avaliação (2009/2010).....	94
Figura 30. Relação entre rendimento médio de matéria seca (RENDMS) e radiação fotossinteticamente ativa interceptada, para <i>P. dilatatum</i> no primeiro ciclo de avaliação(2008-2009)	94
Figura 31. Relação entre rendimento médio de matéria seca (RENDMS) e radiação fotossinteticamente ativa interceptada, para <i>P. dilatatum</i> no segundo ciclo de avaliação (2009-2010)	95
Figura 32. Relação entre rendimento médio de matéria seca (RENDMS) e radiação fotossinteticamente ativa interceptada, para <i>P. notatum</i> no primeiro ciclo de avaliação (2008-2009)	96
Figura 33. Relação entre rendimento médio de matéria seca (RENDMS) e radiação fotossinteticamente ativa interceptada, para <i>P. notatum</i> no segundo ciclo de avaliação (2009-2010).....	97
Figura 34. Relação entre rendimento médio de matéria seca (RENDMS) e radiação fotossinteticamente ativa interceptada, para <i>A. pintoi</i> no primeiro ciclo de avaliação (2008-2009).....	100
Figura 35. Relação entre rendimento médio de matéria seca (RENDMS) e radiação fotossinteticamente ativa interceptada, para <i>A.</i>	

<i>pintoi</i> no segundo ciclo de avaliação (2009-2010)	101
Figura 36. Curva de diluição de N na biomassa aérea de <i>Paspalum regnellii</i> no primeiro ciclo de avaliação (2008/2009)	105
Figura 37. Curva de diluição de N na biomassa aérea de <i>P. regnellii</i> no segundo ciclo de avaliação (2009/2010).....	106
Figura 38. Curva de diluição de N na biomassa aérea de <i>Paspalum dilatatum</i> no primeiro ciclo de avaliação (2008/2009)	106
Figura 39. Curva de diluição de N na biomassa aérea de <i>P. dilatatum</i> no segundo ciclo de avaliação (2009/2010).....	107
Figura 40. Curva de diluição de N na biomassa aérea de <i>Paspalum notatum</i> no primeiro ciclo de avaliação (2008/2009).....	108
Figura 41. Curva de diluição de N na biomassa aérea de <i>P. notatum</i> no segundo ciclo de avaliação (2009/2010).....	109
Figura 42. Curva de diluição de N na biomassa aérea de <i>Arachis pintoii</i> no primeiro ciclo de avaliação (2008/2009).....	110
Figura 43. Curvas de diluição de N na biomassa aérea de <i>A. pintoii</i> no segundo ciclo de avaliação (2009/2010).....	111
Figura 44. Variação mensal do Índice nutricional de nitrogênio de <i>Paspalum regnellii</i> sob três níveis de sombreamento (0%, 50%, 80%) no primeiro ciclo de avaliação (2008-2009)	113
Figura 45. Variação mensal do Índice nutricional de nitrogênio de <i>Paspalum regnellii</i> sob três níveis de sombreamento (0%, 50%, 80%) no segundo ciclo de avaliação (2009-2010).....	113
Figura 46. Variação mensal do Índice nutricional de nitrogênio de <i>Paspalum dilatatum</i> sob três níveis de sombreamento (0%, 50%, 80%), no primeiro ciclo de avaliação (2008-2009).	114
Figura 47. Variação mensal do Índice nutricional de nitrogênio de <i>P. dilatatum</i> sob três níveis de sombreamento (0%, 50%, 80%), no segundo ciclo de avaliação (2009-2010).....	114
Figura 48. Variação mensal do Índice nutricional de nitrogênio de <i>Paspalum notatum</i> sob três níveis de sombreamento (0%, 50%, 80%), no primeiro ciclo de avaliação (2008-2009)	115
Figura 49. Variação mensal do Índice nutricional de nitrogênio de <i>P. notatum</i> sob três níveis de sombreamento (0%, 50%, 80%), no	

segundo ciclo de avaliação (2009-2010).....	116
Figura 50. Variação mensal do Índice nutricional de nitrogênio de <i>Arachis pinto</i> sob três níveis de sombreamento (0%, 50%, 80%), no primeiro ciclo de avaliação (2008-2009).	117
Figura 51. Variação mensal do Índice nutricional de nitrogênio de <i>A. pinto</i> sob três níveis de sombreamento (0%, 50%, 80%), no segundo ciclo de avaliação (2009-2010)..	117

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

AFE	Área foliar específica
ARA	Arachis pintoii
CNE	Carboidratos não-estruturais
DAS	Déficit de água no solo
DILA	Paspalum dilatatum
EP	Erro padrão das médias
EUR	Eficiência de uso da radiação
IAF	Índice de área foliar
IL	Interceptação luminosa
INN	Índice de nutrição nitrogenada
K	Coefficiente de extinção da radiação
NOTA	Paspalum notatum
PB	Proteína bruta
REG	Paspalum regnellii
RENDMS	Rendimento de matéria seca
RFA	Radiação fotossinteticamente ativa
RFA _i	RFA incidente
RFA _{int}	RFA interceptada
RFA _t	RFA transmitida
SSP	Sistemas silvipastoris
UR	Umidade relativa do ar

1.1 INTRODUÇÃO GERAL

Embora o setor agropastoril seja um dos principais promotores do desenvolvimento econômico e social do Rio Grande do Sul, a atual adoção de sistemas intensivos de uso da terra pelas principais lavouras (milho, soja, trigo, arroz, etc.) e o uso de práticas inadequadas de manejo na pecuária de corte extensiva, podem causar sérias conseqüências agro-ambientais ao setor no futuro. Entre os problemas potenciais, a erosão e perda de fertilidade do solo, o assoreamento dos cursos d'água, uso excessivo de agrotóxicos, poluição do solo, da água, a erosão genética das forrageiras nativas e a redução da biodiversidade, são apenas alguns dos que podem eventualmente ocorrer isolados ou em conjunto. Deste modo, as atuais práticas de monocultivo de lavouras e o manejo inadequado das pastagens, bem como a exploração florestal em povoamentos com alta densidade arbórea, são promotoras da degradação ambiental e portanto, sócio e economicamente não-sustentáveis à longo prazo. Uma das opções para contribuir à solução deste grave problema é usar sistemas integrados, mais sustentáveis, tais como os sistemas silvipastoris (SSP) (Saibro, 2001).

Os SSP são projetados para permitir o crescimento simultâneo de forrageiras para a produção pecuária e árvores para a produção de madeira ou outros produtos úteis (Feldhake et al., 2009). Uma das principais vantagens da

utilização destes sistemas é o aumento da eficiência de uso da terra por meio de combinações adequadas do componente florestal com a pastagem associada. Porém, nestes sistemas, as complexas interações entre seus componentes principais (árvores, pastagem, gado e o ambiente edafoclimático) são de importância fundamental ao desempenho do sistema e introduzem desafios e complexidades que não ocorrem em sistemas tradicionais de monocultivos (Lin et al., 1999).

As interações positivas ocorrentes em SSP permitem obter, a partir dos recursos ambientais disponíveis, uma produtividade total mais elevada, diversificada e sustentável (Nair, 1993). Desta forma, para o conhecimento e entendimento dos efeitos das interações entre os fatores bióticos e abióticos envolvidos é necessário considerar sua dinâmica e as características peculiares de cada ambiente, analisando-os de forma sistêmica. Em SSP, o ambiente luminoso no interior do sub-bosque é continuamente modificado pelo componente arbóreo e, em geral, são relatadas reduções na produção de biomassa e alterações na qualidade da forragem com a redução da intensidade luminosa e, por isso, o sombreamento imposto à pastagem é considerado o fator isolado que mais reduz o desempenho produtivo do componente forrageiro (Lin et al., 1999; Feldhake et al., 2009; Kokoura et al., 2009). Além disso, níveis de sombra podem interagir com a umidade do solo e/ou com a temperatura do dossel forrageiro provocando alterações favoráveis no rendimento e na qualidade (particularmente no teor de N) da biomassa produzida sob sombra (Cruz et al., 1995).

Na pesquisa silvipastoril há possibilidade de utilização do

sombreamento artificial para selecionar genótipos forrageiros em relação ao rendimento, valor nutritivo e respostas fisiológicas e morfológicas (Varella et al., 2010). O sombreamento artificial se constitui numa forma prática para seleção de espécies tolerantes à sombra (Lin et al., 2001; Varella et al., 2010), à medida que simula os níveis de sombra provocados pela presença de árvores sobre a vegetação do sub-bosque (Kokoura et al., 2009). Uma das principais vantagens destes sistemas de simulação artificial da sombra é o isolamento do efeito potencial do sombreamento e a remoção da competição interespecífica por água e nutrientes pelos sistemas radiculares das árvores e das forrageiras. Assim, estudos com gradientes controlados de cada fator (tais como água, luz e nutrientes) podem auxiliar a esclarecer a importância relativa de cada fator sobre o desempenho agrônomo de forrageiras em SSP (Moreno, 2008).

A obtenção de sub-bosques silvipastoris produtivos depende da escolha de genótipos forrageiros adaptados ao ambiente, com bom desempenho agrônomo e persistência sob sombreamento e pastejo. No Brasil, vários trabalhos avaliaram respostas quanti-qualitativas sob diferentes níveis de sombra artificial ou natural com várias espécies de forrageiras exóticas cultivadas de estação quente, especialmente nas regiões tropicais (Saibro, 2001; Andrade et al., 2004; Paciullo et al., 2007; Gobbi et al., 2009). Entretanto, ainda existe uma grande carência de informações científicas em relação ao desempenho de gramíneas e leguminosas nativas perenes de ciclo estival sob sombreamento em ambientes subtropicais na região sul do país (Varella et al., 2009; Lacorte & Esquivel, 2009).

É muito importante considerar que as pastagens nativas do sul do

Brasil são um inestimável recurso forrageiro natural e renovável, constituídas por centenas de espécies de alto valor para a produção animal, as quais certamente podem expressar distintos potenciais genéticos sob as diversas condições edafoclimáticas e sistemas de uso na região (Saibro, 2001).

Em virtude de sua importância econômica e ambiental/ecológica, as pastagens nativas (e muitas de suas espécies mais importantes) têm sido ampla e mais intensamente estudadas desde longa data em seus aspectos agronômicos para uso sob condições extensivas, ao pleno sol (Nabinger, 2006; Valls et al., 2009). Entretanto, ainda são escassos os estudos de avaliação do desempenho de genótipos forrageiros nativos sob níveis de sombra, tanto natural quanto artificial, em nosso meio. Esta é uma grave lacuna, pois o uso da pastagem nativa como base do sub-bosque forrageiro em sistemas silvipastoris constitui uma atrativa e desejável alternativa para intensificar o uso de sistemas mais sustentáveis de uso da terra na região sul do Brasil (Saibro, 2001).

Por outro lado há fortes indícios da existência de uma ampla variabilidade genética entre espécies forrageiras nativas com relação ao seu potencial agronômico sob sombreamento (Saibro, 2001; Varella et al., 2009; Soares et al., 2009; Lacorte & Esquivel, 2009; Barro et al., 2010). Assim, é necessário que os genótipos forrageiros tolerantes à sombra sejam reconhecidos, estudados em suas múltiplas interações ecofisiológicas e especialmente sob diferentes níveis de sombra e ao sol pleno. Neste sentido, é de fundamental importância determinar o comportamento produtivo das principais espécies/genótipos componentes da flora agrostológica nativa em

resposta as variáveis ambientais.

Nas condições subtropicais do sul do país *Paspalum notatum* e *Paspalum dilatatum* são gramíneas que se destacam pela alta frequência nas pastagens, rendimento e valor nutritivo (Valls et al., 2009), enquanto *Paspalum regnellii* e a leguminosa *Arachis pintoii* são nativas e de maior importância nas regiões tropicais brasileiras. No presente trabalho, estes quatro genótipos foram usados em função de seu melhor desempenho produtivo e qualitativo determinado em avaliações anteriores, sob ambientes sombreados (Varella et al., 2009).

As plantas verdadeiramente adaptadas ao cultivo em sub-bosques silvipastoris devem apresentar mecanismos de tolerância em resposta a alterações qualitativas e quantitativas na radiação solar incidente (Wilson & Ludlow, 1991; Peri et al., 2006). Alguns estudos têm relatado boa produção de biomassa de gramíneas estivais (C4) sob sombreamento artificial ou natural (Wong & Wilson, 1980; Samarakoon et al., 1990; Wilson, 1996). Outros estudos demonstram que a eficiência de uso da radiação (EUR) destas gramíneas é maior sob sombra do que sob pleno sol (Kephart et al., 1992; Healey et al., 1998; Feldhake et al., 2009; Varella et al., 2010). Porém, na maioria dos casos, os resultados são atribuídos à uma maior disponibilidade de nitrogênio em dosséis sob sombra em comparação com a condição de pleno sol (Cruz et al., 1995).

O objetivo deste trabalho foi determinar o crescimento (por meio da avaliação do rendimento de forragem), e algumas respostas morfofisiológicas (área foliar específica, índice de área foliar e interceptação luminosa) de três

gramíneas de estação quente (*Paspalum notatum*, *Paspalum regnellii*, *Paspalum dilatatum*) e uma leguminosa tropical (*Arachis pintoï*) sob dois níveis de sombra artificial (50% e 80%) e sob pleno sol e, relacioná-las ao seu estado nutricional nitrogenado. Além disso, foi estimada a eficiência de uso da radiação fotossinteticamente ativa destes genótipos nativos, buscando o entendimento do efeito da radiação solar sobre as relações produtivas em ambiente sombreado em comparação ao sol pleno.

1.2 HIPÓTESES DO TRABALHO

1. O rendimento de matéria seca de diferentes genótipos forrageiros pode ser alterado de forma distinta pelo nível de radiação fotossinteticamente ativa (RFA) incidente sobre o dossel.

2. Sob níveis moderados de sombreamento as plantas podem compensar a menor incidência de luz pelo aumento da eficiência de uso da radiação fotossinteticamente ativa via aumento da área foliar específica. .

3. A redução da RFA incidente sobre o dossel forrageiro pode melhorar a nutrição nitrogenada dos genótipos avaliados.

1.3 OBJETIVOS

Objetivo Geral

Avaliar atributos agronômicos e morfofisiológicos de forrageiras perenes nativas para utilização como pastagens em sistemas silvipastoris no ambiente subtropical da Campanha do RS.

Objetivos específicos

Avaliar o rendimento de matéria seca de *Paspalum regnellii*, *P. dilatatum*, *P. notatum* e *Arachis pintoii* sob dois níveis de sombra (50 e 80%) e sob pleno sol.

Determinar a eficiência de uso da radiação fotossinteticamente ativa e avaliar algumas características morfológicas de *Paspalum regnellii*, *P. dilatatum*, *P. notatum* e *Arachis pintoii* sob dois níveis de sombra (50 e 80%) e sob pleno sol.

Avaliar a dinâmica nutricional nitrogenada destas forrageiras sob diferentes intensidades de RFA.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nesta revisão serão abordadas especialmente as respostas provocadas por níveis de sombra estabelecidos por árvores ou por sombra artificial sobre a produção de forragem, alterações morfofisiológicas e nutrição nitrogenada, especialmente em ambientes subtropicais.

2.1 Características gerais dos sistemas silvipastoris (SSP)

Os sistemas silvipastoris (SSP) são uma modalidade dos sistemas agroflorestais, onde co-existem interações ecológicas e/ou econômicas, tanto positivas quanto negativas entre os componentes arbóreo, forrageiro e pecuário (Cameron et al., 1994). Estas interações são dinâmicas e não podem ser visualizadas e interpretadas como fatores isolados, mas com uma visão sistêmica desse tipo de agro-ecossistema de produção (Wilson et al., 1990; Nair, 1993; Ong et al., 1999; Lin et al., 1999; Torquebiau, 2000; Saibro, 2001; Jose et al., 2004; Buergler, 2004).

Em função de sua maior complexidade, as práticas silvipastoris permitem alcançar níveis mais elevados de biodiversidade e produtividade em comparação às pastagens e o florestamento em monocultivos, tais como: melhor aproveitamento da radiação solar, aumento da biodiversidade, aumento na ciclagem de nutrientes, obtenção de receita adicional em curto prazo,

redução dos gastos com insumos, redução da agressão ao meio ambiente e de riscos de incêndios florestais e incremento no seqüestro de carbono (Nair, 1993; Ruark et al., 2003; Sharrow & Ismail, 2004; Varella & Saibro, 1999; Pagiola et al., 2007).

Além disso, os 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 (Silva & Saibro, 1998; Lacorte & Esquivel, 2009). Castilhos et al. (2002) acrescentam que esses sistemas integrados multiestrata 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.

Na Nicarágua, por exemplo, a adoção de SSP têm se mostrado eficiente para aumentar a sobrevivência das espécies silvestres, fornecendo mais recursos alimentares, substratos para oviposição e proteção contra os predadores para os pássaros da fauna silvestre em comparação com outros agroecossistemas, além de inúmeros outros benefícios (Pagiola et al., 2007). Naquele país está sendo desenvolvido o “Projeto Silvipastoril”, que visa a remuneração (ou a redução do pagamento de impostos) pelos serviços ambientais obtidos a partir da adoção destes agro-ecossistemas de produção (Pagiola et al., 2007).

Em nível mundial, desde a década de 70, estudos em sistemas

integrados floresta- pecuária vêm sendo conduzidos em uma ampla gama de ambientes, com diferentes configurações, espécies florestais e substratos forrageiros associados (Nair, 1993; Reynolds, 1995; Benavides et al., 2009). Nos Estados Unidos e na Nova Zelândia, muitas pesquisas envolvendo SSP enfocaram a produção de forragem e/ou desempenho animal sob várias coberturas de dosséis de espécies arbóreas (especialmente coníferas) ou as respostas do componente herbáceo a diferentes níveis de sombra, impostos por materiais artificiais ou por árvores (Kephart et al. 1992; Kephart & Buxton, 1993; Lin et al., 2001, Peri et al., 2006, Benavides et al., 2009; Perry et al., 2009, Varella et al., 2010). Mais recentemente, trabalhos em modelagem têm sido utilizados como ferramenta para simular o desempenho dos componentes por meio da quantificação de suas interações biofísicas, por exemplo, entre a interceptação da radiação, água e nitrogênio como WaNuLCAS (Noordwijk & Lusiana, 1999) ou da eficiência fotossintética sob diferentes regimes luminosos (Peri et al., 2006).

No Brasil, os primeiros trabalhos de pesquisa com SSP iniciaram-se na década de 1980, visando especialmente determinar o desempenho animal e a produtividade forrageira e florestal (Saibro, 2001) e, apesar das relevantes informações científicas disponíveis sobre a viabilidade da integração entre a atividade florestal e a produção animal em ambientes subtropicais (Fucks, 1998; Silva, 1998; Lucas, 2004; Saibro, 2001; Pagiola et al., 2007; Fassola et al., 2009, Lacorte & Esquivel, 2009), no Rio Grande do Sul, a adoção de SSP ainda é pouco expressiva (Saibro, 2001),

Nos últimos anos, a pesquisa em SSP na região Sul do Brasil 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*) em diferentes densidades arbóreas, conforme descrito por Saibro (2001), em uma revisão de diversos trabalhos.

A taxa e a extensão pela qual os recursos biofísicos são obtidos e utilizados pelos componentes de um sistema agroflorestal (SAF) muitas vezes podem ser determinadas pela influência do componente arbóreo sobre os outros componentes e sobre o sistema como um todo (Fernandez et al., 2008). Assim, inúmeros trabalhos destacam alterações na fertilidade do solo, no microclima, disponibilidade e utilização dos recursos (água, nutrientes e luz), incidência de pragas e doenças e alelopatia em resposta à presença de árvores (Fernandez et al., 2008). Desta forma, a pesquisa em SSP busca, de uma forma geral, quantificar estas alterações no ambiente biofísico em resposta à presença das árvores e sua influência sobre o cultivo associado.

2.2 Características gerais do ambiente biofísico em sistemas silvipastoris (SSP) versus sombreamento artificial

Um dos principais fatores complicadores ao desenvolvimento da pesquisa em SSP é a sua complexidade metodológica e longa duração, o que torna a investigação *in situ* extremamente difícil e muito onerosa (Nair, 1993).

As interações mais importantes que ocorrem nestes sistemas são dadas pela redução da quantidade de radiação atingindo o sub-bosque devido à interceptação pelo dossel e à competição estabelecida entre as raízes das

árvores e o estrato herbáceo por água e nutrientes (Fernandez et al., 2006).

Assim, a utilização de ferramentas auxiliares na pesquisa, tais como métodos artificiais (telas de sombrite, ripados, etc.) para simulação da sombra provocada pelas árvores, surgem como agilizar a seleção de materiais forrageiros tolerantes à sombra e passíveis de uso em SSP (Varella et al., 2010).

Segundo Nair (1993) as principais interações na interface árvore-cultivos associados referem-se à melhoria do microclima e ao balanço de nutrientes. Assim as informações apresentadas nesta revisão se voltarão inicialmente para estes dois grandes sub-tópicos. Desta forma, no próximo trecho desta revisão bibliográfica será traçado um paralelo entre as principais alterações no microclima causadas pela presença de árvores, bem como a recíproca em sistemas de sombreamento artificial.

2.2.1 Radiação solar

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 pela eficiência de conversão desta energia em carboidratos, pela fotossíntese (Ong, 1999).

Em sistemas multiestrata, que associam espécies perenes lenhosas e espécies herbáceas/arbustivas, tais como os SSP, ocorre uma heterogeneidade horizontal na quantidade e na qualidade da radiação incidente sobre o estrato inferior (Reynolds, 1995). Em termos quantitativos, o

decréscimo ou a extinção da radiação solar é expresso pela lei de Beer, a qual foi adaptada por Monsi & Saeki (1953). Por esta lei o nível de radiação solar ao nível do solo é uma variável relacionada ao índice de área foliar (IAF), e que em SSP é afetado pela estrutura do dossel arbóreo, como um resultado do manejo florestal aplicado (Aussenac, 2000).

Muitos trabalhos desenvolvidos a partir da década de 1980, já se concentravam na busca de informações sobre interceptação e uso da radiação em SSP (Rao et al., 1998). Alterações na quantidade de radiação solar incidente em sub-bosques silvipastoris têm sido estudadas por vários grupos de pesquisa no mundo inteiro (Bergez et al., 1997; Knowles, 1999; Silva-Pando et al., 2002; Burner & Beleski, 2004; Feldhake et al., 2009; Lacorte & Esquivel, 2009; Varella et al., 2010).

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 florestal e densidade arbórea utilizadas e da nebulosidade, porém muitos trabalhos demonstram que a magnitude das variações expressa-se claramente com o avanço da idade e altura 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* e *E. grandis* já a partir do segundo ano de estabelecimento, atingindo 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. Silva (1998) trabalhando em um sistema silvipastoril com *E. saligna* 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%.

Em termos qualitativos, a radiação que atinge o estrato herbáceo, após a absorção ou reflexão pela copa e tronco das árvores, também é alterada, pois há absorção preferencial das porções vermelha e azul do espectro solar pelo dossel arbóreo. Assim, a radiação incidente no sub-bosque apresenta uma maior proporção de comprimentos de onda cor-de-laranja, amarelos e verdes. Desta forma, a radiação que atravessa o dossel arbóreo é mais pobre em vermelho (V) e azul (A), enquanto 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. 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 ocasionam alterações no ambiente luminoso e na atividade fotossintética das plantas do estrato herbáceo (Varella et al., 2010).

Em acréscimo à alteração do espectro luminoso e à presença de radiação intermitente, em condições de sub-bosque ocorre uma maior proporção de radiação difusa em relação à direta ao nível do dossel forrageiro. 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), podendo ser melhor utilizada pelas plantas (Feldhake, 2005). Nesse sentido, Healey et al. (1998) investigando os efeitos da alteração da proporção de radiação difusa em relação à radiação direta, sobre a sua eficiência de uso (EUR) pelas plantas, utilizaram dois tipos de telas para sombreamento: uma que interferia tanto sobre a radiação difusa quanto sobre a radiação direta (dupla camada de tela “*birdguard*”) e outra que incrementaria a transmissão de radiação difusa (tela “*solarweave*”); a 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* cv. Petrie e de *Bothriochloa insculpta* 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. Deste modo, a presença de maior proporção de luz difusa incrementou tanto o rendimento de forragem quanto a eficiência de utilização da radiação das espécies avaliadas.

De acordo com a literatura especializada, estas alterações qualitativas no espectro da radiação que atinge o estrato herbáceo, são as principais responsáveis pelas respostas morfofisiológicas diferenciadas das plantas crescendo em sub-bosques em comparação com o crescimento em ambiente aberto (pleno sol) (Cruz, 1997; Healey et al., 1998; Varella et al., 2010).

Em contraponto, sob as telas de sombrite as plantas são submetidas a um regime de sombra contínua e uniforme em um nível predeterminado de transmitância luminosa. São materiais comumente utilizados para simular sombra artificialmente (Devkota et al. 1997, Lin et al. 2001; Varella et al. 2001; Baldwin 2009), por serem de fácil manuseio, leves e fabricados em diferentes cores e níveis de transmissão da luz (Yates, 1989 apud Varella et al., 2010).

Os ripados de madeira são uma metodologia desenvolvida por um grupo de pesquisa da Nova Zelândia com o objetivo de criar uma ferramenta para simulação de sombra mais semelhante ao ambiente luminoso observado em um sistema agroflorestal real, em relação às telas de sombrite. Segundo Varella et al. (2010), eles transmitem quantidade semelhante de radiação, promovem um ambiente de luz intermitente, bem como certa alteração da

composição espectral, que foram características semelhantes às observadas em uma área agroflorestal adjacente com *Pinus radiata*. Conseqüentemente as resposta das plantas observadas neste sistema de sombreamento artificial foram mais parecidas com as respostas obtidas no povoamento agroflorestal, em comparação com as telas de sombreamento.

2.2.2 Temperatura e Umidade Relativa (UR) do ar

Muitos trabalhos têm constatado efeitos benéficos ao microclima associado à presença de árvores, especialmente em ambientes tropicais e subtropicais, pois as árvores interferem sobre os principais componentes da demanda evaporativa atmosférica: o vento, a temperatura e a radiação solar (Lin et al., 2001). De uma forma geral, ocorre uma menor amplitude térmica, diária e estacional, em áreas com cobertura florestal 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).

Hawke & Wedderburn (1994) avaliando parâmetros microclimáticos em diferentes densidades de *Pinus radiata* (0, 100, 200 e 400 árvores/ha) em Rotorua, Nova Zelândia, encontraram uma relação entre as diferentes densidades arbóreas avaliadas e as temperaturas do ar 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. Da mesma forma, 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.

Por outro lado, em monitoração micrometeorológica realizada em povoamento florestal comercial (1666 árvores/ ha) de *E. saligna* e *E. grandis*, 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.

2.2.3 Umidade e Temperatura do solo

O conteúdo de água no solo sob diferentes níveis de cobertura de árvores depende dos diferentes componentes do balanço hídrico em cada lugar, ou seja, a quantidade de água que ingressa no sistema através da precipitação, e a quantidade que sai pelos processos de percolação profunda, escoamento superficial e/ou evapotranspiração (Fernandez et al., 2006). Porém, em geral os 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).

Devkota et al. (2009) em Palmerston North - Nova Zelândia, encontraram diferenças muito pequenas em termos de umidade do solo em diferentes níveis de sombreamento, causados por um maior ou menor fechamento do dossel, em resposta a diferentes alturas de desbaste dos ramos laterais de *Alnus cordata*, porém maiores temperaturas do solo sob 81% de transmissão da RFA em comparação com 12% de transmissão luminosa. Belsky et al. (1993), por sua vez, sugere que o ambiente mais fértil e úmido abaixo do dossel arbóreo de *Acacia tortilis* sob diferentes condições de sombreamento, afeta positivamente o valor nutritivo da forragem em sub-bosques.

Fernandez et al. (2006) constataram a existência de um importante grau de complementaridade na utilização dos recursos hídricos do solo em sistemas agroflorestais (SAF) na Patagônia (Argentina), e que existe uma certa flexibilidade por parte das árvores (*Pinus ponderosa*), em relação à presença de sistemas radiculares de forrageiras herbáceas (*Festuca pallescens*). Estes autores relatam que cerca de 20% da água utilizada pelos pinheiros era provenientes dos 20 cm superiores do solo, indicando certo grau de compartilhamento de recursos com o estrato herbáceo, possivelmente ocasionando certo nível de efeitos competitivos das árvores sobre a pastagem. Por outro lado, no mesmo trabalho, estes autores constataram que nestes cultivos consorciados (árvores + pastagem), o sistema radicular das árvores alcançou camadas mais profundas no subsolo em comparação com as árvores

em monocultivo. Assim, esses autores sugerem que quando cultivadas em associação, as árvores são capazes de investir mais no crescimento do sistema radicular para evitar a competição por água e nutrientes com a forrageira.

2.3 Rendimento de forrageiras sob diferentes níveis de sombreamento

A competição por luz em SSP é um fator crítico, já que quantidade e a qualidade da radiação fotossinteticamente ativa (RFA) que atinge as plantas em sub-bosque determinam o nível de fotossíntese, fator chave para o processo de crescimento vegetal. Assim, em geral, a produção de forragem diminui à medida que a intensidade da luz é reduzida (Knowles, 1991; Devkota & Kemp, 1999).

Inúmeros trabalhos reportam que o nível de sombreamento imposto à pastagem é o fator isolado que mais afeta o desempenho produtivo do sub-bosque forrageiro. Em geral, existe uma relação negativa entre o aumento da densidade arbórea (ou o sombreamento) e a produção de forragem do sub-bosque, de forma que a literatura sobre esta relação é bastante extensa (Anderson & Batini, 1983; Shelton et al., 1987; Wilson & Ludlow, 1990; Silva, 1998; Jose et al, 2004; Feldhake et al., 2005). Fucks (1999) trabalhando com três densidades arbóreas (816, 400 e 204 árvores/ha) em sistema silvipastoril com *Eucalyptus saligna* e pastagem nativa, na Estação Experimental Agronômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (EEA/UFRGS), relatou que houve diminuição dos dias de pastejo, do rendimento da matéria

seca residual, da lotação animal e carga animal em função do aumento das densidades arbóreas. Também Silva (1998) trabalhando em um sistema silvipastoril com *E. saligna* e pastagens cultivada e nativa, na EEA/UFRGS, relatou que a densidade arbórea influenciou os níveis de rendimento animal, uma vez que houve diminuição da população herbácea, com conseqüente diminuição do produto animal, diminuindo também a capacidade de suporte do pasto.

Muitos trabalhos 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 o rendimento de matéria seca (MS) e área basal de árvores por hectare em uma ampla gama de locais e comunidades (Burrows et al. 1988; Scanlan & Burrows 1990; Alegranza & Benvenuti apud Fassola et al, 2001; Ares, 2003). Knowles et al. (1992), por exemplo, avaliando por vários anos um SSP 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. Com uma 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; além disso, a a produção animal decresceu com o aumento da densidade arbórea e da lotação.

Em relação ao desempenho de espécies C3 sob sombreamento, existe na literatura um expressivo número de trabalhos indicando uma

excelente resposta produtiva de gramíneas hibernais a níveis moderados de sombra. Entre elas, destacam-se particularmente o capim-dos-pomares (*Dactylis glomerata*), o azevém-perene (*Lolium perenne*) e a festuca-alta (*Festuca arundinacea*), sob sombreamento natural ou artificial (Garcez-Neto et al., 2010; Belesky et al., 2011).

Em relação ao desempenho de leguminosas sob diferentes níveis de sombra tem sido observado que estas 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). Fisiologicamente, as leguminosas forrageiras operam como plantas C3, e poderiam, potencialmente, suportar sombreamento mais intenso. Porém tem se observado respostas bastante distintas, em relação ao desempenho agrônomo de leguminosas forrageiras sob sombra.

Informações sobre o desempenho quanti-qualitativo de espécies de leguminosas forrageiras de estação fria, 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*) (Delate et al., 2005), trevo-vesiculoso (*T. vesiculosum*) (Saibro, 1992; Silva, 1998) e trevo-branco (*T. repens*) (Hawke

et al., 1991; Lin et al., 1999; Silva-Pando et al., 2002; Neel et al., 2003; Mosquera-Losada et al., 2006), espécies de cornichão, *Lotus corniculatus* (Lin et al., 1999; Ladyman et al., 2003) e *L. uliginosus* cv. Maku (Balocchi e Phillips, 1997) ou ainda a alfafa (*Medicago sativa*) (Lin et al., 1999; Varella et al. 2001). Em relação às leguminosas forrageiras de ciclo estival destacam-se particularmente os amendoins-forrageiros (*Arachis glabrata* e *A. pintoï*) (Johnson et al., 2002; Gobbi, 2010).

Nas gramíneas forrageiras de estação quente a relação entre a fotossíntese e a radiação é particularmente importante já que a maioria das espécies apresenta baixa adaptação à ambientes com baixa luminosidade. Por exemplo, Gutmanis et al. (2001) em Nova Odessa, SP, avaliando o efeito de duas densidades arbóreas de *Pinus elliottii* (200 e 400 árvores/ha), encontraram redução na produção de matéria seca (MS) de seis espécies de gramíneas forrageiras perenes de ciclo estival, sendo que neste trabalho são relatados valores de rendimento médio relativo de 43% a 68% para a maior e menor densidade arbórea, respectivamente, em comparação com a produção de MS em pleno sol. Também 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;. Os autores atribuem estas respostas à acentuada queda nas taxas fotossintéticas das gramíneas tropicais em condição de intensidade luminosa moderada (50% de sombreamento), enquanto os rendimentos de gramíneas hibernais 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*). Lucas (2004) relatou um rendimento médio anual 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.

No entanto, algumas espécies de gramíneas estivais perenes desse grupo metabólico, tanto nativas quanto exóticas, tais como *Axonopus compressus*, *A. catharinensis*, *A. jesuiticus*, *Stenotaphrum secundatum*, *Pennisetum clandestinum*, *Brachiaria brizantha*, *Paspalum notatum*, *Panicum maximum* e *Digitaria diversinervis* apresentam boa produção de biomassa com níveis de 40 a 60% de luz solar plena, sendo iguais ou superiores à produção sob luz solar plena (Samarakoon et al. 1990; Stür, 1990; Saibro, 2001; Lacorte et al, 2004; Lucas, 2004; Barro et al., 2008; Lacorte & Esquivel, 2009). Lacorte & Esquivel (2009), em Misiones, Argentina, por exemplo, reportam maior produção de biomassa de *Axonopus jesuiticus* (pasto-jesuíta) em sub-bosques, inclusive com incrementos de até 70% de produtividade sob 50% de sombra.

De acordo com Lin et al. (1999), as plantas que apresentam a rota de fixação de carbono C3, são mais adaptadas à sombra do que as espécies de rota C4. As plantas C3 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 negativo na assimilação do CO₂. Em contraste, o aparato fotossintético de plantas C4 não

apresenta saturação mesmo em altas intensidades luminosas, porém o mecanismo de concentração de CO₂ as torna plantas menos eficientes na utilização da luz sob baixa intensidade luminosa (Taiz & Zeiger, 2004).

Por outro lado, as respostas das plantas ao sombreamento, provocado artificialmente ou pela presença de árvores, variam de acordo com fatores edafoclimáticos e com o manejo aplicado às árvores e a pastagem, de tal sorte que nos trabalhos anteriormente citados, realizados em grande parte em ambientes tropicais e/ou subtropicais com alguma restrição hídrica eventual ou episódica, reportam incremento na produção de forragem das espécies C4 sob sombra moderada.

Assim, o grau de competição árvore-pastagem, em termos de redução de produção de forragem em resposta ao sombreamento, pode ser menos acentuado em ambientes com limitação hídrica e, nesses casos, os benefícios da associação podem prover também melhor desempenho produtivo das espécies C4, pela manutenção da umidade do solo sob sombra. Desta forma, produção de forragem de espécies estivais em sub-bosques, normalmente, depende do grau de competição entre as árvores e pastagem por luz, umidade e nutrientes (Devkota et al., 2009).

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* 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. Assim sendo, as interações entre o fator sombreamento e os fatores biofísicos preponderantes interferem na magnitude das respostas da pastagem à luz solar em SSP (Jackson & Ash, 1998).

As diferenças na produção de biomassa de diferentes cultivos podem ser explicadas por modificações morfológicas, fisiológicas e estruturais, nas plantas submetidas à restrição luminosa, porém, uma relação funcional entre a quantidade de radiação fotossinteticamente ativa interceptada pelo dossel e a produção de matéria seca tem sido utilizada para caracterizar o crescimento das plantas em diferentes ambientes (Monteith, 1972; Monteith et al., 1991). Devido à importância destas adaptações em resposta à restrição luminosa, uma breve abordagem sobre as principais modificações morfofisiológicas nas plantas submetidas a diferentes níveis sombreamento (natural e artificial) será realizada a seguir.

2.4 Efeito do sombreamento sobre características morfofisiológicas de plantas forrageiras

Em SSP, os fatores ambientais modificados pela presença das árvores têm um importante efeito sobre algumas características morfofisiológicas e sobre o valor nutritivo da forragem (Kephart & Buxton, 1993; Lin et al., 2001). Sob condições normais de luminosidade plena, o valor nutritivo das plantas forrageiras pode ser alterado 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. Assim, a morfologia, anatomia e a composição química da planta, determinam a digestibilidade da matéria seca e o conteúdo de nutrientes da forragem (Kephart & Buxton, 1993; Lin et al. 2001). Por outro lado, sob sombreamento, o valor nutritivo das forrageiras pode ser alterado por meio de 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. Assim, a aclimatação morfológica das plantas ao sombreamento se constitui em uma estratégia adaptativa para compensar, pelo menos parcialmente, menores taxas fotossintéticas por unidade de área foliar, assim, estas alterações podem ocorrer no sentido de aumentar a eficiência fotossintética (Reynolds, 1995).

Na literatura, são referidas principalmente, as seguintes alterações morfo-fisiológicas em resposta ao fator sombra:

a) Maior área foliar média e menor peso específico foliar - 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% do peso foliar específico. Samarakoon et al. (1990), encontrou incremento médio de 33% na área foliar de plantas de *Axonopus compressus*, *Stenotaphrum secundatum* e *Pennisetum clandestinum* cultivadas sob sombreamento artificial.

b) Maior densidade de clorofila – O aumento ocorre principalmente com a clorofila b, ocasionando menor relação clorofila a: clorofila b.

c) Maior relação folha: colmo - Kepharth & Buxton (1992) encontraram menor peso seco de colmos de gramíneas (C3 e C4) em níveis crescentes de sombreamento, embora a relação folha:colmo não tenha apresentado respostas consistentes aos níveis de sombreamento impostos.. Samarakoon et al. (1990), encontraram maior relação folha: colmo em gramíneas perenes estivais cultivadas sob sombreamento artificial em relação à pleno sol.

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* cultivadas sob sombra de *Pinus ponderosa*, na densidade de 500 árvores/ha, em relação às plantas cultivadas em ambiente aberto; sob sombra, a relação parte aérea/raiz média obtida foi de 0,619 e sob sol pleno, foi de 0,388. Belesky 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) 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; Beleski et al., 2010).

f) 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).

g) Alterações na estrutura do dossel - A estrutura do dossel (particularmente o ângulo de inclinação e disposição das folhas no caule), juntamente com o IAF determinam o coeficiente de extinção da radiação (K), que por sua vez, fornece indicações sobre a eficiência das plantas em interceptar a radiação (Kiniry et al., 1999). Segundo Monsi & Saeki (1953) apud Hirose (2005), os valores médios do coeficiente de extinção estão entre 0,3 e 0,5 para dosséis de folhas eretas e entre 0,7 e 1,0 para aqueles de folhas horizontais.

h) Alterações na atividade fotossintética – A taxa fotossintética, isto é, a quantidade de CO₂ fixado por unidade de área foliar em função do tempo, depende da disponibilidade de radiação solar. Peri et al. (2005) descrevem as taxas fotossintéticas como uma função da irradiância de fótons, por meio de uma hipérbole não-retangular. Via de regra, plantas que crescem em ambiente sombreado são incapazes de realizar altas taxas de fotossíntese, mas são eficientes em baixas disponibilidades de radiação. Plantas que crescem sob alta radiação, em seus ambientes naturais, têm alta capacidade para realizar fotossíntese e saturam somente em altas disponibilidades de radiação; mas, mostram taxas de fotossíntese menores que as plantas de sombra em baixos

níveis de radiação (Boardman, 1977). Porém, de uma maneira geral, o decréscimo na fotossíntese, provocado pelo sombreamento, é maior para as gramíneas tropicais (via C4), e menor para as gramíneas de inverno e leguminosas (via C3) (Boardmann, 1977).

i) Maior eficiência de interceptação (ϵ_{ir}) e uso (EUR) da radiação solar - A eficiência de interceptação ϵ_{ir} corresponde à capacidade que uma população de plantas tem de interceptar a radiação solar que incide sobre a mesma (Monsi apud Radin, 2002). A maior ou menor ϵ_{ir} depende da quantidade de radiação incidente, da distribuição da área foliar no tempo (durante o ciclo) e no espaço, das propriedades óticas do dossel e do ângulo das folhas em relação à linha horizontal (Monsi apud Radin, 2002). A eficiência de uso da radiação (EUR) pode ser definida como o incremento em peso seco da parte aérea por unidade de RFA interceptada. Existem dados limitados na literatura sobre EUR das pastagens e de culturas sob baixos níveis de radiação, porém, em geral, ocorrem incrementos da EUR sob baixos níveis de luminosidade, comparado com a condição de pleno sol (Givnish, 1988; Kiniry et al., 1999; Radin, 2001; Feldhake et al., 2009; Varella et al., 2010).

A estrutura do dossel é uma característica que contribui para as diferenças em termos de EUR sob diferentes níveis de luminosidade. Segundo Kiniry et al. (1999), a estimativa da EUR juntamente com o índice de área foliar (IAF) e o coeficiente de extinção da luz de Beer-Lambert (K) podem ser usados para quantificar o acúmulo de biomassa de diferentes espécies. Nesse sentido, o autor postula que a utilização do coeficiente K, que está ligado ao ângulo de inclinação das folhas, disposição das folhas no caule e distância entre as

camadas das folhas no caule, forneceria bons indício da eficiência das plantas em interceptar a radiação e conseqüentemente no potencial de conversão da energia luminosa interceptada em biomassa vegetal. Assim, a estrutura do dossel, e mais particularmente o coeficiente de extinção da radiação (K) é determinante dos padrões de interceptação luminosa pelas plantas.

j) Valor nutritivo e composição química da forragem

Todas estas características morfológicas, passíveis de alteração em ambiente sombreado, estão ligadas diretamente ao valor nutritivo da forragem. Assim, Reynolds (1995) resumiu os efeitos negativos do sombreamento sobre o valor nutritivo das plantas forrageiras tropicais, 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 poderia limitar o consumo voluntário de forragem pelos animais.

Por outro lado, os efeitos do sombreamento sobre o valor nutritivo da forragem ainda são pouco conhecidos (Wilson & Wild, 1991; Jackson & Ash, 1998). Desta forma, outros trabalhos incluem as seguintes alterações em resposta à sombra: epiderme mais fina, menor espessura de mesófilo, menor proporção de parênquima paliçádico, menor proporção de tecidos de condução

e sustentação, menor proporção de parede celular, maior proporção de espaços intercelulares e menor densidade estomática (Allard et al., 1999; Denium et al., 1996; Peri, et al., 2007; Gobbi, 2007).

Uma das principais discussões em relação ao valor nutritivo é a dinâmica do nitrogênio na forragem sombreada, em comparação com o pleno sol. Assim, a seguir serão apresentados alguns resultados importantes na pesquisa sobre a nutrição nitrogenada sob sombra, bem como avanços na abordagem em relação a este tópico.

2.5 Nutrição nitrogenada sob sombra

O sombreamento pode aumentar o conteúdo de N da forragem (Wilson & Wong, 1982). De forma geral, os trabalhos 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 leguminosas, não apresentam argumentos coincidentes ou mesmo padrão de respostas, apesar da metodologia de avaliação ser semelhante, ou muitas vezes a mesma.

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 (*Festuca arundinacea*) 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.

Por outro lado, Johnson et al. (2002) na Flórida, EUA, encontraram decréscimo nos teores de PB de plantas de amendoim forrageiro (*Arachis glabrata*) 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*), sendo que essas intensidades correspondiam ao cultivo das espécies sob céu aberto, ripados de madeira, sombra natural de árvores (*Pinus 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.

Kephart & Buxton (1993) obtiveram respostas diferenciadas no rendimento de N, entre espécies C3 e C4 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*) cv. Vantage e festuca-alta (*Festuca arundinacea*) cv. Kentucky-31, enquanto em *Andropogon gerardii* cv. Kaw (C4), *Panicum virgatum* cv. Cave-in-Rock e *Panicum clandestinum* cv. Tioga (C3) houve redução do rendimento de N com o incremento do sombreamento. Contudo, se o rendimento de N, reflete a absorção de N pelas plantas, nas espécies C4, pode haver redução no rendimento de MS sob sombreamento, em relação à 100% de luminosidade e assim no rendimento de N (Kephart & Buxton, 1992).

Em síntese, muitas hipóteses têm sido levantadas no sentido de explicar os efeitos positivos do sombreamento sobre o conteúdo de nitrogênio em gramíneas. Em geral, o aumento de N sob sombra é atribuído a maior mineralização da matéria orgânica, devido principalmente às condições térmicas e ao status hídrico do solo, mais 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 da sombra parece estar associado à umidade do solo, já que plantas cultivadas em solução nutritiva, não apresentaram incremento do N sob sombreamento (Wilson & Wild, 1991).

A partir das pressuposições de que o incremento em N se deveria a uma simples redução do crescimento sob sombra, e assim os teores de N na forragem seriam resultantes da menor produção de matéria seca sob sombra, Cruz et al. (1995) propõem a abordagem da concentração de N por unidade de fitomassa produzida. Esta é uma forma mais dinâmica de interpretação da demanda de nitrogênio pelas culturas do que apenas a interpretação dos teores de N nos tecidos vegetais: a partir de estudos desenvolvidos por Lemaire & Salette (1984), com forrageiras perenes (como alfafa e gramíneas) foi desenvolvido o conceito do nitrogênio crítico. Este conceito é aplicado em termos dinâmicos, pois examina a demanda em N do cultivo (ou a taxa de absorção crítica de N) como sendo a quantidade diária necessária para manter a taxa de crescimento potencial durante um determinado período de tempo (Lemaire & Gastal, 2009). Assim, desde então este conceito tem sido amplamente utilizado para explicar o processo de diluição do N com o acúmulo de biomassa de diversas culturas como milho, trigo e canola, conforme relatam Lemaire & Gastal (2009).

Segundo Lemaire et al. (1992), o declínio da necessidade de N

requerida para o crescimento da parte aérea com o avanço da idade das plantas pode ser atribuído ao acúmulo de uma maior proporção de materiais estruturais e tecidos de reserva, que apresentam menor %N em comparação com tecidos fotossintéticos; além disso ocorre uma redução na relação folha:caule conforme a planta cresce.

Desta forma, a diluição do N na biomassa seria o resultado de dois processos: (a) a redução da razão da área foliar com o aumento de biomassa e (b) a alocação preferencial de N para a camada superior (bem-iluminada) de folhas novas que ocorrem de acordo com o desenvolvimento do dossel. Assim, estes estudos indicam que tanto a concentração de N na planta quanto a absorção de N da cultura devem ser interpretados em relação ao rendimento de biomassa produzida e para isto são utilizadas as curvas críticas de diluição do N. Estas curvas, conforme Lemaire & Gastal (2009), permitem a separação do *status* nitrogenado real dos cultivos em duas situações: acima da curva do nível crítico a planta está em consumo de luxo de N, e abaixo da curva crítica as culturas estão em suprimento deficiente de N. A equação utilizada para a determinação dos teores críticos de N, é a que segue:

$$N(\%) = a_c (W)^{-b}$$

onde:

a_c = é o nível crítico de N (%) para uma massa de forragem de 1 t ha^{-1}

b = representa a relação entre as taxas de acúmulo relativo de N e a produção de biomassa (W).

Os valores dos coeficientes a e b foram determinados para as principais espécies cultivadas de acordo com o método desenvolvido por

Justes et al. (1994) apud Lemaire & Gastal (2009). Os coeficientes são constantes para algumas espécies e em uma ampla gama de condições climáticas: o coeficiente b varia entre 0,30 a 0,40 para gramíneas perenes, ervilha, alfafa, milho e sorgo (Lemaire & Gastal, 2009), e estes autores sugerem um valor médio de 0,35 para este coeficiente.

O coeficiente a é menor em espécies C4 do que em C3, em virtude da diferença em conteúdo de N foliar, ligadas às diferenças na rota fotossintética, porém dentro de cada grupo metabólico as diferenças não são claras entre as espécies (Lemaire & Gastal, 2009). Assim, são propostas equações distintas, de acordo com o grupo metabólico (Lemaire & Gastal, 2009): para espécies C4: $N \text{ crítico} = 3,6*(W^{-0,34})$ e para espécies C3: $N \text{ crítico} = 4,8*(W^{-0,32})$.

Nesta mesma linha de abordagem, é proposta a utilização do índice nutricional de nitrogênio (INN) em qualquer fase de acúmulo de biomassa pela cultura. Este pode ser determinado como a relação entre o teor de N real e o N crítico e, esta razão fornece uma avaliação quantitativa do *status* de nitrogênio na cultura, independente das taxas de crescimento e da fase de desenvolvimento (Gonzales-Dugo et al., 2005).

2.6 Espécies forrageiras sob sombreamento

Um dos requisitos para o sucesso dos sistemas de integração floresta-pecuária é a escolha de genótipos forrageiros que otimizem seu desempenho produtivo sob sombra moderada, promissores para uso em SSP no sul do Brasil (Saibro, 2001; Varella et al., 2001).

Atualmente, é bem conhecida a existência de uma ampla variabilidade genética entre espécies forrageiras com relação ao seu potencial de produção à sombra, tanto em ambientes tropicais (Reynolds, 1995; Samarakoon et al.,1990), quanto em condições de clima subtropical (Wilson et al., 1990; Lacorte & Esquivel, 2009). De uma forma geral a literatura apresenta uma boa quantidade de informações sobre gramíneas forrageiras de estação quente sob sombreamento natural e artificial, porém a escassez de trabalhos de pesquisa em nível nacional e/ou regional sobre a produtividade de pastagens de ciclo estival sob sombreamento pode ser considerada um entrave à adoção destas espécies em sub-bosques silvipastoris especialmente nas regiões sub-tropicais (Saibro, 2001; Fassola et al., 2009; Lacorte & Esquivel, 2009).

Em trabalhos recentes, avaliações agronômicas realizadas no Sul do Brasil, na Argentina e Uruguai, apontam alguns genótipos forrageiros exóticos de ciclo estival, e ainda algumas espécies nativas, como tolerantes a sombra (Lucas, 2004; Barro et al. 2008b; Fassola et al.,2009; Lacorte & Esquivel, 2009; Varella et al., 2009; Gobbi, 2010).

Com base nestes estudos, alguns gêneros/espécies mereceram especial destaque, e por esta razão serão abordados a seguir, com ênfase nos quatro genótipos nativos avaliados no presente trabalho.

a) O gênero *Paspalum* compreende mais de 400 espécies tropicais e subtropicais, cuja importância é evidenciada por sua ampla distribuição geográfica e adaptabilidade à diferentes ecossistemas. A origem da maioria das espécies do gênero *Paspalum* é principalmente do Sul da América do Sul:

nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná e Mato Grosso do Sul, no Brasil, no Uruguai, no norte-nordeste da Argentina e no centro-leste do Paraguai ecossistemas nos quais podem ser encontrado em praticamente todas as comunidades herbáceas do bioma Pampa. Existe também uma ampla variabilidade genética intra e interespecífica (ecótipos, híbridos naturais, etc) neste gênero, o que permite a seleção de novos genótipos desejáveis (Barreto, 1974; Valls, 1987).

I) *Paspalum dilatatum*

O capim-melador (*P. dilatatum*) é uma das espécies mais importantes do gênero e pode ser encontrada no Sul do Brasil, no Uruguai e na Argentina. É uma gramínea perene nativa da América do Sul. Ocorre em solos de boa fertilidade, argilosos, com bons teores de matéria orgânica. É de ciclo estival e presta-se bem à introdução de gramíneas e leguminosas de inverno, produzindo uma boa mistura forrageira. (Moraes, 1995). Araújo (1971) descreve a espécie como subcespitosa, de rizomas curtos; colmos geniculados, cilíndricos, eretos ou ascendentes, glabros, de até 80 cm. Este autor enfatiza a rusticidade e rendimento desta gramínea, além da boa palatabilidade e resistência ao pisoteio.

Stür (1990), em Queensland, Austrália, avaliou o rendimento de forragem de *P. dilatatum* sob 50% e 80% de sombra, e não encontrou diferenças entre o rendimento obtido sob pleno sol e sombra moderada (50%), porém, sob 80% de sombra houve uma redução drástica (73%) no rendimento de biomassa em comparação com a condição de pleno sol.

II) *Paspalum notatum*

A grama-forquilha (*Paspalum notatum*) é uma gramínea perene, muito resistente ao pisoteio, que vegeta bem em solos mais secos, arenosos e relativamente pobres em nutrientes (Barreto, 1963). É uma espécie polimorfa, comum a todas as pastagens naturais dos países de clima quente e temperado da América (Barreto, 1974), propaga-se por sementes e arraiga-se ao solo mediante o desenvolvimento de rizomas supraterrâneos, formando um denso “tapete” (Araújo, 1971).

Tem sido estudada com mais freqüência nos EUA (Gates et al., 2004), Japão (Hirata, 2000) e no Brasil (Maraschin, 2000; Nabinger et al., 2003) sendo nativa da América do Sul, com distribuição desde o sul do Brasil e Uruguai, até o Estado do Mato Grosso, no Centro-oeste brasileiro, passando pela Argentina. É de grande contribuição nos campos do Rio Grande do Sul e considerada importante para os rebanhos comerciais, porém é tratada como invasora na região Centro-oeste (Maraschin, 2000). Em termos de produção de matéria seca verde, Santos (2005) relata produção anual de 11.760 e 8.366 kg/ha dos ecótipos André da Rocha e “Comum”.

Em SSP existem registros positivos da utilização desta espécie, inclusive com incremento do seu valor nutritivo e rendimento de forragem. Assim, Wilson et al. (1990) no sul de Queensland, Austrália, encontraram incremento de 35% no rendimento de matéria seca de grama-forquilha sob sombra de Eucalipto, em relação ao sol pleno. Igualmente, Wild et al. (1993) encontraram incremento nos rendimentos de matéria seca de grama-forquilha da ordem de 40% sob 55% de intensidade luminosa em floresta de *E. grandis* de oito anos de idade no litoral sul de Queensland.

III) *Paspalum regnellii*

É uma gramínea nativa, perene, cespitosa, de rizomas curtos e altura até 100 cm ou um pouco mais; talos eretos, glabros com 3-5 nós pubescentes; inflorescência em panícula com 6-20 racimos de 6-10 cm. É encontrada em baixadas e banhados (Araújo, 1971). Batista et al. (2001) avaliando produção de matéria seca de 26 acessos de *Paspalum* em São Carlos, São Paulo, reportam valores em torno de 22 ton/ha (quatro cortes em um ano) para um acesso de *P. regnellii*, cultivado sob pleno sol, sendo a espécie que mais destacou-se em termos produtivos. Costa et al. (1997) encontraram rendimentos da ordem de 17 ton/ha em Porto Velho, Rondônia e valores de PB de 9,6%.

Em Bagé, RS, Varella et al. (2009), avaliando espécies forrageiras nativas de verão, destaca a produção de forragem de *P. regnellii* sob sombra artificial. Nos níveis de 50 e 80% de sombreamento, a produção de forragem média anual foi da ordem de 18 e 16 toneladas de MS ha⁻¹, respectivamente. No mesmo trabalho, acessos de *P. notatum* e de *P. dilatatum* também apresentaram elevados rendimentos médios sob sombrite de 50% e 80%, variando entre 9,8 e 7,4 toneladas de MS ha⁻¹, e de 5,8 e 5,0 toneladas de MS ha⁻¹, respectivamente (Varella, et al. 2009).

b) *Arachis pintoii*

As leguminosas do gênero *Arachis*, conhecidas comumente como amendoim-forrageiro, são plantas perenes, de produção estival e têm sido recomendadas para uso em SSP com sombreamento leve a moderado (Johnson et al., 2002; Andrade et al., 2004; Gobbi, 2010). *A. pintoii* é a espécie

mais utilizada no mundo, sendo a única com registro formal de cultivares para uso em pastagens no Brasil (Ramos, Barcellos & Fernandes, 2010); é uma espécie exclusiva do Brasil, ocorrendo nas bacias dos rios Jequitinhonha (MG), São Francisco (Bahia) e Paranã (Goiás), sendo que a primeira coleta foi realizada na Bahia em 1954. Apresenta crescimento rasteiro, estolonífero, com 20 a 40 cm de altura. Possui raiz pivotante que cresce em média até cerca de 30 cm de profundidade. As folhas são alternas glabras, com pêlos sedosos nas margens. O caule é ramificado, cilíndrico, ligeiramente achatado com entrenós curtos e estolões que podem chegar a 1,5 cm de comprimento. A propagação de *A. pintoii* ocorre por sementes ou por via vegetativa, sendo que seu estabelecimento pode ser considerado muito lento; apesar disso *A. pintoii* tem se mostrado compatível e estável com várias gramíneas competitivas adaptadas a pastejos intensos e freqüentes (Ramos, Barcellos & Fernandes, 2010).

Andrade et al. (2004), em estudo conduzido em Rio Branco, no Acre, verificaram que no período chuvoso, o acesso de *A. pintoii* BRA – 031143 submetido a 30, 50 e 70% de sombra, apresentou decréscimo na taxa de acúmulo de MS de 31, 51 e 72%, respectivamente, em relação à condição a pleno sol. Já para o *A. pintoii* cv. Belmonte os níveis de sombra de 30, 50 e 70% causaram redução de 5, 26 e 60%, respectivamente, nas taxas de acúmulo de MS em relação à testemunha, revelando uma resposta diferenciada dos dois genótipos cultivados nas mesmas condições microambientais.

A utilização de plantas leguminosas em associação com espécies

arbóreas possibilita inúmeras interações positivas. Entre estas, destaca-se a possibilidade de ofertar forragem de excelente qualidade ao animal em pastejo. 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 da forragem, 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).

Por outro lado, as raízes das leguminosas permitem a fixação de nitrogênio atmosférico pela simbiose com a bactéria *Rhizobium*, permitindo incremento na ciclagem de nutrientes quando se associa estas espécies em SSP. Além disso, a inclusão destas espécies, especialmente em mesclas forrageiras com gramíneas, pode reduzir a necessidade de fertilização nitrogenada.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização da área experimental

O experimento foi conduzido na Unidade Pecuária Sul, da EMBRAPA, localizada em Bagé/RS, situada na região da Campanha, no extremo Sul do Brasil.

A sede da Unidade está localizada nas coordenadas $31^{\circ}21'09''\text{S}$ e $54^{\circ}01'00''\text{W}$ e a área experimental em $31^{\circ}35'20''\text{S}$, $54^{\circ}02'03''\text{W}$.



Figura 1. Imagem de satélite da área experimental. Na cor vermelha estão indicadas as repetições do experimento (R1, R2 e R3). Fonte: <http://maps.google.com> (acesso em 20 de novembro de 2010). Bagé, RS.

3.2 Clima e Solo

Climaticamente, a região insere-se no tipo Cfa, clima subtropical, com geadas freqüentes no inverno e calor no verão. A temperatura média anual é 17,9°C, com temperatura máxima normal de 30,5°C em janeiro e mínima normal de 8,7°C em junho. A precipitação pluvial total média anual é de 1300 mm, podendo ocorrer chuvas de até 127 mm em 24 horas e geadas de abril a novembro. Durante o período estival, entre os meses de novembro a maio, podem ser verificados períodos secos com déficits de 100 mm em sete vezes a cada 10 anos e maiores do que 300 mm, uma vez a cada 10 anos (INMET, 2010).

A topografia caracteriza-se por ser plana, com ondulações suaves e a presença de solos minerais imperfeitamente ou mal drenados, com horizonte superficial de textura leve, contrastando abruptamente com o horizonte B imediatamente subjacente, adensado, geralmente de acentuada concentração de argila (Embrapa, 1999). O solo da área experimental (antiga unidade de mapeamento Bagé) é classificado como um Planossolo Háplico Eutrófico Vértico (Streck et al., 2008), com teores de argila variando de 14 a 23%, com baixa acidez (pH=5,2) e baixos teores de fósforo disponível (5-6 ppm).

3.3 Histórico da área experimental

Em sua fase inicial, o trabalho foi delineado para selecionar, dentre 14 acessos de genótipos forrageiros nativos de ciclo estival, os mais adaptados ao sombreamento, por meio da avaliação da produção de forragem. Com base nos resultados obtidos ao longo de dois anos, alguns genótipos mais

produtivos e mais persistentes sob sombreamento foram identificados, visando sua avaliação em novos trabalhos (Varella et al., 2009).

Previamente ao início do estudo, em novembro de 2005, foi aplicada uma quantidade equivalente a 9 t/ha de calcário dolomítico; no período 2005-2007 foi feita adubação NPK em cada ano nas doses de 100 kg N ha⁻¹, 80 kg P₂O₅ ha⁻¹ e 60 kg K₂O ha⁻¹. As forrageiras foram multiplicadas em casa de vegetação e transplantadas ao campo, em dezembro de 2005.

Os níveis de sombreamento foram impostos por telas fixadas sobre uma estrutura de madeira medindo 5 x 60 metros, semelhante à de uma casa de vegetação. Foram utilizadas telas pretas de polipropileno (sombrites) com dois tamanhos de malhas, que correspondem a aproximadamente 50% e 80% de redução da radiação fotossinteticamente ativa (RFA) em relação ao pleno sol. As estruturas foram construídas com postes de madeira com 2,20 m de altura, alocados a cada 5 m e posicionados no sentido sudoeste-nordeste. Para reduzir a entrada de luz pelas laterais, as telas foram dispostas em um ângulo de 60° em relação ao nível do solo com 0,7 m de comprimento e a 1,50 m da superfície. Detalhes sobre o estabelecimento, metodologia e resultados obtidos no período de 2005 a 2007, encontram-se também apresentados por Varella et al. (2009).

3.4 Condução do experimento

O presente estudo foi realizado no mesmo local descrito anteriormente e por Varella et al. (2009), a partir de novembro de 2008 até abril de 2010, ou seja, no terceiro ano após o estabelecimento das plantas. Os

resultados apresentados neste estudo compreendem dois ciclos de avaliação: 1^o) de novembro 2008 a abril de 2009 e 2^o) de outubro de 2009 a abril de 2010.

Inicialmente foram feitas repicagens nas subparcelas com baixa densidade de plantas e adubação NPK nas doses de 100 kg N ha⁻¹, 80 kg P₂O₅ ha⁻¹ e 60 kg K₂O ha⁻¹ em cada ciclo de avaliação. O nitrogênio foi parcelado em três aplicações iguais para as gramíneas, que foram procedidas após os cortes da forragem nos meses de janeiro, fevereiro e março e a leguminosa não recebeu nitrogênio.

Ao início de cada ciclo (06/11/08 e 15/10/09, para o primeiro e segundo ciclos de avaliação, respectivamente) foi realizado um corte de rebaixamento da altura das plantas. A partir de então, realizaram-se cortes com intervalos de aproximadamente 30 dias.

3.5 Tratamentos e delineamento experimental

Foi usado um delineamento experimental em parcelas subdivididas com três repetições, sendo as parcelas principais constituídas pelos níveis de sombreamento (Figura 2) e as subparcelas pelos genótipos forrageiros.

Tratamentos:

a) Níveis de sombra:

- sol pleno (0%);
- sombra moderada (50%);
- sombra intensa (80%).



Figura 2. Vista de uma das repetições do experimento (R2). Da esquerda para direita: Casa de sombra com 80% de sombra, casa de sombra com 50% de sombra e testemunha (sol pleno). Outubro de 2008, Bagé, RS.

b) Genótipos:

- *Paspalum regnellii* (pasto-do-banhado);
- *P. notatum* (grama-forquilha) ecótipo André da Rocha;
- *P. dilatatum* (capim-melador) ecótipo Virasoro;
- *Arachis pintoii* (amendoim-forrageiro) ecótipo híbrido AGKXNC.

3.6 Rendimento de matéria seca (RENDMS), índice de área foliar (IAF) e área foliar específica (AFE)

O rendimento de matéria seca da forragem (RENDMS) foi calculado a partir de amostras coletadas em quadros com área de 0,0625 m² por unidade experimental. Para as avaliações, dois quadros eram alocados em uma faixa de 25 cm no sentido da largura das parcelas e após, utilizando tesoura de esquila, eram procedidos os cortes dos quadros, posteriormente, a faixa era

emparelhada segundo o resíduo pré-estipulado. A altura de corte foi estabelecida segundo o hábito de crescimento da planta: para *P. notatum*, a altura de corte foi de 10 cm em relação ao nível do solo; Para *P. regnellii* e *P. dilatatum*, a altura foi de 15 cm (plantas cespitosas altas), e para *A. pintoii* (planta prostrada, estolonífera e de baixo porte) o corte foi realizado ao nível do solo, com o cuidado de preservar parte dos estolões. Após o corte, a faixa era identificada a fim de não ser cortada na avaliação seguinte. As amostras de forragem fresca provenientes de um dos quadros eram acondicionadas em sacos plásticos, pesadas, e secadas à 65° C e novamente pesadas. O peso seco da biomassa aérea por quadro foi extrapolado para peso (g) por metro quadrado (g.m⁻²).

Para a determinação do índice de área foliar (IAF) e da área foliar específica (AFE) foi coletada outra amostra, seguindo os mesmos critérios (de altura de corte e tamanho da área amostral) usados para determinação do RENDMS. No campo, as amostras foram armazenadas em caixa térmica com gelo; no laboratório, o material verde foi pesado e sub-amostrado (utilizando pelo menos 30% do peso verde da amostra), seguido pela separação morfológica (lâminas verdes, caules e material morto) e leitura em planímetro ótico (LI-3100, LICOR, Inc.). Após a leitura, as sub-amostras foram secadas e novamente pesadas.

O índice de área foliar foi estimado através da equação:

$$IAF = \frac{AF}{S}$$

sendo IAF o índice de área foliar (cm² cm⁻²), AF a área foliar verde da amostra (cm²) e S a área de solo (área amostrada - cm²).

A área foliar específica, para cada tratamento, foi calculada de acordo com a equação:

$$AFE = \frac{AF}{MS}$$

sendo AFE a área foliar específica ($\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$), AF a área foliar (cm^2) e MS o peso seco das folhas (g).

No primeiro ciclo, os cortes foram realizados aos 44, 80, 100, 130 e 158 dias de crescimento acumulado, que correspondem às datas de 20/12/08, 25/01/09, 12/02/09, 13/03/09 e 13/04/09. No segundo ciclo, os cortes foram aos 51, 87, 118, 135 e 173 dias de crescimento acumulado (05/12/09, 10/01/10, 10/02/10, 27/02/10 e 06/04/10).

3.7 Radiação Fotossinteticamente ativa (RFA)

A radiação fotossinteticamente ativa (RFA) foi medida com um ceptômetro Decagon modelo AccuPAR, antes de cada corte. Para a determinação da RFA incidente (RFA_i) e da RFA transmitida ao solo (RFA_t), foram feitas leituras com ceptômetro acima e abaixo do dossel da forrageira, respectivamente (Figura 3). As leituras com este equipamento foram realizadas entre 11 e 13 horas local, em ausência de nebulosidade. O percentual de interceptação luminosa (IL %) foi calculado como a quantidade da RFA interceptada ($RFA_i - RFA_t$) dividida pela RFA_i , e o resultado multiplicado por 100.



Figura 3. Medição da radiação fotossinteticamente ativa incidente (RFA_i) em uma subparcela de *P. regnellii* sob 50% de sombra. Janeiro de 2010, Bagé, RS.

A RFA interceptada acumulada (RFA_{int}) foi estimada utilizando-se dados de radiação global (RS), obtidos e registrados pela estação meteorológica automática do INMET conjuntamente com as medições de IL realizadas com ceptômetro: para cada intervalo entre cortes, a radiação solar global diária foi calculada pelo somatório dos registros, do período das 9 às 23h (horário GMT), e os totais diários foram somados a partir do corte de uniformização até o final de cada ciclo de avaliação. Os valores acumulados de RS ($MJ\ m^{-2}$), foram convertidos em RFA_i (Tabela 1) utilizando o fator de 0,42 sugerido para as condições do Estado do Rio Grande do Sul por França et al. (1997), e multiplicados pelo percentual de transmissão de radiação dos sombrites (50% e 20%) e pelo percentual de IL, estimado a cada corte.

Tabela 1. Radiação fotossinteticamente ativa incidente (RFA_i) sob dois níveis de sombreamento artificial (50% e 80%) e sob pleno sol (0%), ao longo de dois ciclos de avaliação (2008/2009 e 2009/2010). Bagé, RS.

Ciclo de avaliação	Nível de sombra	dezembro	janeiro	fevereiro	março	abril	média	% RFA _i
		----- $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ -----						
2008/2009	0%	1361	1309	1376	1552	1262	1372	100
	50%	637	549	654	691	572	620	45
	80%	295	361	309	327	265	311	23
	média	765	739	780	856	700	768	
2009/2010	0%	1761	1523	1677	1357	1419	1547	100
	50%	918	745	821	696	653	767	54
	80%	462	342	414	466	298	396	26
	média	1047	870	970	840	790	903	

3.8 Elementos micrometeorológicos

A temperatura do dossel e a umidade do solo foram determinadas por meio de sensores acoplados a um “datalogger” (modelo CR10X, Campbell Scientific, Logan, EUA), com leituras a cada 30 segundos e o valor médio registrado a cada hora. Devido a limitações na disponibilidade de equipamentos, foi possível monitorar estas variáveis micrometeorológicas em apenas uma das três repetições. No primeiro ciclo os sensores foram instalados aos 69 dias após o corte de rebaixamento e no segundo ciclo os dados de temperatura e umidade do solo foram coletados a partir de 40 dias após a roçada de emparelhamento.

A temperatura do dossel foi monitorada por pares termoeletrônicos de cobre-constantan instalados a aproximadamente 50 cm do topo do dossel forrageiro. O monitoramento do conteúdo volumétrico de água no solo ocorreu durante os dois ciclos de avaliação das forrageiras por meio de reflectômetros (CS616- Water Content Reflectometer - Campbell Scientific, Inc.) instalados na

profundidade de 30 cm, na porção central de uma unidade experimental por tratamento (em apenas uma repetição). Os dados obtidos foram convertidos em umidade volumétrica utilizando equações de calibração, de acordo com os teores de matéria orgânica e argila do solo, conforme descrito no manual do fabricante.

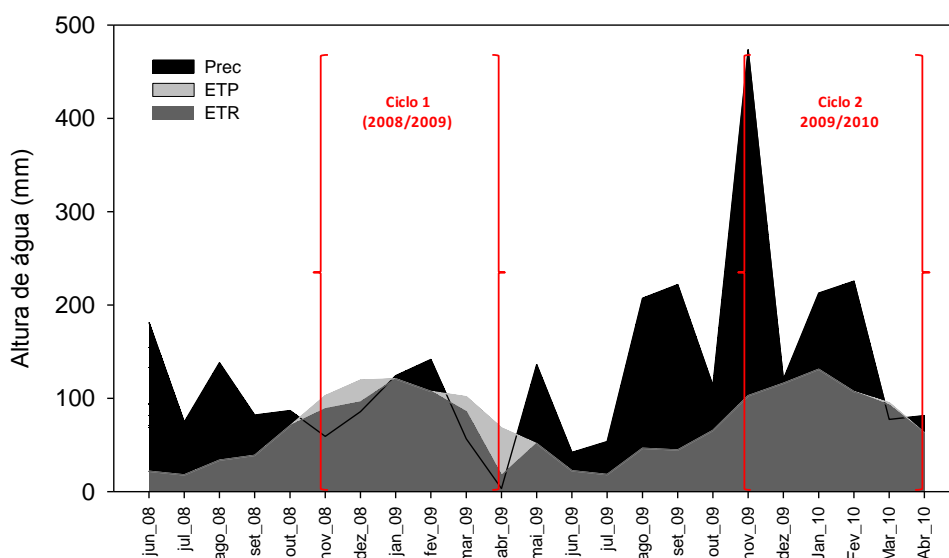


Figura 4. Precipitação (P), evapotranspiração potencial (ETP), evapotranspiração de referência (ETR) ao longo do período experimental (Junho 2008 a abril de 2010). Períodos de ocorrência de déficit hídrico estão caracterizados onde a ETP é maior que a ETR (áreas claras). Cálculos realizados segundo Thornthwaite & Mather (1955) para capacidade de água disponível no solo de 50 mm. Bagé, RS.

Os dados referentes à monitoração microclimática permitem uma caracterização parcial dos três micro-ambientes, criados pela imposição das telas de sombreamento e ao sol pleno. Porém, possivelmente devido ao fato de terem sido realizadas campanhas de monitoramento nos ciclos de avaliação em apenas uma das repetições, os dados de umidade do solo referentes a cada um dos ciclos (2008-2009 e 2009-2010), não refletiram adequadamente a enorme diferença em pluviosidade total entre estes dois períodos (Figura 4), assim o conteúdo de água no solo foi semelhante entre os dois ciclos (Figuras

5 e 6); porém é possível observar que os tratamentos sombreados proporcionaram maiores níveis de conteúdo volumétrico de água no solo, especialmente no segundo ciclo.

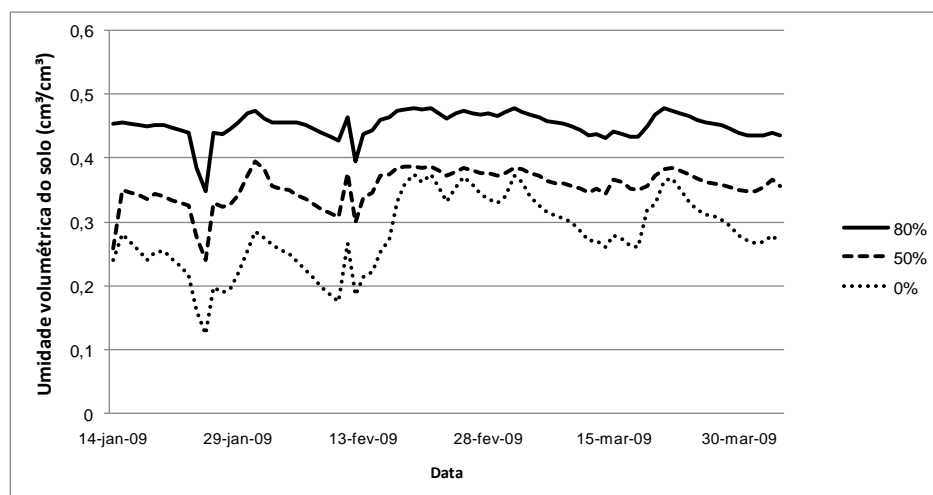


Figura 5. Umidade volumétrica do solo sob dois níveis de sombra artificial (80% e 50%) e sob sol pleno (0%). Janeiro a março de 2009, Bagé, RS.

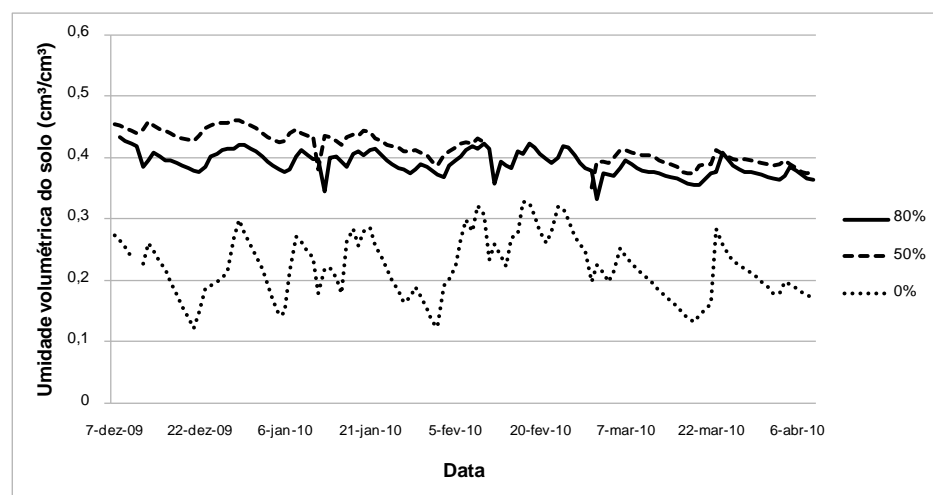


Figura 6. Umidade volumétrica do solo sob dois níveis de sombra artificial (80% e 50%) e sob sol pleno (0%). Dezembro de 2009 a abril 2010, Bagé, RS.

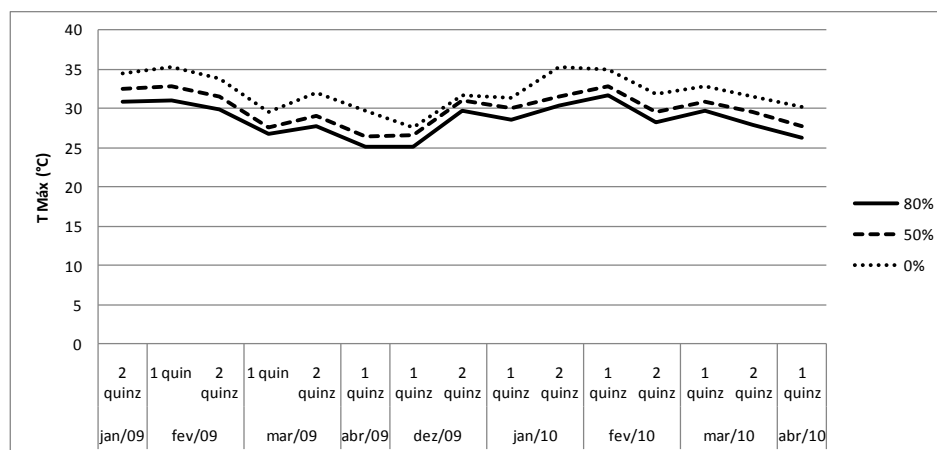


Figura 7. Temperaturas máximas do dossel sob dois níveis de sombra (50% e 80%) e sob pleno sol, ao longo dos períodos de avaliação. Médias de dois genótipos forrageiros (*P. regnellii* e *Arachis pinto*). Janeiro de 2009 a abril 2009 e de dezembro de 2009 a abril de 2010. Bagé, RS.



Figura 8. Subparcela de *Arachis pinto* sob 50% de sombra. Em detalhe o abrigo para o sensor de cobre-constantan. Fevereiro de 2010, Bagé, RS.

3.9 Estimativa da eficiência de uso da radiação (EUR)

A EUR foi determinada a partir da regressão linear entre o rendimento de matéria seca (RENDMS) acumulado e a RFA_{int} acumulada no mesmo período, utilizando as informações de todos os cortes realizados ao longo de cada ciclo de avaliação; os coeficientes angulares (inclinação das retas) representam a eficiência com que as plantas transformam a RFA_{int} em biomassa aérea (g MS MJ⁻¹ de RFA_{int}) (Healey et al., 1998; Kiniry et al., 1999; Feldhake et al., 2009) e os parâmetros de interpretação biológica do modelo foram comparados por meio de seus intervalos de confiança (IC).

3.10 Relações entre IAF e IL

A relação testada entre o IAF e a IL foi a do modelo de atenuação luminosa dentro do dossel, descrito Monsi & Saeki (1953) a partir da adaptação da lei de Beer:

$$I = I_0 e^{-KF}$$

Onde

I é o fluxo de fótons fotossintéticos (RFA) medido em um plano horizontal acima do dossel

F é o índice de área foliar

K é o coeficiente de extinção

I₀ é a irradiância na base do dossel

O coeficiente de extinção da RFA foi determinado por meio do modelo de regressão:

$$IL = IL \text{ máx } [1 - \exp (K \cdot IAF)]$$

Onde

IL é a quantidade da RFA interceptada ($RFA_i - RFA_t$) dividida pela RFA_t

IL máx é a assíntota da curva desta relação exponencial.

IAF é o índice de área foliar.

3.11 Nitrogênio na forragem

As amostras de MS foram moídas em moinho tipo “Willey”, com peneira de 1,0 mm, sendo, após, encaminhadas ao laboratório. O teor de N na forragem foi determinado pelo método Kjeldahl, por meio da determinação do nitrogênio total (N), em digestão ácida por ácido sulfúrico (AOAC, 1975). Este procedimento analítico foi executado no Laboratório de Nutrição Animal da Embrapa Pecuária Sul.

O cálculo do nível crítico de N foi realizado com base nas equações desenvolvidas por Lemaire & Gastal (1997):

$$N = a'(Wc)^{1-b}$$

Onde:

a' = representa a absorção de N pela cultura (kg N ha^{-1});

W = representa o acúmulo de biomassa aérea (ton MS/ha^{-1});

b = representa a relação entre as taxas de acúmulo relativo de N e W (adimensional).

Assim, para a determinação do nível crítico de N na biomassa foram aplicadas as seguintes equações, de acordo com a rota fotossintética de assimilação de CO_2 :

Para espécies C4: $N \text{ crítico} = 3,6 * (W^{-0,34})$

Para espécies C3: $N \text{ crítico} = 4,8 * (W^{-0,32})$

Onde o nível crítico de N representa a absorção mínima de N necessária para atingir o máximo acúmulo de matéria seca, expresso em % de N por tonelada de MS. Os índices de nutrição nitrogenada (INN) foram calculados a partir da relação com nível real de N na biomassa aérea (N%) e o nível crítico de N, conforme proposto por Lemaire & Gastal (1997):

$$INN = \frac{(100 * N \%)}{N \text{ crítico}}$$

3.12 Análises estatísticas

Os resultados de rendimento de matéria seca (RENDMS), índice de área foliar (IAF), área foliar específica (AFE), interceptação luminosa (IL) e índice de nutrição nitrogenada (INN) obtidos para cada genótipo foram submetidos à análise da variância (ANOVA) e o efeito médio dos tratamentos foi comparado pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Também foram realizadas medidas repetidas no tempo da análise da variância, para estimar os efeitos da data de corte sobre as variáveis, utilizando o programa SAS para modelos mistos (PROC MIXED) (SAS, 2005).

Para as relações entre as variáveis (IL, IAF, RENDMS), os dados foram submetidos à análise de regressão em nível de 5% de probabilidade utilizando-se o PROC REG, (SAS, 2005) e a escolha dos modelos para estabelecer estas relações, foi mediante o exame do valor F e do coeficiente de determinação, associados ao significado biológico do resultado. Os parâmetros

de interpretação biológica dos modelos foram comparados por meio de seus intervalos de confiança.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As condições meteorológicas durante os dois ciclos de avaliação estão apresentadas por médias mensais na Figura 9. O padrão das temperaturas médias do ar durante o período de dezembro a abril, nos dois ciclos de avaliação, foi semelhante, oscilando entre 18 e 24° C. Porém, em termos de precipitação pluvial total, os dois ciclos apresentaram condições muito contrastantes. A precipitação acumulada no primeiro ciclo totalizou 470 mm e 1.190 mm no segundo ciclo, sendo que apenas no mês de novembro de 2009 foi registrada uma quantidade de 460-470 mm, equivalente a toda precipitação acumulada no primeiro ciclo.

O exame da Figura 9 revela que no primeiro ciclo predominou uma situação de menor disponibilidade hídrica, com valores de evapotranspiração real (ETR) maiores do que a precipitação pluvial, com déficits em novembro, março e abril 2009, enquanto no segundo ciclo não houveram déficits de umidade. Sob o ponto de vista das relações termo-hídricas, o segundo ciclo de avaliação apresentou condições ambientais bem mais favoráveis para o crescimento dos genótipos do que o primeiro ciclo.

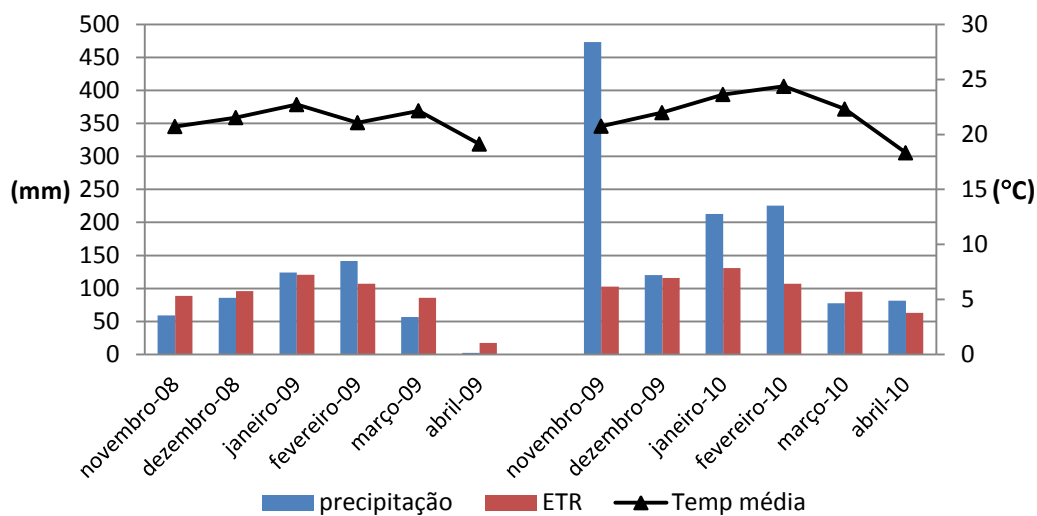


Figura 9. Precipitação, temperatura média e evapotranspiração real (ETR), durante dois ciclos de avaliação. Bagé, RS.

Além disso, durante o primeiro ciclo o déficit de água do solo (DAS) foi de 14 mm, em novembro de 2008, aumentando para 51 mm em abril de 2009; no segundo ciclo não foi verificada ocorrência de DAS.

4.1 Efeito dos níveis de sombra sobre o rendimento total de matéria seca (RENDMS)

De modo geral, em média sob os dois ciclos, o cultivo sob sombreamento intenso (80%) reduziu a produção de forragem média dos genótipos avaliados, porém, o cultivo sob sombreamento moderado (50%) proporcionou maiores rendimentos de forragem, em relação ao pleno sol (Tabela 2).

Os rendimentos médios de forragem obtidos no segundo ciclo de avaliação foram 37 % superiores em relação ao primeiro, em média sobre os quatro genótipos avaliados; seguramente, a maior precipitação verificada no segundo ciclo (Figura 9), foi a principal determinante para estabelecer a larga

diferença média de rendimento entre os dois ciclos (Tabela 2).

Tabela 2. Rendimento médio de matéria seca de *Paspalum regnellii*, *Paspalum dilatatum*, *Paspalum notatum* e *Arachis pintoii*, cultivados sob sol pleno (0% de sombra), sombra moderada (50% de sombra) e sombra intensa (80% de sombra), em dois ciclos de avaliação. Médias de três repetições. Bagé, RS.

Genótipo	Nível de sombra (%)	Ciclo 1*		Ciclo 2		Média				
		RENDMS	EP	RENDMS	EP	RENDMS	EP			
g/m ²										
<i>P. regnellii</i>	0	691,5	A**	52,5	1266,8	AB	53,4	979,2	B	41,8
	50	900,0	A	52,5	1417,4	A	52,4	1158,7	A	41,4
	80	809,5	A	53,4	1144,4	B	52,4	977,0	B	41,8
	média	800,4	b***	30,5	1276,2	a	30,5	1038,3		
<i>P. dilatatum</i>	0	558,8	B	54,5	1006,1	A	53,5	782,4	B	42,0
	50	826,8	A	53,5	1017,6	A	53,5	922,2	A	41,6
	80	443,7	B	57,6	836,3	B	53,5	640,0	C	42,9
	média	609,8	b	37,6	953,3	a	36,7	781,6		
<i>P. notatum</i>	0	368,7	AB	22,89	513,6	AB	23,1	441,2	B	17,4
	50	423,6	A	22,89	566,4	A	23,1	495,0	A	17,4
	80	275,6	B	23,74	440,7	B	27,7	358,2	C	19,3
	média	356,0	b	15,09	506,9	a	15,9	431,4		
<i>A. pintoii</i>	0	494,0	A	38,5	816,7	A	38,5	655,4	A	33,0
	50	415,8	AB	39,9	810,3	A	39,9	613,0	A	33,3
	80	299,5	B	38,5	489,8	B	38,5	394,6	B	33,0
	média	403,1	b	28,4	705,6	a	28,1	554,3		
		542			861			701		

*Ciclo 1= dezembro de 2008 a abril de 2009 e Ciclo 2 =dezembro de 2009 a abril de 2010.

**Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes nas colunas, para cada genótipo diferem pelo teste Tukey a 5% de significância.

*** Médias seguidas por letras minúsculas diferentes nas linhas, para cada ciclo de crescimento diferem pelo teste Tukey a 5% de significância.

EP= Erro padrão das médias

Constatou-se uma forte influência das condições meteorológicas, temperatura e umidade especialmente, prevaletentes em cada ciclo de avaliação sobre o desempenho produtivo dos genótipos sob sombra. Como conseqüência, no primeiro ciclo, a maioria dos genótipos sob pleno sol apresentou rendimentos menores em comparação com o nível de 50% de sombra (Tabela 2), possivelmente pelo microclima favorável gerado por efeito

da redução da radiação sob as telas de sombreamento. No segundo ciclo, sem ocorrência de DAS, o sombreamento moderado não apresentou um efeito significativo sobre o rendimento de forragem (Tabela 2) em relação ao pleno sol, como ocorreu no primeiro ciclo para os quatro genótipos.

A ocorrência do maior rendimento sob sombreamento moderado no primeiro ciclo pode também estar relacionada com os seguintes aspectos ambientais: a) As determinações pontuais da temperatura do dossel, em pleno sol e sob os dois níveis de sombra mostraram reduções médias de até 3°C nas temperaturas máximas sob os sombrites (Figura 7); b) Em relação à umidade volumétrica na camada superficial do solo (0-30 cm), foram observados valores médios de 0,24 e 0,41 cm³ cm⁻³ sob pleno sol e sob sombrites, respectivamente; isto representa um incremento relativo de 70,8% no conteúdo volumétrico de água sob as telas de sombrites em relação ao conteúdo de água no solo sob pleno sol. Portanto, é razoável concluir que as telas de sombreamento proporcionaram um microambiente mais favorável para o crescimento das forrageiras, especialmente no ciclo em que ocorreu a menor disponibilidade hídrica.

Assim sendo, os maiores rendimentos médios de matéria seca obtidos sob sombra moderada, podem ser explicados pela interação positiva com o microclima gerado por este nível de sombra, já que as avaliações ocorreram durante o período de primavera-verão, caracterizado na região pela predominância de períodos de estiagem pluvial e altas temperaturas.

Estes resultados concordam com os obtidos em outros estudos de avaliação de forrageiras sob sombreamento que também reportam efeitos

benéficos do sombreamento moderado (40 a 50% da luz solar plena) sobre a produção de forragem, especialmente em ambientes com limitações na disponibilidade de recursos hídricos:

Gobbi et al. (2009) avaliaram a produção de matéria seca do capim-braquiária (*Brachiaria decumbens* cv. Basilisk) em resposta a três níveis de sombreamento artificial (0, 50 e 70%) em diferentes estações do ano, em Viçosa, MG, encontrando uma redução linear da produção de forragem sob sombreamento na estação chuvosa: 28 e 52% para os níveis de 50 e 70% de sombreamento, respectivamente, em relação ao tratamento a pleno sol; porém, na estação seca, a produção de matéria seca não apresentou variação significativa entre os níveis de sombreamento e pleno sol.

Ludwig et al. (2001) no norte da Tanzânia, associaram a disponibilidade hídrica do solo ao efeito do sombreamento natural por *Acacia tortilis* sobre a produção do estrato herbáceo. Estes autores observaram maior produção de biomassa nas forrageiras a pleno sol no período de alta disponibilidade hídrica; Por outro lado, quando os recursos hídricos passam a ser limitantes durante a estação seca da savana tropical, o efeito da sombra sobre a produção de forragem começa a ser positivo, em virtude de uma melhora no status hídrico das plantas em ambientes sob 55% de restrição luminosa.

No geral, houve redução na produção de forragem sob sombra intensa (80%) para a maioria dos genótipos. *P. regnellii*, foi a única espécie que apresentou boa tolerância à este nível de sombra, em relação ao pleno sol, isto é, sem redução significativa no rendimento (Tabela 2). Ou seja, mesmo sob

condições microclimáticas mais favoráveis ao crescimento sob 80% sombra, a baixa radiação passa a ser limitante para a maioria das forrageiras de estação quente (especialmente as gramíneas C4), provavelmente em função da redução nas taxas fotossintéticas sob níveis muito baixos de RFA (Lin et al., 2001).

4.2 Rendimento cumulativo de matéria seca

Em função da metodologia adotada para realizar cortes mensais em diferentes faixas de cada genótipo, a seguir serão apresentados e discutidos resultados do desempenho produtivo mensal acumulado dos quatro genótipos sob os três níveis de sombra. A curva de crescimento acumulado resultante desta metodologia pode ser útil ao processo ao revelar diferentes potencialidades genéticas entre as espécies em virtude de suas respostas produtivas mais favoráveis ou positivas aos níveis de sombra e/ou de suas eventuais interações com fatores ambientais ao longo da estação de crescimento das forrageiras.

a) *Paspalum regnellii* foi a única espécie que não apresentou redução na produção de biomassa aérea sob sombreamento intenso em comparação com a testemunha (sol pleno) (Tabela 2). Sob sombreamento moderado, este genótipo apresentou incremento de 18% no RENDMS, em relação ao pleno sol. Em média sobre os dez cortes realizados nos dois ciclos de avaliação, foi determinado um rendimento médio da ordem de 1038 g m⁻². Em termos do rendimento acumulado foram encontrados valores médios muito elevados para esta espécie, da ordem de 1500 e 1700 g m⁻², em média sobre

os três regimes luminosos, para os ciclos 1 e 2, respectivamente (Figura 10 - mês de abril 2009 e Figura 11- mês abril de 2010).

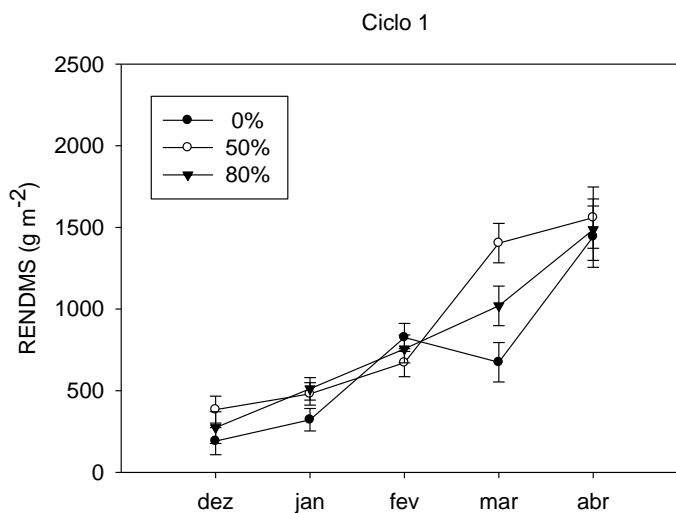


Figura 10. Evolução mensal cumulativa do rendimento de MS de *Paspalum regnellii*, sob três níveis de sombra: sol pleno (0% de sombra), 50% de sombra e 80% de sombra, no primeiro ciclo de avaliação (2008/2009). Símbolos representam a média de três repetições e as barras, o erro padrão das médias, para cada avaliação. Bagé, RS.

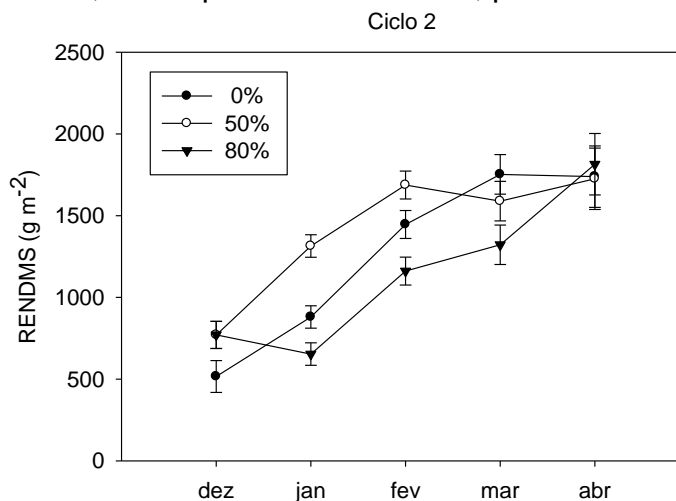


Figura 11. Evolução mensal cumulativa do rendimento de MS de *P. regnellii*, sob três níveis de sombra: sol pleno (0% de sombra), 50% de sombra e 80% de sombra, no segundo ciclo de avaliação (2009/2010). Símbolos representam a média de três repetições e as barras, o erro padrão das médias, para cada avaliação. Bagé, RS.

Existem poucas informações sobre o desempenho produtivo desta

gramínea nativa sob sol pleno (Primavesi et al, 2008; Varella et al.,2009); sob sombreamento. Varella et al. (2009), reportam produções de 1800 e 1560 g MS m⁻², nos níveis de 50 e 80% de sombreamento, respectivamente.

b) *Paspalum dilatatum* produziu em média 922 g m⁻² sob 50% de sombra representando um incremento de 18% no RENDMS médio obtido sob pleno sol; porém sob 80% de sombra, o rendimento médio foi de 640 g m⁻² (Tabela 2), ou seja, uma redução de 20% no rendimento de matéria seca.

Estes resultados são semelhantes aos reportados por Varella et al. (2009) que encontraram rendimentos de 980 e 740 g MS m⁻² para *P. dilatatum*, respectivamente, sob os mesmos níveis de sombra. A interação nível de sombra*data de corte*ciclo de avaliação foi significativa, (P≤0,05) e os rendimentos sob 50% de sombra foram maiores (P≤0,05) nos meses de fevereiro, março e abril do primeiro ciclo de avaliações (Figura 12).

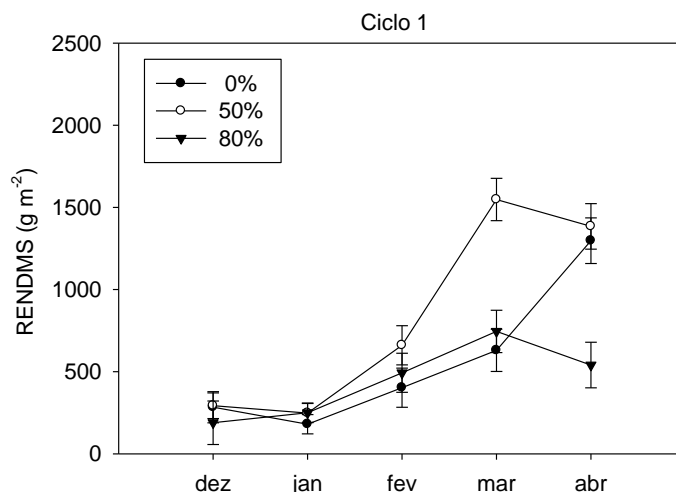


Figura 12. Evolução mensal cumulativa do rendimento de MS de *Paspalum dilatatum* sob três níveis de sombra: sol pleno (0% de sombra), 50% de sombra e 80% de sombra, no primeiro ciclo de avaliação (2008/2009). Símbolos representam a média de três repetições e as barras, o erro padrão das médias para cada avaliação. Bagé, RS.

No segundo ciclo, os rendimentos acumulados sob sol pleno foram maiores em relação aos outros tratamentos (Figura 13). Nesse sentido, parece ter havido uma interferência da disponibilidade hídrica sobre os efeitos do sombreamento, de modo que no ciclo 1 (com ocorrência de déficit hídrico nos meses de novembro, dezembro, janeiro e março) maiores produções foram obtidas sob sombra moderada; no segundo ciclo, sem deficiência hídrica, a produção média de forragem não diferiu entre os tratamentos.

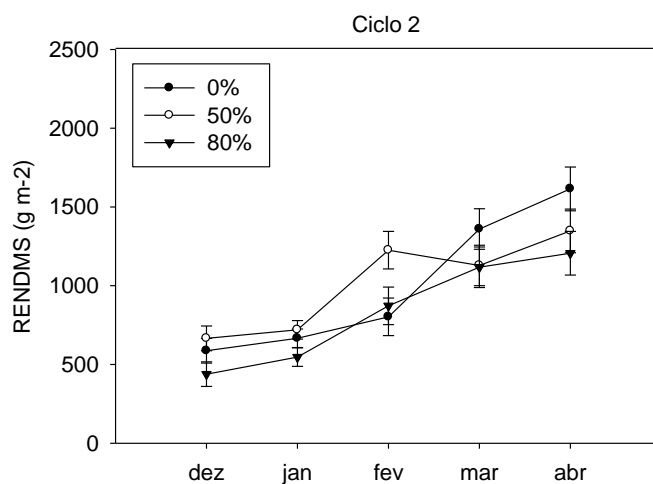


Figura 13. Evolução mensal cumulativa do rendimento de MS de *P. dilatatum* sob três níveis de sombra: sol pleno (0% de sombra), 50% de sombra e 80% de sombra, no segundo ciclo de avaliação (2009/2010). Símbolos representam a média de três repetições e as barras, o erro padrão das médias (EP) para cada avaliação. Bagé, RS.

Em relação ao rendimento acumulado no primeiro ciclo (Figura 12), os maiores rendimentos foram obtidos no mês de março sob sombra moderada (1548 g MS m⁻²), sendo que no mês de abril houve uma queda no acúmulo de forragem, provavelmente em função do início do processo de senescência. No segundo ciclo (Figura 13), os maiores valores de acúmulo de MS ocorreram no mês de abril sob pleno sol (1615 g MS m⁻²).

Stür (1990), em Queensland, Austrália, utilizando irrigação, reportou respostas relativas diferentes de *P. dilatatum* aos mesmos níveis de sombra artificial utilizados no presente trabalho: sob 50% de sombreamento os rendimentos de matéria seca não foram alterados em relação ao pleno sol; porém, sob 80% de sombra houve uma redução drástica (73%) no rendimento de biomassa em comparação com a condição de pleno sol.

c) *Paspalum notatum* apresentou o mesmo padrão de respostas de *P. dilatatum* aos níveis de sombra testados, embora o rendimento anual tenha sido significativamente inferior: um incremento no RENDMS sob sombra moderada e uma redução de 20% sob sombra intensa. Em média, os rendimentos sob 50% e 80% de sombra foram de 495 e 358 g MS m⁻², respectivamente (Tabela 2); estes rendimentos também são semelhantes aos encontrados para esta espécie por Varella et al. (2009), os quais variaram entre 580 e 500 g MS m⁻² para os mesmos níveis de sombra, respectivamente.

Os rendimentos acumulados máximos de *P. notatum* alcançaram valores de 776 e 1065 g m⁻² para o primeiro ciclo (sob pleno sol- Figura 14) e segundo ciclo (sob sombra moderada- Figura 15), respectivamente. Para esta espécie, assim como para *P. dilatatum*, parece ter havido uma interferência da disponibilidade hídrica sobre as respostas produtivas em relação aos tratamentos, de forma que no ciclo de avaliação com déficit hídrico (2008/2009), os rendimentos de forragem foram maiores sob sombra moderada e, no ano sem restrição de umidade os rendimentos não difeririam entre sombra moderada e pleno sol.

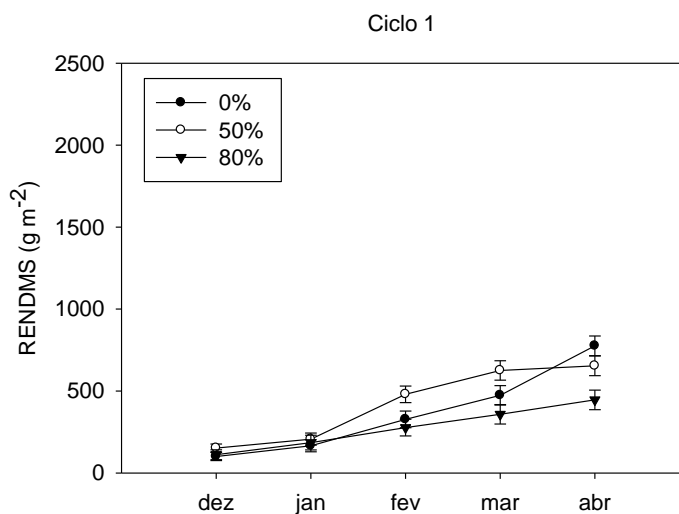


Figura 14. Evolução mensal cumulativa do rendimento de MS de *Paspalum notatum* sob três níveis de sombra: sol pleno (0% de sombra), 50% de sombra e 80% de sombra, no primeiro ciclo de avaliação (2008/2009). Símbolos representam a média de três repetições e as barras, o erro padrão das médias para cada avaliação. Bagé, RS.

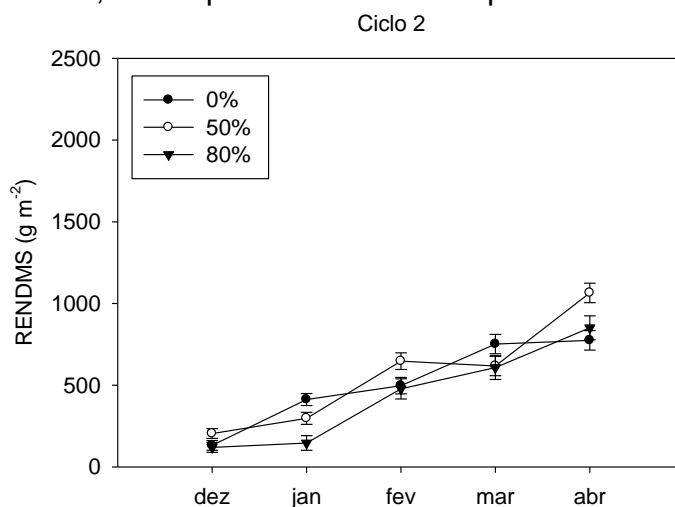


Figura 15. Evolução mensal cumulativa do rendimento de MS de *P. notatum* sob três níveis de sombra: sol pleno (0% de sombra), 50% de sombra e 80% de sombra, no segundo ciclo de avaliação (2009/2010). Símbolos representam a média de três repetições e as barras, o erro padrão das médias para cada avaliação. Bagé, RS.

Esta é uma espécie com reconhecido potencial para utilização em SSP, inclusive com incremento do rendimento e do valor nutritivo da forragem sombreada: Wilson et al. (1990) no sul de Queensland, Austrália, encontraram

incremento de 35% no rendimento de matéria seca de *P. notatum* sob sombra de Eucalipto, em relação ao sol pleno. Do mesmo modo, Wild et al. (1993) encontraram incremento nos rendimentos de matéria seca da ordem de 40%, sob 55% de intensidade luminosa de um dossel de *Eucalyptus grandis* de oito anos de idade, no litoral sul de Queensland.

d) Para *Arachis pintoii* o sombreamento intenso (80%) reduziu ($P \leq 0,05$) o rendimento de forragem nos dois ciclos de avaliação (Tabela 2), sendo que em média a redução foi da ordem de 40%. Já o sombreamento moderado (50%) não afetou significativamente a produção de biomassa aérea da leguminosa (Tabela 2). Estes resultados concordam parcialmente com Gobbi et al. (2009), que reportam uma redução de 28% no rendimento de *A. pintoii* cv. Amarillo sob 70% de sombra, porém diferente do presente trabalho, que não apresentou diferenças no rendimento sob sombra moderada, estes autores reportam uma redução de 24% sob 50% de sombra em relação ao rendimento sob pleno sol. Já Andrade & Valentim (1999), relatam diferenças em resposta ao sombreamento em função da disponibilidade hídrica (ou da estação do ano) em termos de produção de biomassa aérea de *Arachis pintoii* BRA – 031143: houve uma redução linear com os níveis de sombreamento no período chuvoso e um incremento linear no período seco. No presente estudo, porém, não foi observada esta diferença apesar das avaliações terem sido realizadas em dois ciclos tão contrastantes em termos de disponibilidade hídrica (Figura 4).

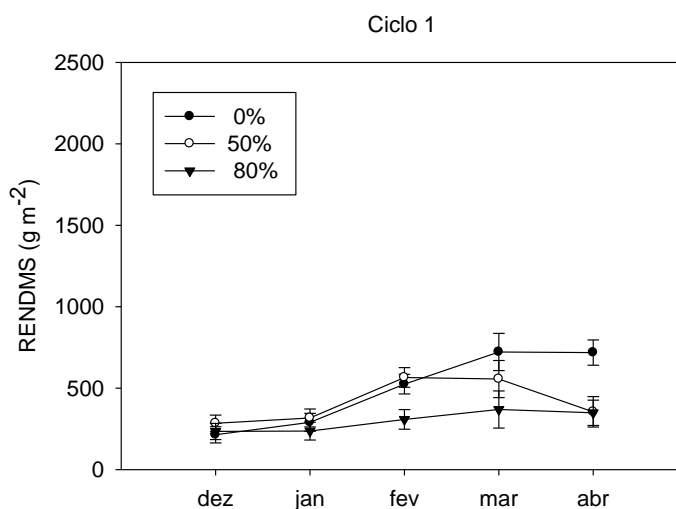


Figura 16. Evolução mensal cumulativa do rendimento de MS de *Arachis pintoi* sob três níveis de sombra: sol pleno (0% de sombra), 50% de sombra e 80% de sombra, no primeiro ciclo de avaliação (2008/2009). Símbolos representam a média de três repetições e as barras, o erro padrão das médias, para cada avaliação. Bagé, RS.

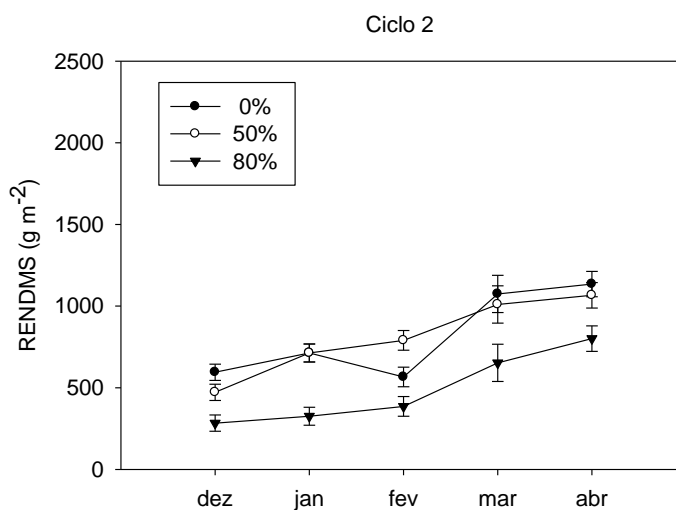


Figura 17. Evolução mensal cumulativa do rendimento de MS de *A. pintoi* sob três níveis de sombra: sol pleno (0% de sombra), 50% de sombra e 80% de sombra, no segundo ciclo de avaliação (2009/2010). Símbolos representam a média de três repetições e as barras, o erro padrão das médias, para cada avaliação. Bagé, RS.

Em resumo, para *P. dilatatum* e *P. notatum*, os efeitos positivos do sombreamento sobre a produção de forragem estiveram claramente ligados com a disponibilidade hídrica do ciclo de avaliação. Estes genótipos

apresentaram maiores rendimentos sob sombra moderada (50%) quando a disponibilidade hídrica foi limitante ao seu crescimento sob pleno sol. *P. regnellii*, no ciclo de avaliação com menor disponibilidade hídrica o RENDMS não diferiu entre pleno sol e 50% de sombra; entretanto, no segundo ciclo, a produção de matéria seca foi maior sob sombreamento moderado, e não diferiu entre sol pleno e 80% de sombra, indicando que este genótipo apresenta elevado grau de adaptação à sombra, independente da disponibilidade hídrica. *A. pintoi* demonstrou aclimatação apenas ao nível moderado de sombreamento, independente da disponibilidade hídrica.

Os resultados obtidos neste trabalho revelam a enorme importância do fator hídrico para a expressão do potencial produtivo dos genótipos avaliados, bem como evidenciam a grande importância do sombreamento moderado no sentido de estabelecer condições mais favoráveis para o crescimento vegetal, ao reduzir a temperatura do dossel e contribuir para manter maior teor de umidade no solo.

4.3 Índice de área foliar (IAF), área foliar específica (AFE) e interceptação luminosa (IL)

Foram detectadas diferenças significativas entre os dois ciclos de avaliação, em relação à estes parâmetros, porém dentro de cada ciclo não foram registradas diferenças entre os tratamentos. Deste modo, em média sobre os dez cortes realizados nos dois ciclos de avaliação, os quatro genótipos apresentaram maiores valores de IAF ($P \leq 0,05$) sob 50% de sombra, em comparação com o IAF sob sol pleno. Sob 80% de sombra, apenas *P.*

regnellii, apresentou maior IAF, em comparação com o pleno sol. Para as outros três genótipos (*P. dilatatum*, *P. notatum* e *A. pintoï*), não foram detectadas diferenças significativas entre 80% de sombra em comparação com o pleno sol (Tabela 3).

Tabela 3. Índice de área foliar (IAF), área foliar específica (AFE) e interceptação luminosa (IL) de *Paspalum regnellii*, *Paspalum dilatatum*, *Paspalum notatum* e *Arachis pintoï*, cultivados sob sol pleno (0% de sombra), sombra moderada (50% de sombra) e sombra intensa (80% de sombra). Médias de dois ciclos de avaliação (dez cortes) e três repetições. Bagé, RS.

Genótipo	Nível de sombra (%)	Índice de área Foliar		Área Foliar específica (cm ² g ⁻¹)		Interceptação luminosa (%)	
		IAF	EP	AFE	EP	IL	EP
<i>P. regnellii</i>	0	4,6 B	0,42	146,7 B	7,3	84 A	3,6
	50	5,7 AB	0,42	168,0 B	7,7	89 A	3,6
	80	6,1 A	0,42	211,4 A	7,3	84 A	3,7
<i>P. dilatatum</i>	0	2,0 B	0,34	127,1 A	11,2	86 AB	1,5
	50	3,1 A	0,33	148,9 A	10,8	88 A	1,5
	80	2,1 AB	0,35	164,2 A	12,2	81 B	1,7
<i>P. notatum</i>	0	2,0 B	0,18	95,0 B	20,1	89 AB	1,4
	50	2,7 A	0,18	116,6 AB	20,2	93 A	1,4
	80	2,2 AB	0,20	190,6 A	22,6	87 B	1,6
<i>A. pintoï</i>	0	4,5 AB	0,48	243,3 A	12,0	89 B	1,7
	50	5,3 A	0,48	255,4 A	12,0	96 A	1,7
	80	3,5 B	0,54	257,0 A	13,0	92 AB	1,7

**Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes nas colunas para cada genótipo, diferem pelo teste Tukey a 5% de significância. EP= Erro padrão das médias

A resposta média para os quatro genótipos foi de incremento do IAF sobre sombra. Nesse sentido, parece razoável associar as respostas morfológicas e aumento da área foliar específica (Tabela 3), com o aumento do IAF. Na literatura especializada, é comum encontrar referências de redução de IAF em resposta ao aumento do sombreamento e em geral estas reduções são associadas à redução do número de perfilhos sob sombreamento (Peri et al.,

2007; Paciullo et al., 2007; Gobbi et al., 2009). No presente trabalho, parece ter havido uma restrição do crescimento sob pleno sol, possivelmente em função da diminuição da disponibilidade de recursos hídricos observada no período estival e, esta restrição foi caracterizada por menores valores de IAF em comparação com os obtidos sob sombreamento.

Por outro lado, muitos estudos relatam incrementos nas relações folha:caule e parte aérea:raiz (Boardmann, 1977; Reynolds, 1995; Kephart et al., 1992; Lin et al., 2001), bem como incrementos na área foliar individual e na área foliar específica (Gobbi et al, 2009; Garcez Neto et al., 2010) em plantas submetidas à sombra. Essas respostas são comuns à gramíneas e leguminosas e segundo Kephart et al. (1992) o incremento da área foliar com concomitante menor peso específico foliar está correlacionado com o desenvolvimento de folhas relativamente maiores e mais finas. A área foliar específica (AFE) foi significativamente ($P \leq 0,05$) maior sob sombreamento apenas para *P. regnellii* e *P. notatum* (Tabela 2), porém para os quatro genótipos avaliados, os valores obtidos de AFE foram maiores com o aumento do nível de sombreamento. Possivelmente em função de elevados coeficientes de variação para esta variável (30,73% e 48,03% para *A. pintoi* e *P. dilatatum*, respectivamente), não tenham sido detectadas diferenças significativas entre os níveis de sombra para estes genótipos.

O aumento na área foliar específica das plantas com o sombreamento representa o padrão esperado de resposta dessa variável, já que muitos estudos demonstram que o sombreamento afeta as relações entre a área e o peso foliares: Garcez Neto et al., (2010) avaliando azevém-perene

(*Lolium perenne*), capim-dos-pomares (*Dactylis glomerata*) e trevo-vermelho (*Trifolium pratense*) em Canterbury, Nova Zelândia, sob diferentes níveis de sombreamento (0, 25, 50 e 75%) reportam incrementos médios de 22 a 79% na AFE entre as forrageiras e concluíram que a AFE foi a variável morfológica que mais consistentemente variou em resposta aos níveis de sombreamento. Lin et al. (2001), avaliando gramíneas e leguminosas de crescimento hibernal e estival em dois níveis de sombreamento artificial (50 e 80%), encontraram que o peso específico foliar, decresceu de 20 a 40% com o aumento do sombreamento. Neste sentido, o aumento da área foliar específica ou a redução do peso específico foliar (que representa a relação do peso seco de folhas por cm^2 de área foliar) sob baixos níveis de radiação está relacionado com alterações anatômicas que podem ocorrer em plantas sombreadas, tais como a redução da espessura das folhas e da cutícula, do número de células do mesófilo, da proporção de tecidos vasculares e de sustentação das folhas, bem como menor densidade de estômatos (Boardmann, 1977; Givinish, 1988; Gobbi et al., 2009). De acordo com Kephart et al. (1992), esta adaptação morfológica está relacionada a manutenção da superfície de captação da energia radiante às expensas da espessura e densidade foliares.

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. A capacidade de otimizar a interceptação luminosa por meio da alteração da arquitetura do dossel, por exemplo, pode permitir que as plantas tolerem diferentes níveis de sombreamento (Fernández et al., 2004).

No presente estudo, o cultivo sob sombreamento moderado causou incremento significativo na interceptação luminosa pelo dossel (Tabela 3). Porém os níveis de IL sob 80% de sombra não foram, em geral, alterados em comparação com o pleno sol. Esta resposta, de maiores valores de IL sob 50% de sombra, possivelmente está relacionada aos resultados obtidos em termos de incremento do IAF sob este nível de restrição luminosa,

4.4 Relações entre índice de área foliar (IAF) e interceptação luminosa (IL)

Nas Figuras 18 a 25 são apresentadas as relações entre o índice de área foliar e a interceptação luminosa. No geral, estas relações ajustaram-se a diferentes modelos exponenciais de acordo com o nível de sombra imposto, e estão apresentadas por genótipo forrageiro e por ciclo de avaliação (2008-2009 e 2009-2010). O coeficiente de extinção da RFA (K) foi determinado a partir destas regressões e, com base na interpretação das respostas biológicas e do exame dos intervalos de confiança gerados, se o K (coeficiente angular) da equação estivesse no mesmo intervalo de confiança, as relações eram expressas por regressões iguais para diferentes níveis de sombra.

Foram obtidos elevados valores de IAF desde as primeiras até as últimas avaliações (com até 150 dias de crescimento acumulado), para os quatro genótipos. Mesmo após ter sido atingido o nível crítico de IAF (95% de IL), este valor prosseguiu em evolução a níveis constantes –máximos- de IL (Figuras 18 a 25).

A estabilização da interceptação luminosa variou de acordo com o

IAF do genótipo forrageiro e com o nível de sombreamento ao qual foi exposto: Para *P. regnellii*, no primeiro ciclo de avaliação a relação entre a IL e o IAF foi idêntica para os tratamentos de 50% de sombra e pleno sol, sendo então expressa em uma única regressão; assim, nestes dois tratamentos a estabilização da IL ocorreu em 96,28% em valores de IAF próximos a 6, enquanto sob 80% de sombra a estabilização ocorreu em 95,22% (IAF \cong 4) (Figura 18). Para este genótipo foram obtidos valores médios de K, ao longo do primeiro ciclo de avaliação da ordem de 0,74 sob os níveis de sombra de 0% e 50% e de 1,21 sob 80% de sombra.

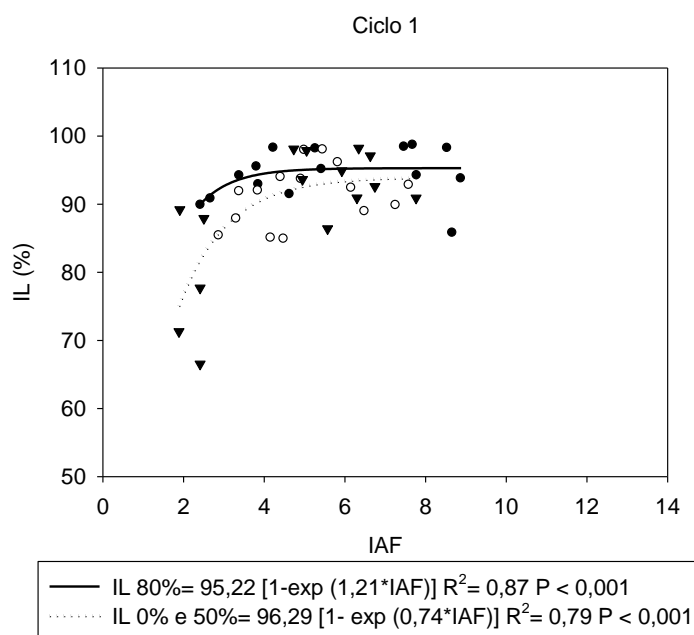


Figura 18. Relação entre índice de área foliar (IAF) e interceptação luminosa (IL) de *Paspalum regnellii* no primeiro ciclo de avaliação (2008/2009), crescendo sob pleno sol (\blacktriangledown) 50% de sombra (\circ) e 80% de sombra (\bullet). Bagé, RS.

No segundo ciclo de avaliação, a estabilização da IL ocorreu em 98,22% para 80% de sombreamento e em 100% de IL sob pleno sol, sendo este um valor teórico, obtido a partir do ajuste das equações de regressão. Sob

50% de sombra a relação entre IL e IAF não se ajustou a um modelo exponencial (Figura 19), possivelmente em função do grande acúmulo de caules verificado neste ciclo de avaliação, o que pode ter interferido sobre as determinações, provocando aumento da IL.

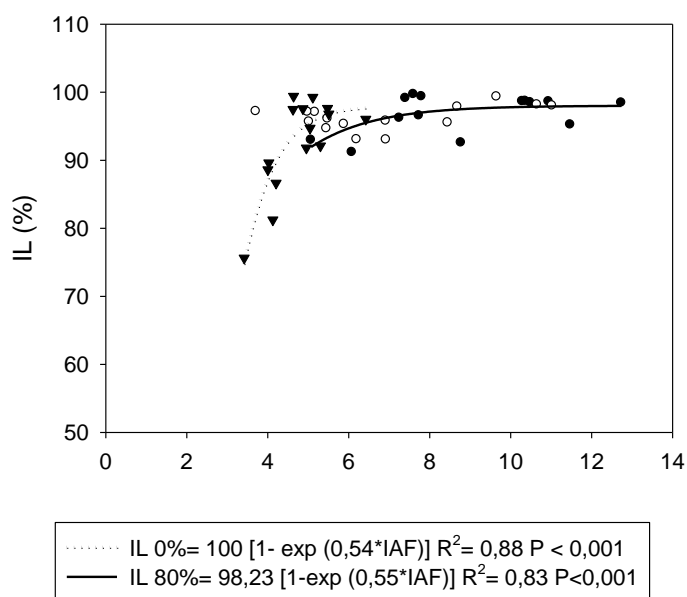


Figura 19. Relação entre índice de área foliar (IAF) e interceptação luminosa (IL) de *Paspalum regnellii* no segundo ciclo de avaliação (2009/2010), crescendo sob pleno sol (\blacktriangledown) 50% de sombra (\circ) e 80% de sombra (\bullet). Bagé, RS.

Valores mais elevados de IL acompanhados de maior IAF foram observados no segundo ciclo (Figura 19), em comparação com o primeiro (Figura 18). Certamente as mesmas condições que levaram a obtenção de rendimentos de forragem 37% superiores em relação ao primeiro ciclo, ocasionaram maior acúmulo de tecidos, inclusive folhas (ou lâminas) levando a valores mais altos de IAF e IL para *P. regnellii* neste segundo ciclo. Sob 80% de sombra, os valores de IL sempre estiveram próximos da estabilização ou acima de 90%, mesmo nas avaliações iniciais dos dois ciclos, ou seja, a parte inicial da curva de resposta, com baixos valores de IL não foi contemplada em

nenhuma das avaliações realizadas. Neste ciclo os valores de K para *P. regnellii* foram de 0,55 e 0,54 para 80% e 0% de sombra, respectivamente (Figura 19).

Paspalum dilatatum também apresentou modelos de regressão exponencial idênticos para 50% de sombra e sol pleno no primeiro ciclo de avaliação (Figura 20), sendo que a estabilização da IL nesses dois tratamentos ocorreu em 92,71% (em valores de IAF próximos a 4); sob 80% de sombra a estabilização ocorreu em 84,95%, próximo ao IAF=3 (Figura 20). Os valores médios de K foram de 1,07 sob 50% de sombra e 1,34 sob 80% de sombra (Figura 20).

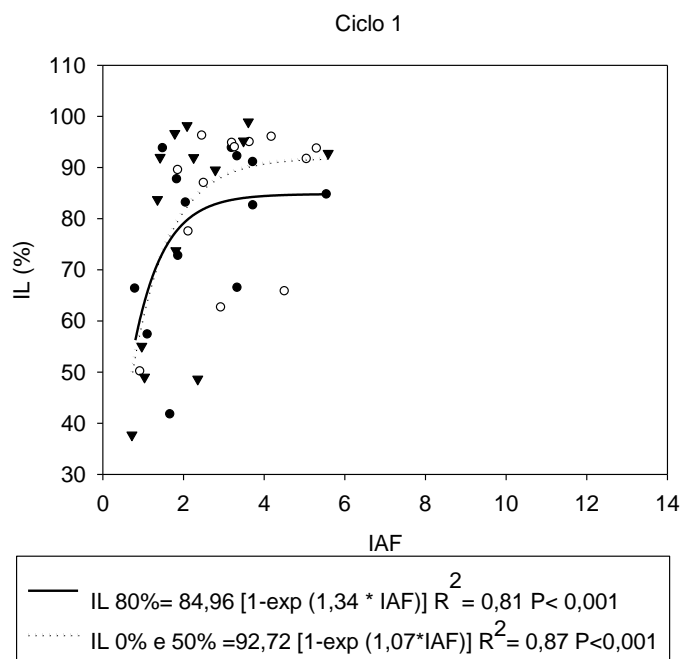


Figura 20. Relação entre índice de área foliar (IAF) e interceptação luminosa (IL) de *P. dilatatum* no primeiro ciclo de avaliação (2008/2009) crescendo sob pleno sol (\blacktriangledown) 50% de sombra (\circ) e 80% de sombra (\bullet). Bagé, RS.

No segundo ciclo de avaliação, as relações entre a IL e o IAF de *P. dilatatum* não se ajustaram a modelos exponenciais (Figura 21). Neste ciclo,

este genótipo apresentou uma grande quantidade de hastes já em indução floral, desde as primeiras datas de avaliação, ou seja, um padrão de florescimento muito heterogêneo, porém abundante e constante, ao longo de todo o ciclo de avaliação. Assim, este fator de confundimento, causado pela grande quantidade de colmos interferindo sobre a interceptação da RFA, pode ter causado discrepâncias nas relações entre as duas variáveis. Além disso, a presença uma grande quantidade de plantas com hastes secas, dificultou a amostragem e também a determinação do IAF, assim contribuindo para a elevação do erro experimental.

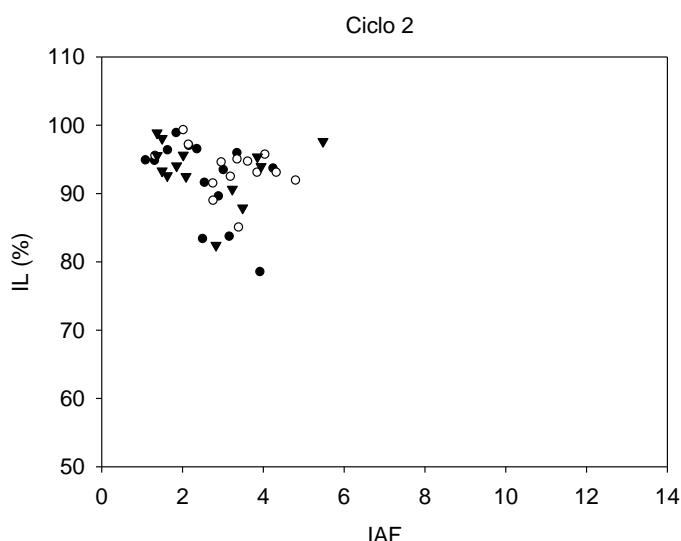


Figura 21. Relação entre índice de área foliar (IAF) e interceptação luminosa (IL) de *P. dilatatum* no segundo ciclo de avaliação (2009/2010) crescendo sob pleno sol (▼) 50% de sombra (○) e 80% de sombra (●). Bagé, RS.

Para *Paspalum notatum*, da mesma forma que para as outras duas gramíneas, uma única equação descreve a resposta da IL em função do IAF para 50% e 0% de sombra, no primeiro ciclo (Figura 22); a estabilização da interceptação luminosa ocorreu em níveis superiores (93,58% de IL) nestes dois tratamentos, em comparação com 80% de sombra (83,78%). Os valores

de K determinados para este genótipo no primeiro ciclo de avaliação foram de 1,72 sob 0% e 50% de sombra e 1,84 sob 80% de sombra.

No segundo ciclo de avaliação, uma única equação descreve a resposta da IL em função do IAF de *P. notatum* para os três níveis de sombra (Figura 23), de forma que o coeficiente de extinção (K) determinado foi o mesmo para os três níveis (1,11), indicando que possivelmente a estrutura do dossel da forrageira foi semelhante sob os três níveis de sombra (Figura 23). Esta semelhança entre as estruturas dos dosséis sob os diferentes níveis de sombra no segundo ciclo pode ser um reflexo de que a disponibilidade de recursos hídricos no período pode não ter sido limitante ao crescimento de *P. notatum* sob pleno sol e assim as as relações entre IL e IAF foram semelhantes.

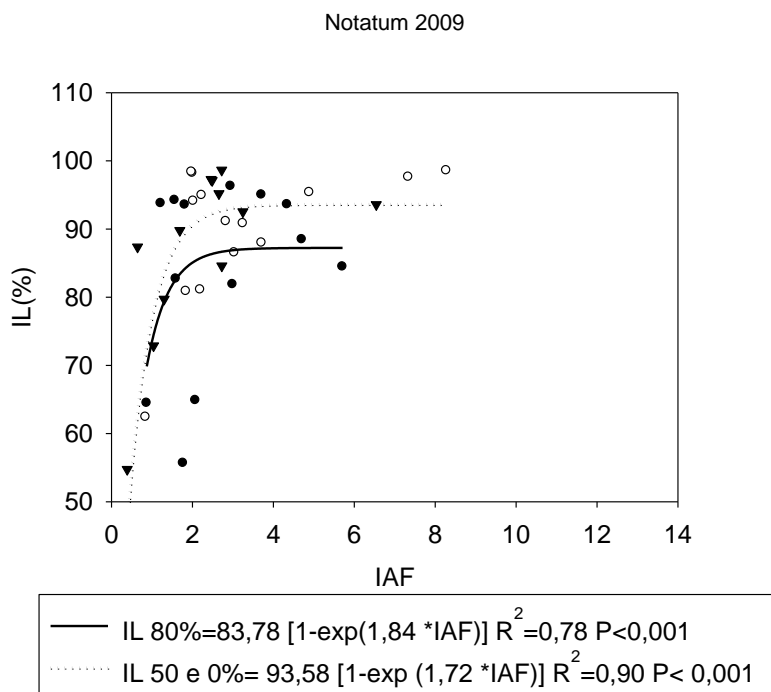


Figura 22. Relação entre índice de área foliar (IAF) e interceptação luminosa (IL) de *Paspalum notatum* no primeiro ciclo de avaliação (2008/2009) crescendo sob pleno sol (▼) 50% de sombra (○) e 80% de sombra (●). Bagé, RS.

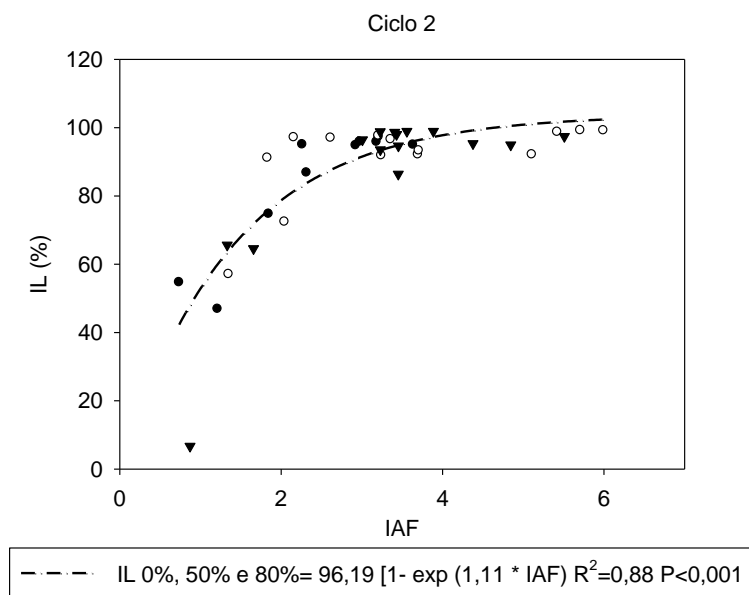


Figura 23. Relação entre índice de área foliar (IAF) e interceptação luminosa (IL) de *P. notatum* no segundo ciclo de avaliação (2009/2010) crescendo sob pleno sol (▼) 50% de sombra (○) e 80% de sombra (●). Bagé, RS.

Costa (1997) reporta valores médios de K da ordem de 0,78, 0,64 e 0,59 para três ecótipos de *P. notatum* (Capivari, Comum e André da Rocha, respectivamente), determinados, tal como no presente estudo, pelo método de Monsi & Saeki (1953). Valores estes, inferiores aos encontrados no presente estudo, sob pleno sol. Nesse sentido, a bibliografia mostra valores muito discrepantes de K para as mesmas espécies de gramíneas e, estas diferenças nos valores encontrados podem ser explicadas, de uma maneira geral, pelo padrão de distribuição das plantas no campo (Costa, 1997) e como se pode observar em no trabalho deste autor (Costa, 1997), entre ecótipos de *P. notatum*.

Para *Arachis pintoi* houve uma clara diferença nas curvas de regressão para os tratamentos sombreados (50 e 80% de sombra) em

comparação com o pleno sol, no primeiro ciclo (Figura 24); a estabilização da IL apenas ocorreu em valores de IAF próximos a 8 sem restrição luminosa e, para os tratamentos sombreados isto se deu com valores de IAF próximos a 4. Ou seja, a partir de IAF= 4, nos tratamentos com sombra artificial, 99,77% da RFA foi interceptada, enquanto sob pleno sol em torno de IAF=6, 98,11% da RFA foi interceptada.

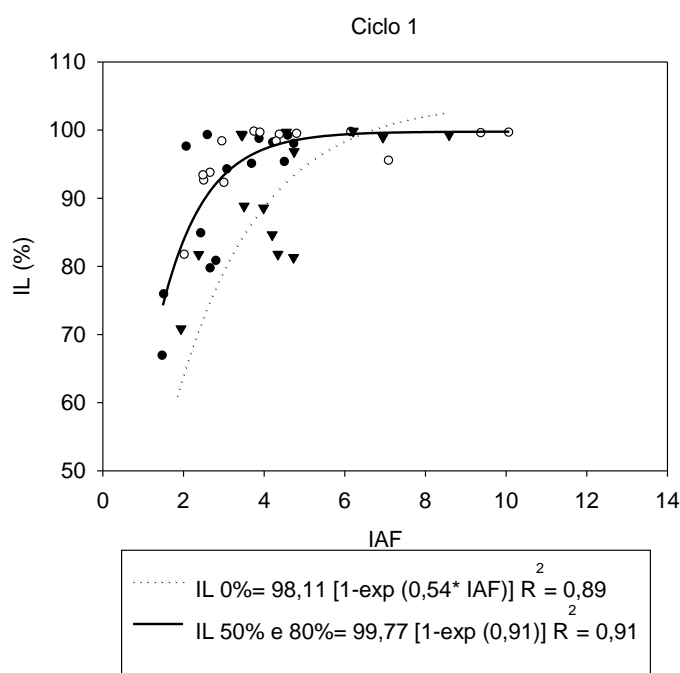


Figura 24. Relação entre índice de área foliar (IAF) e interceptação luminosa (IL) de *Arachis pintoi* no primeiro ciclo de avaliação (2008/2009) crescendo sob pleno sol (\blacktriangledown) 50% de sombra (\circ) e 80% de sombra (\bullet). Bagé, RS.

O valores médios estimados de K, para o amendoim-forrageiro variaram entre 0,54 sob 0% de sombra e 0,91 sob 50 e 80% sombra. Estes valores estão dentro da faixa de coeficientes calculados por outros autores para dosséis sob pleno sol com folhas planófilas: Spannemberg (1997) encontrou, pelo método de Monsi & Saeki, valores médios de K de 0,65, para *Desmodium incanum*, sob pleno sol. Pandolfo (1995), relata valores médios de K da ordem de 0,64 e 0,71 para Alfafa (*Medicago sativa*) nos espaçamentos

entre linhas de 30 e 90 cm, respectivamente.

No segundo ciclo de avaliação, a IL não se ajustou ao modelo exponencial com o IAF de *A. pintoi* (Figura 25). Isso provavelmente ocorreu em decorrência das características estruturais do dossel da leguminosa, especialmente do hábito de crescimento estolonífero e da projeção horizontal dos folíolos, que permitem um maior fechamento do dossel e conseqüente maior interceptação da RFA incidente.

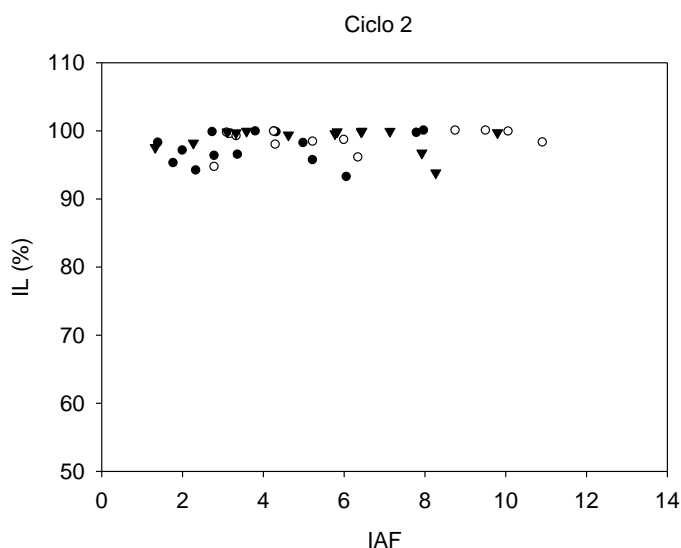


Figura 25. Relação entre índice de área foliar (IAF) e interceptação luminosa (IL) de *A. pintoi* no segundo ciclo de avaliação (2009/2010) crescendo sob pleno sol (▼) 50% de sombra (○) e 80% de sombra (●). Bagé, RS.

Em síntese, no primeiro ciclo, para as três gramíneas foi observado que a relação entre o IAF e a IL foi a mesma para os tratamentos de 0% e 50% de sombra. Isso indica que não houve alterações estruturais representativas no dossel das gramíneas neste nível moderado de sombreamento, ou seja, apresentaram valores de K iguais. Já sob 80% de sombra observou-se uma redução do IAF (e assim da IL) para *P. notatum* e *P. dilatatum*, o que provavelmente repercutiu-se nas menores produções de forragem associadas

a estes genótipos neste nível intenso de sombreamento (Tabela 2).

No segundo ciclo de avaliações, a determinação das relações entre IL e IAF ficou prejudicada em função da heterogeneidade entre plantas nas unidades experimentais: Nas parcelas das plantas mais entouceiradas como o *P. regnellii* e *P. dilatatum*, observou-se a presença de plantas dominantes- mais altas e com florescimento precoce- desde o início do período de avaliações (51 dias após o corte de rebaixamento). Em função das melhores condições termohídricas observadas neste segundo ciclo (2009-2010), as plantas deixadas em crescimento livre até aos 178 dias, desenvolveram uma grande quantidade de caules, o que dificultou a amostragem e pode ter vindo a acarretar erros nas determinações finais.

Um fator agravante foi ter sido adotado o manejo de cortes em faixas contíguas e sem bordaduras, pois houve um importante efeito de auto-sombreamento de uma faixa sobre a outra, dificultando a determinação da IL nas faixas cujas vizinhas estavam com o crescimento acumulado (alturas de dosséis de até 1,80 para *P. regnellii* na última avaliação - dados não apresentados).

Foram obtidos maiores valores de K sob 80% de sombra, para os quatro genótipos, em relação ao pleno sol. Isso significa que a radiação incidente se atenua mais fortemente (ou rapidamente) no dossel submetido ao nível de sombreamento intenso. De acordo com Monsi & Saeki (apud Hirose, 2005), a fotossíntese do dossel é maximizada em valores pequenos de K sob alta irradiância, enquanto sob baixa irradiância o processo fotossintético é maximizado em valores altos de K.

Em relação às diferenças entre os genótipos, os valores K variaram de 0,53 a 1,81, para *A. pintoi* e *P. notatum*, respectivamente. Conforme Monsi & Saeki (apud Hirose, 2005), os valores de K variam entre 0,3 a 2, sendo que em dosséis com folhas horizontais são comuns valores de 0,7 a 1,0, enquanto em dosséis com folhas inclinadas verticalmente de 0,3 a 0,5.

Concordando com o que a literatura descreve, o genótipo C4 com presença de folhas mais horizontais (i.e. *P. notatum*) apresentou valores mais elevados de K (1,84 e 1,71 – Figura 22; 1,11 -Figura 23), em relação às duas outras gramíneas de porte entouceirado, porém de folhas mais eretas. A leguminosa apresentou os menores valores de K, apesar de apresentar folíolos relativamente pequenos dispostos horizontalmente sobre o solo, que segundo a teoria descreve, apresentam maior capacidade de interceptar a radiação.

Por outro lado, foi observada uma resposta dia-heliotrópica (Taiz & Zeiger, 2004) em *A. pintoi*, ou seja, de acordo com o ângulo dos raios solares os folíolos se dispõem perpendicularmente para maximizar a interceptação da RFA (dados não apresentados). Isto pode ter afetado as relações entre o IAF e a IL e conseqüentemente a determinação do K.

4.5 Relações entre índice de área foliar (IAF) e rendimento de matéria seca (RENDMS)

No primeiro ciclo de avaliações foi possível se obter relações consistentes entre IAF e RENDMS, apenas para os genótipos *P. regnellii* e *A. pintoi*, porém no segundo ciclo estas relações não foram significativas para nenhum genótipo e, portanto não serão apresentadas. A não consistência na

associação entre estas variáveis pode ter ocorrido por diversas razões: a) no segundo ciclo de avaliações (que correspondeu ao quinto ano de crescimento das forrageiras no campo) havia uma maior heterogeneidade de plantas nas parcelas e isto pode ter repercutido em que o local amostrado para o RENDMS fosse diferente em termos estruturais daquele amostrado para as determinações de IAF; b) além disso, o corte em uma faixa pode ter ocasionado interferência sobre a faixa contígua em avaliação, à medida que as faixas possuíam 25 cm de largura (onde era alocada a barra do ceptômetro) e se a faixa seguinte estivesse com o crescimento acumulado (ou seja, não tivesse sido ainda cortada) poderia resultar em valores de IL maiores do que os reais.

Ainda há que se considerar o intervalo de aproximadamente 30 dias entre as avaliações, que pode ser considerado grande para o adequado acompanhamento da evolução do IAF, do RENDMS e da IL ao longo do tempo, à medida que a senescência não foi levada em consideração para o cálculo do RENDMS. Outro fator importante a ser considerado é o tempo decorrido entre a coleta do material no campo, seu processamento (separação morfológica) e as medidas da área foliar no planímetro, uma vez que as amostras eram coletadas no local experimental (em Bagé) e em função da escassa disponibilidade de equipamentos e mão-de-obra de apoio, seu processamento e a medição do IAF ocorriam na UFRGS (Porto Alegre). Além disso, em função da coleta de amostras ser realizada sempre ao final da tarde, em algumas avaliações observou-se a ocorrência de lâminas foliares fechadas (especialmente para *P. notatum*), fato diretamente ligado à alta temperatura do

ar, e que certamente interferiu na estimativa do IAF nestas avaliações.

Assim, as relações entre RENDMS e IAF serão apresentadas apenas para as espécies *P. regnellii* e *A. pintoii*, por se tratarem de espécies de morfologia e estrutura do dossel contrastantes, para fins de discussão. Esta relação foi representada por modelos de regressão quadráticos (Figuras 26 e 27), porém as respostas foram bastante distintas entre a leguminosa e a gramínea estudadas.

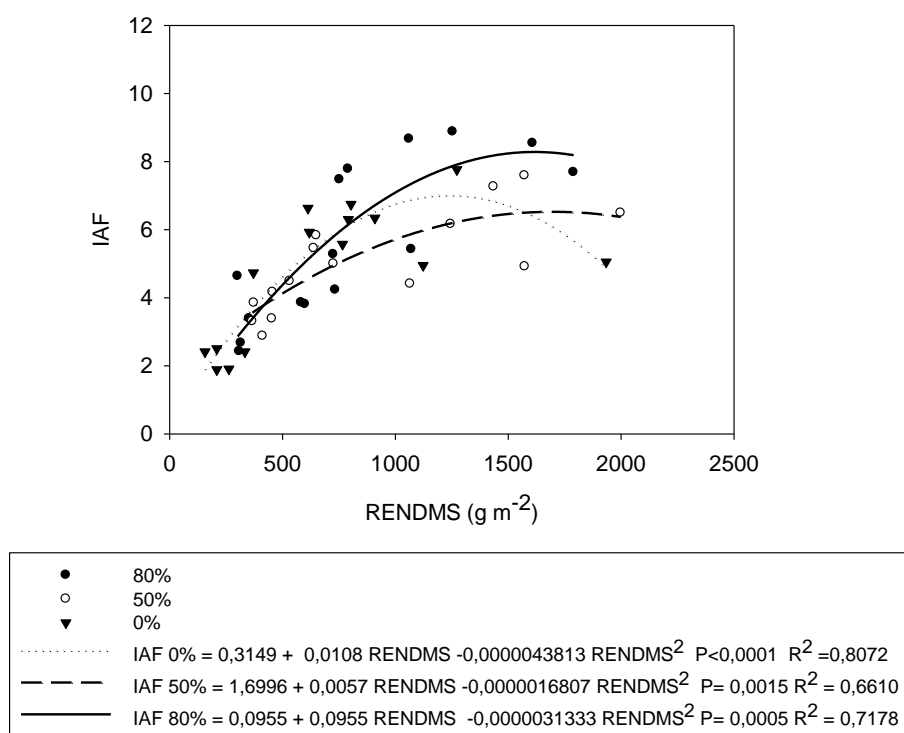


Figura 26. Relação entre o rendimento de forragem (RENDMS) e índice de área foliar (IAF) de *P. regnellii* sob três níveis de sombreamento (zero, 50% e 80%) ao longo de um ciclo de avaliação. Bagé- RS, 2009.

Para *P. regnellii* houve um crescimento inicial rápido, provavelmente em função da maior altura inicial do rebrote após o corte de emparelhamento (15 cm), o que permitiu a manutenção de uma maior área foliar, provocando um acúmulo mais rápido de biomassa (Figura 26). Com o avanço da

maturidade e a ausência do surgimento de novas lâminas aliada à senescência das remanescentes, ocorreu estabilização ou redução do IAF nas avaliações finais. Esse decréscimo no IAF ao final do ciclo foi mais evidente sob sol pleno em comparação com os níveis de sombra (Figura 26), provavelmente em função de uma maior taxa de senescência das folhas no tratamento sem restrição luminosa.

Para *A. pintoi* (Figura 27) houve um crescimento inicial lento onde o RENDMS foi aumentando sob níveis de IAF constantes, em torno de $IAF=3$. Essa resposta provavelmente se deu em função do surgimento de estolões (ou novos caules) e um acúmulo de folhas mais lento. Com o avanço da maturidade o IAF e o RENDMS aumentaram concomitantemente, sem, no entanto, alcançar a fase de redução do IAF nos tratamentos de 0% e 50% de sombra; já no tratamento de 80% de sombra observou-se baixos RENDMS acompanhados por uma redução do IAF ao final da curva de crescimento, indicando que o processo de senescência foliar foi iniciado, ou ainda, que o acúmulo de caules foi maior nesse tratamento.

Nesse sentido, Gobbi et al. (2009) verificaram aumento do comprimento de pecíolos e do comprimento de caules do amendoim-forrageiro em níveis crescentes de sombreamento, o que poderia representar a estratégia desta espécie para otimizar o acesso à luz disponível.

A continuidade em acúmulo de matéria seca observado para os dois genótipos em níveis constantes de IAF provavelmente é consequência do maior acúmulo de colmos (ou caules) e de material morto, já que o acúmulo de lâminas (ou folíolos) se estabiliza até o IAF crítico e posteriormente na fase de

indução ao florescimento se estabelece uma nova hierarquia na repartição dos fotoassimilados, preferencialmente, em direção ao alongamento dos entrenós e formação da inflorescência em detrimento da área foliar (Nabinger, 1996). Assim, os processos de alongamento de colmos e senescência resultariam nos elevados valores de RENDMS observados ao final da curva de crescimento de cada genótipo.

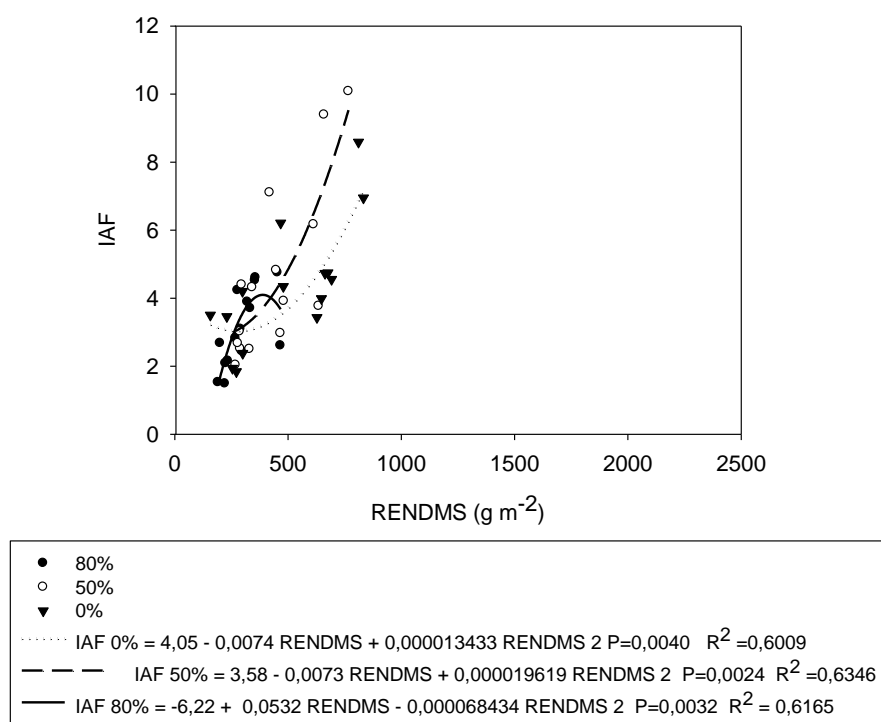


Figura 27. Relação entre o rendimento de forragem (RENDMS) e índice de área foliar (IAF) de *A. pintoi* sob três níveis de sombreamento (zero, 50% e 80%) ao longo de um ciclo de avaliação. Bagé- RS, 2009.

4.6 Estimativa da eficiência de uso da radiação fotossinteticamente ativa (EUR)

A produção de biomassa aérea, expressa pelo rendimento de matéria seca de cada genótipo, foi relacionada linearmente com a RFA_{int} acumulada (Figuras 28 a 35).

Os valores das estimativas da eficiência de uso da radiação (EUR) foram significativamente maiores no ciclo de 2009-2010 do que em 2008-2009, para cada um dos genótipos.

Houve também diferenças significativas nas EUR em função dos níveis de restrição luminosa estudados e ao pleno sol (Figuras 28 a 35). Em média, a EUR foi 3,5 vezes maior sob 80% de sombreamento, ou seja, para cada MJ de RFAint, as plantas submetidas a restrição luminosa intensa produziram 3,5 g MS a mais do que as que cresceram sob pleno sol. Sob 50% de sombra, a EUR foi aproximadamente duas vezes maior do que a obtida sem restrição luminosa.

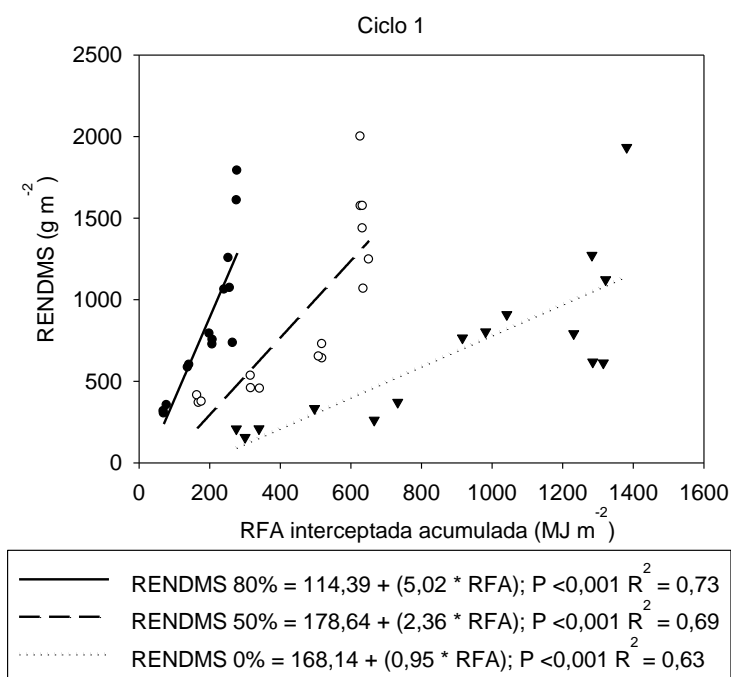


Figura 28. Relação entre rendimento médio de matéria seca (RENDMS) e radiação fotossinteticamente ativa interceptada, para *P. regnellii*, no primeiro ciclo de avaliação (2008/2009) crescendo sob pleno sol (▼) 50% de sombra (○) e 80% de sombra (●). Bagé, RS.

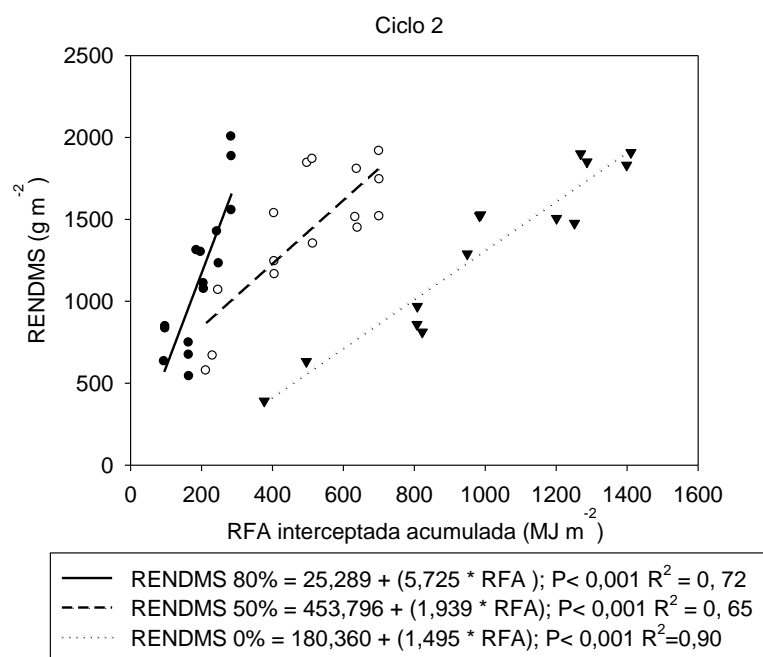


Figura 29. Relação entre rendimento médio de matéria seca (RENDMS) e radiação fotossinteticamente ativa interceptada, para *P. regnellii*, no segundo ciclo de avaliação (2009/2010) crescendo sob pleno sol (\blacktriangledown) 50% de sombra (\circ) e 80% de sombra (\bullet). Bagé, RS.

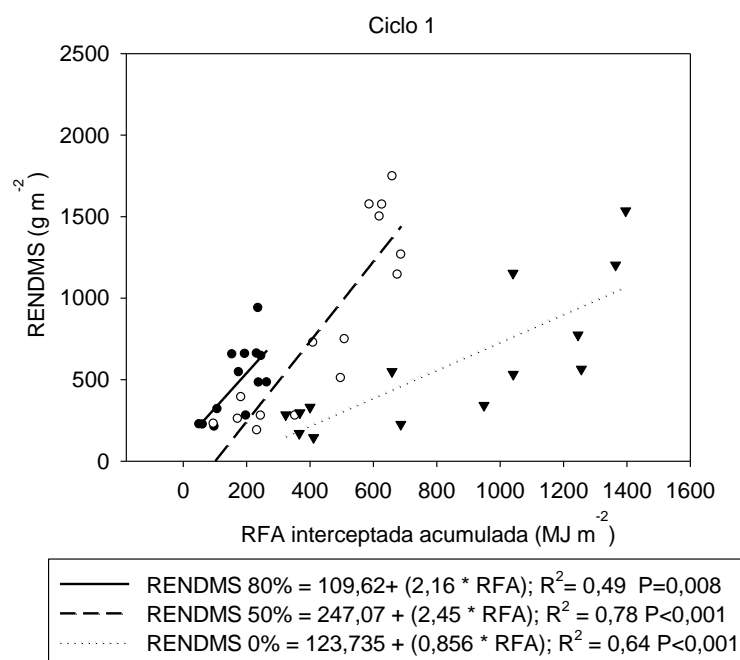


Figura 30. Relação entre rendimento médio de matéria seca (RENDMS) e radiação fotossinteticamente ativa interceptada, para *P. dilatatum* no primeiro ciclo de avaliação (2008-2009), crescendo sob pleno sol (\blacktriangledown) 50% de sombra (\circ) e 80% de sombra (\bullet). Bagé, RS.

As estimativas médias da EUR para os genótipos forrageiros foram: 2,98, 2,14, 1,32 e 0,72 g MS MJ⁻¹ para *P. regnellii*, *P. dilatatum*, *P. notatum* e *A. pintoii*, respectivamente (em média sobre os dois ciclos de avaliação e os níveis de sombreamento). Algumas importantes diferenças nas características morfológicas entre os quatro genótipos incluídos neste estudo podem apoiar e esclarecer as diferenças estimadas em suas EUR:

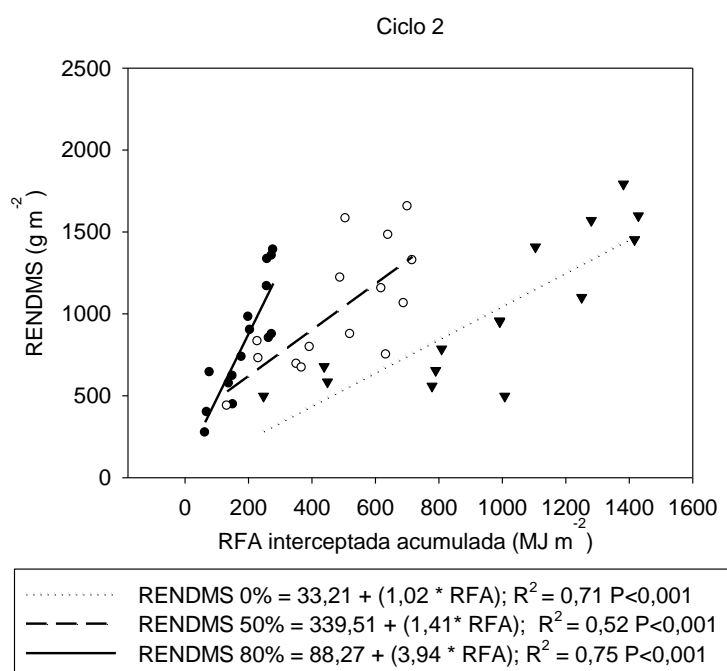


Figura 31. Relação entre rendimento médio de matéria seca (RENDMS) e radiação fotossinteticamente ativa interceptada, para *P. dilatatum* no segundo ciclo de avaliação (2009-2010), crescendo sob pleno sol (\blacktriangledown) 50% de sombra (\circ) e 80% de sombra (\bullet). Bagé, RS.

O exame dos coeficientes de extinção determinados neste estudo, permitem afirmar que estes genótipos tem um comportamento semelhante em termos de capacidade de interceptação da RFA, com uma vantagem para *P. regnellii*, possivelmente em função das dimensões de suas lâminas foliares, que se revela quando se observa conjuntamente os valores de EUR e IAF sob 80% de sombra.

Este resultado, aliado ao fato de que estes genótipos apresentaram

maiores área foliar específica , IAF e coeficientes de extinção da RFA (K), levam a crer que *P. regnellii* e *P. dilatatum* apresentaram o tipo de resposta morfológica de plantas bem adaptadas ao sombreamento, ou seja, alteraram sua estrutura de dossel, para captar a RFA incidente com maior eficiência, e assim produziram mais biomassa aérea.

Os valores de EUR estimados para *Paspalum notatum*, no primeiro ciclo foram de 1,44, 0,99 e 0,52 para 80%, 50% e 0% de sombra, respectivamente (Figura 32). A maior EUR estimada para a condição de sombra intensa foi ainda maior no segundo ciclo de avaliações (Figura 33), apresentando valor duas vezes maior sob 80% de sombra (EUR=3,00), em relação ao ciclo anterior.

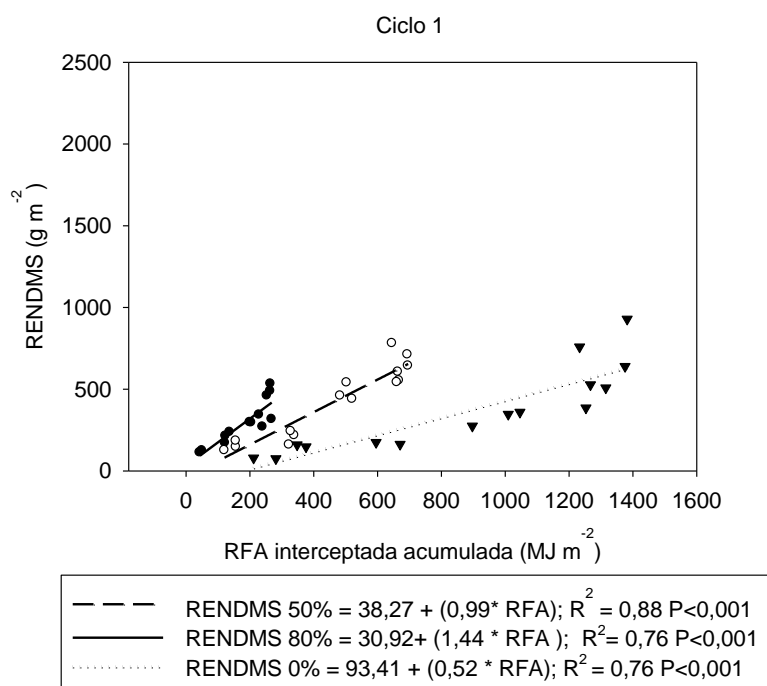


Figura 32. Relação entre rendimento médio de matéria seca (RENDMS) e radiação fotossinteticamente ativa interceptada, para *P. notatum* no primeiro ciclo de avaliação (2008-2009), crescendo sob pleno sol (▼) 50% de sombra (○) e 80% de sombra (●). Bagé, RS.

A grama-forquilha (*P. notatum*) não apresentou uma EUR tão alta quanto as duas outras gramíneas do mesmo gênero, porém sendo uma espécie que desenvolve-se mediante o crescimento de rizomas supraterrâneos, torna-se imprescindível levar em consideração o padrão alocação de fotoassimilados em uma condição de *stress*- no caso em estudo, o luminoso.

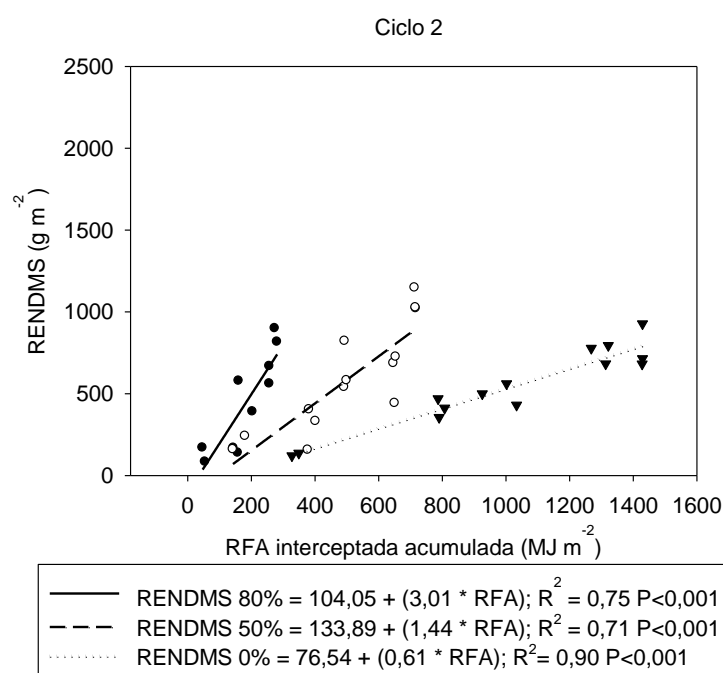


Figura 33. Relação entre rendimento médio de matéria seca (RENDMS) e radiação fotossinteticamente ativa interceptada, para *P. notatum* no segundo ciclo de avaliação (2009-2010), crescendo sob pleno sol (▼) 50% de sombra (○) e 80% de sombra (●). Bagé, RS.

A EUR depende da quantidade de RFA que um cultivo consegue interceptar e transformar em biomassa (Lemaire, 1995), ou seja, depende de características da arquitetura da planta e mais particularmente do IAF (Sinoquet e Cruz, 1993). Em geral, o melhor aproveitamento da RFA em ambientes com restrição luminosa é associado à respostas fotomorfogênicas para aumentar a área de captação da energia radiante e, desta forma, melhor

utilizar a porção que chega até ao dossel forrageiro (Kephart et al. 1992). Wilson & Ludlow (1991) e Kephart et al. (1992), destacam que uma das principais estratégias das plantas para otimizar a radiação incidente em ambientes sombreados é a translocação de mais fotoassimilados para a parte aérea em detrimento das raízes (aumentando relação parte aérea: raiz). Assim, para *P. notatum*, as diferenças estimadas entre os dois ciclos de avaliação podem estar relacionadas à alterações no padrão de alocação de biomassa, em resposta ao fator hídrico, ou seja, é provável que se a relação que determina a EUR fosse estabelecida com a produção de biomassa total, não houvesse tamanha diferença entre os dois ciclos de avaliação.

De acordo com Lemaire (1995) a abordagem em termos da EUR, tem sido unicamente aplicada à análise do crescimento da biomassa aérea (EURa), que é o produto da eficiência de uso da radiação da biomassa total pelo coeficiente de partição entre a biomassa da parte aérea e das raízes. Assim, para adequada interpretação da EUR é necessário estudar o padrão de alocação de biomassa, já que este determina importantes variações na EURa, mas também porque a expansão da área foliar (e assim a quantidade de RFA interceptada) dependem da proporção de assimilados alocados para a parte aérea.

Os valores de EUR estimados para *A. pintoj*, no primeiro ciclo foram de 0,69, 0,62 e 0,45 g MS MJ⁻¹ para 80%, 50% e 0% de sombra, respectivamente (Figura 34); para o segundo ciclo foram de 2,63, 1,20 e 0,55, para os mesmos tratamentos (Figura 35), ou seja, da mesma forma que para as gramíneas, maiores valores de EUR foram obtidos sob o nível de sombra

intensa.

No modelo geral proposto por Gosse et al. (1996), a EUR para leguminosas é de 1,72 g/MJ. Cruz e Sinoquet (1994) obtiveram 1,40, 1,12 e 1,01 para *A. pintoi* nos tratamentos com 150 kg de N/ha, sem N, em cultivo extremo, e em consórcio com *D. decumbens*, respectivamente. Spannemberg (1997), encontrou valores de EUR para *Desmodium incanum* da ordem de 0,69 g/MJ, na EEA/UFRGS. No trabalho de Varella et al. (2010), a EUR de alfafa (*Medicago sativa*) também foi superior em diversos níveis e regimes de sombreamento natural e artificial em comparação com o pleno sol. A EUR média da alfafa foi de 1,15 g MS MJ⁻¹ sob sombra natural, 1,26 sob sombrites (50% sombra), alcançando valores acima de 1,65 nos tratamentos com sombra natural (\pm 80% sombra), em comparação com 0,84 g MS MJ⁻¹ de eficiência sob pleno sol.

Os valores médios de EUR estimados para *A. pintoi* (Figuras 34 e 35) foram inferiores aos das gramíneas, concordando com Wilson & Ludlow, (1991), que indicam valores substancialmente inferiores de EUR para leguminosas em comparação aos de gramíneas C4.

Por outro lado, a interpretação dos resultados de EUR para *A. pintoi* (EUR média = 0,72), em comparação com as gramíneas (2,98, 2,14, e 1,32 para *P. regnellii*, *P. dilatatum*, *P. notatum*, respectivamente) requer a mesma abordagem feita em relação à *P. notatum* sobre a importância do padrão de alocação de biomassa, em resposta aos fatores como estresse luminoso e também, no caso das grandes diferenças de rendimento MS entre os dois ciclos de avaliação, o hídrico.

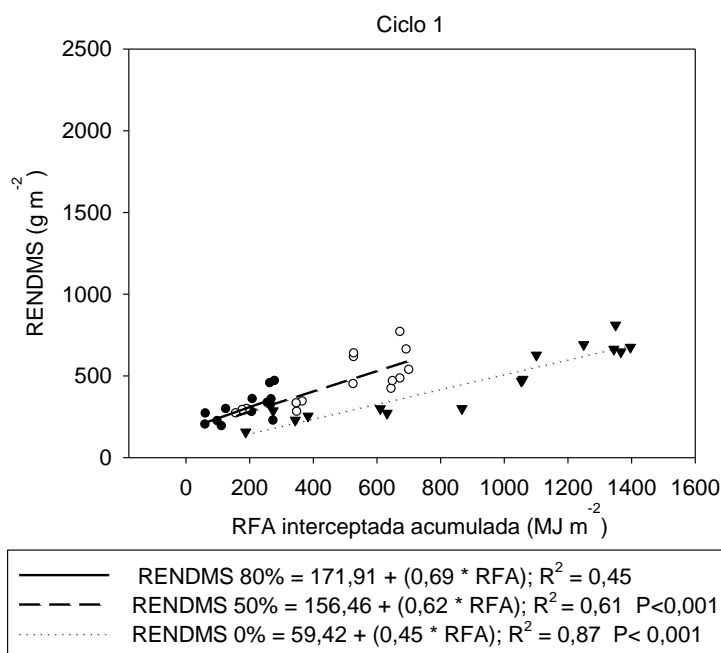


Figura 34. Relação entre rendimento médio de matéria seca (RENDMS) e radiação fotossinteticamente ativa interceptada, para *A. pintoi* no primeiro ciclo de avaliação (2008-2009), crescendo sob pleno sol (▼) 50% de sombra (○) e 80% de sombra (●). Bagé, RS.

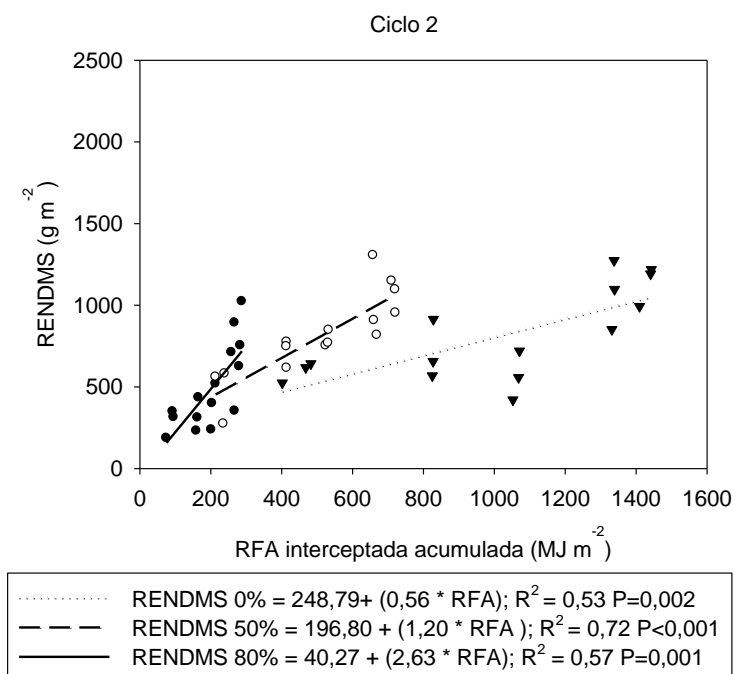


Figura 35. Relação entre rendimento médio de matéria seca (RENDMS) e radiação fotossinteticamente ativa interceptada, para *A. pintoi* no segundo ciclo de avaliação (2009-2010), crescendo sob pleno sol (▼) 50% de sombra (○) e 80% de sombra (●). Bagé, RS.

No amendoim-forrageiro (*A. pintoi*) ocorre uma importante redução da penetração da radiação no interior do dossel em função de seu hábito prostrado, estolonífero, mas especialmente da disposição plana de sua densa folhagem sobre o solo. Essas características morfológicas conferiram uma boa eficiência de uso da radiação para *A. pintoi*, mas não suficiente para assegurar bons rendimentos sob sombra intensa.

Segundo a teoria de Monsi & Saeki (Hirose, 2005) o processo de fotossíntese sob pleno sol é maximizado em dosséis com baixos valores de K e altos de IAF, enquanto que sob baixas irradiâncias a fotossíntese do dossel é maximizada em maiores valores de K. Isso ocorre porque em dosséis com folhas mais planófilas somente as folhas estrato superior recebem luz solar plena e a radiação se atenua fortemente, enquanto que em dosséis com folhas mais eretas ocorre uma maior penetração da luz no seu interior, incidindo sobre maior área foliar e resultando em uma conversão mais eficiente da radiação em biomassa (Kiniry et al., 1999; McKenzie et al., 1999; Hirose, 2005).

É comum encontrar na literatura relatos de incremento da EUR sob baixos níveis de irradiância, tanto sob sombreamento artificial quanto natural, comparado com o pleno sol (Kephart et al., 1992; Cruz, 1997; Healey et al., 1998; Feldhake et al., 2009; Varella et al., 2010). Porém, muitos estudos evidenciam que as alterações, especialmente em nível fisiológico, parecem estar envolvidas com a alteração na composição espectral da radiação (especialmente alteração na relação vermelho: vermelho distante) bem como na proporção de radiação difusa, que estariam diretamente relacionadas ao incremento na EUR em sob sombra natural (Healey et al., 1998; Varella et al.,

2010). Neste estudo, porém, as telas de sombrite ocasionaram mudanças na quantidade de RFA incidente (sombra neutra) e possivelmente na quantidade de radiação difusa incidente sobre o dossel dossel forrageiro, não englobando as características de intermitência do regime luminoso natural e alteração da composição espectral da radiação transmitida ao componente herbáceo, condições sob as quais plantas em sub-bosques florestais se desenvolvem (Varella et al., 2010).

Além disso, há fortes indícios de que incrementos da EUR sob sombreamento estejam associados à melhoria no *status* nitrogenado do solo e da comunidade vegetal sombreada (Cruz et al., 1995). Em geral estes incrementos são observados em condições limitantes ao crescimento, tais como sob déficit hídrico e/ou nitrogenado. Em trabalho avaliando gramíneas forrageiras C_4 sob 75% de sombreamento artificial, Healey et al. (1998) encontraram incremento médio de 16,5% na EUR em comparação com o pleno sol. Este incremento na EUR sob sombra é atribuído a um incremento de 28% na concentração de N foliar (SLN). Por outro lado, Cruz et al., (1995) relataram incrementos do conteúdo de N foliar sob 67% de sombra artificial mesmo em condições não-limitantes de suprimento de N (200 kg ha^{-1}).

4.7 Relações entre níveis de sombra e a dinâmica da nutrição nitrogenada na planta

As relações entre a produção de biomassa aérea e o N estão apresentadas na forma de curvas de diluição do nitrogênio expressas por genótipo forrageiro e por ciclo de avaliação (Figuras 36 a 43). Os índices de

nutrição nitrogenada (INN) dos genótipos sob sombra moderada (50%), sombra intensa (80%) e sol pleno (0% de sombra) estão expressos de acordo com a relação entre a biomassa acumulada e a quantidade de N exportado para a biomassa aérea (Figuras 44 a 51) e resumidos na Tabela 4.

O nível de nutrição nitrogenada na biomassa aérea das gramíneas foi superior sob sombra em relação ao pleno sol e este incremento pode explicar parcialmente a maior eficiência de conversão da radiação (EUR) sob sombra. Nesse sentido, inúmeros estudos relatam incrementos da EUR de gramíneas C4 sob sombra em comparação com o pleno sol e, grande parte destes resultados, são associados a uma maior disponibilidade de N em dosséis sombreados (Wong & Wilson, 1980; Healey et al., 1998; Cruz et al., 1995).

No presente trabalho, a grande diferença na produção de forragem entre os dois ciclos de avaliação e, possivelmente, em decorrência da diferença nas condições termo-hídricas prevalentes em cada um deles, refletiu-se em respostas diferentes entre os ciclos 2008-2009 e 2009-2010. Sendo assim, os dois ciclos são representados em gráficos separados para permitir uma melhor discussão das relações entre o comportamento do N (%) sob sombra, em duas condições contrastantes de pluviosidade.

O status hídrico do solo interfere diretamente sobre nutrição mineral da planta por diversos mecanismos: 1) pela redução da atividade microbiana e da mineralização do N do solo; 2) pela redução do transporte de N mineral do solo para as raízes quando o solo está seco; 3) pela redução de capacidade de absorção das raízes quando a planta está em uma situação de déficit hídrico

(Lemaire & Gastal, 2009). Assim, a redução na absorção de N sob déficit hídrico têm sido observada para diversas forrageiras. Gonzalez-Dugo et al. (2005) analisaram o impacto do déficit hídrico sobre o *status* nitrogenado da festuca (*Festuca arundinacea*) e azevém-anual (*Lolium multiflorum*). Em ambas, o índice de nutrição nitrogenada foi estreita e linearmente relacionado com o fluxo de N do solo para as raízes e com a umidade volumétrica do solo. Assim, neste estudo, os resultados obtidos em dois ciclos de avaliação com disponibilidades hídricas distintas devem ser interpretados com cautela, pois há chances de haver confundimento dos efeitos da sombra com o *status* hídrico do solo e da planta.

Desta forma, o ciclo sem ocorrência de déficit hídrico seria o mais adequado para discutir o efeito da restrição luminosa sobre os processos fisiológicos que interferem no metabolismo do N na planta, já que no primeiro ciclo o crescimento e a absorção de N poderiam estar limitados em boa parte pelo estresse hídrico. Nas curvas de diluição de N, todos os pontos situados acima da curva de referência (curva do nível crítico de N) estão em uma situação de excesso/consumo de luxo de N.

Nos gráficos de diluição referentes aos dados determinados para as três gramíneas (Figuras 36 a 41), os pontos que representam o nível de sombra intensa (80%) estão próximos, ou em alguns casos, acima da curva do nível crítico de N. Sob sombra moderada (50%) os pontos estão em uma posição intermediária e os referentes ao pleno sol (0% de sombra), encontram-se mais afastados da curva de referência (Figuras 36 a 41). Ou seja, a forragem produzida sob o nível de sombra mais intenso apresentou uma

concentração de N nos tecidos mais próxima ao nível crítico, seguida pela forragem produzida sob sombra moderada; sob sol pleno os teores de N foram os menores. Isto significa que a biomassa aérea produzida pelas três gramíneas apresentou um melhor *status* nitrogenado com o aumento do sombreamento, ou seja, maiores teores de N por kg de matéria seca foram observados nas gramíneas cultivadas sob sombra em comparação com o pleno sol (Figuras 36 a 41).

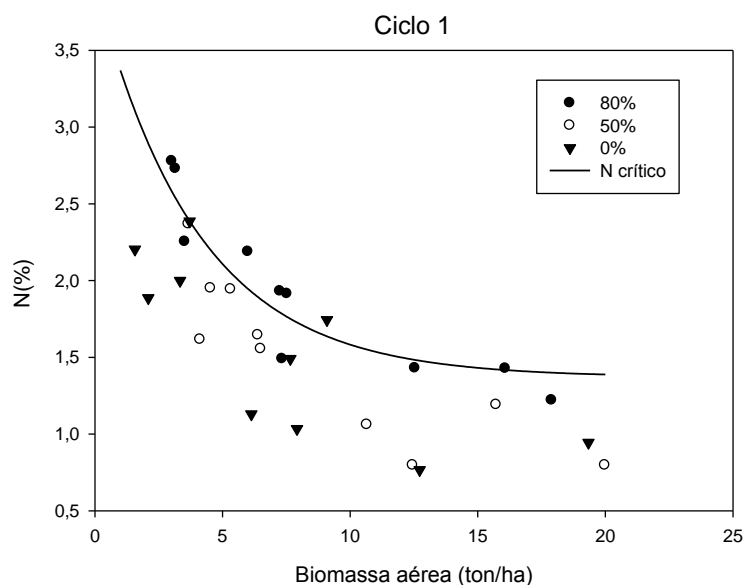


Figura 36. Curva de diluição de N na biomassa aérea de *Paspalum regnellii* no primeiro ciclo de avaliação (2008/2009), sob pleno sol (▼) 50% de sombra (○) e 80% de sombra (●). Bagé, RS. Curva de referência: Nitrogênio não limitante.

Para *P. regnellii* e *P. dilatatum* (Figuras 36 a 39), quase todos os pontos que representam o teor de N em relação à biomassa produzida ao longo do ciclo de avaliação do tratamento de 80% de sombra estão mais próximas ou acima da curva do N crítico em comparação com o sombreamento moderado (50%) e o pleno sol. Esta situação é especialmente evidenciada na curva de diluição obtida para o ciclo de 2008-2009 (Figuras 36 e 38). Assim, no ciclo com menor disponibilidade hídrica, parece ter havido uma resposta mais

positiva do efeito da sombra intensa sobre o estado nutricional do N na planta, em comparação com o ciclo em que ocorreu maior disponibilidade hídrica.

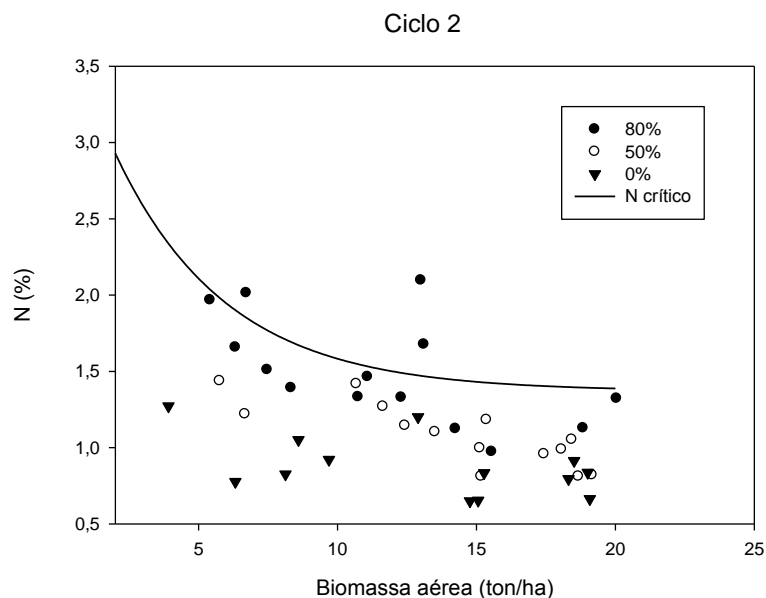


Figura 37. Curva de diluição de N na biomassa aérea de *P. regnellii* no segundo ciclo de avaliação (2009/2010), sob pleno sol (\blacktriangledown) 50% de sombra (\circ) e 80% de sombra (\bullet). Bagé, RS.

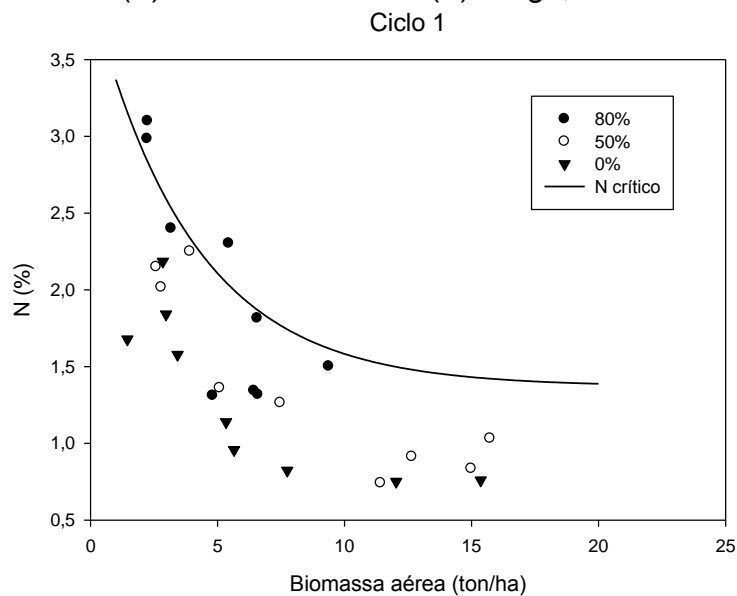


Figura 38. Curva de diluição de N na biomassa aérea de *Paspalum dilatatum* no primeiro ciclo de avaliação (2008/2009), sob pleno sol (\blacktriangledown) 50% de sombra (\circ) e 80% de sombra (\bullet). Curva de referência: Nitrogênio não limitante. Bagé, RS.

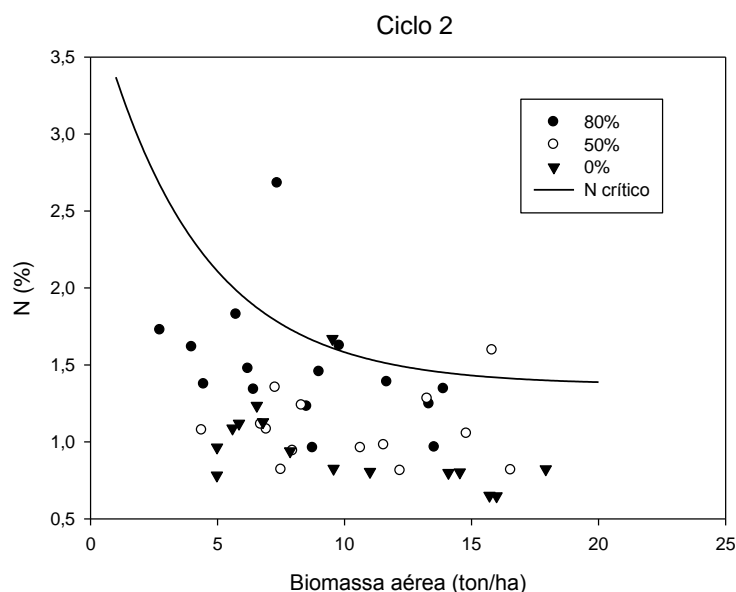


Figura 39. Curva de diluição de N na biomassa aérea de *P. dilatatum* no segundo ciclo de avaliação (2009/2010), sob pleno sol (\blacktriangledown) 50% de sombra (\circ) e 80% de sombra (\bullet). Curva de referência: Nitrogênio não limitante. Bagé, RS.

P. notatum apresentou maiores valores de N(%), em comparação com as outras gramíneas. Ao longo do ciclo de desenvolvimento para uma massa de forragem inicial de 2 t/ha MS foram obtidos valores de N próximos a 2,5% e, ao final do ciclo de desenvolvimento, para produções médias de 10 a 12 t/ha MS foram determinados valores de 1% (Figuras 40 e 41); esses valores correspondem a 1,25% e 0,09% de N por tonelada de matéria seca ao início e ao final do ciclo, respectivamente. *P. regnellii* e *P. dilatatum* (Figuras 36 a 39) apresentaram valores semelhantes de %N, sendo que os teores médios oscilaram entre 0,5% e 0,07% N/tonelada MS na fase inicial e na última avaliação, respectivamente.

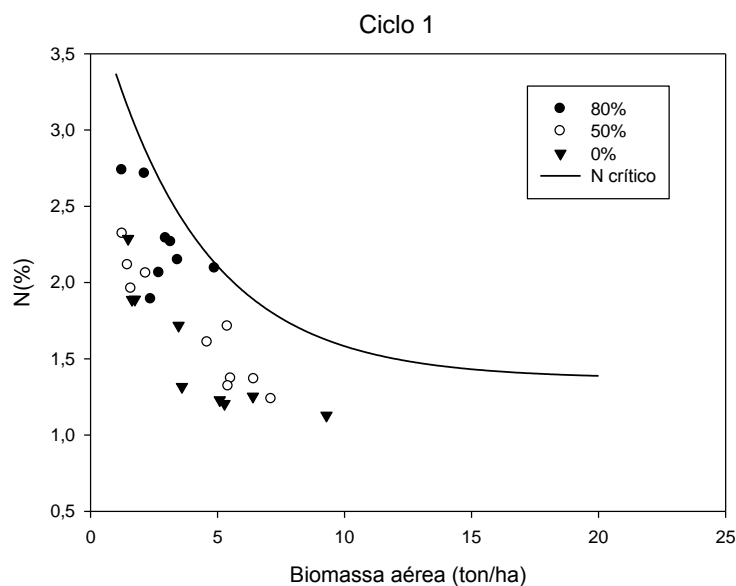


Figura 40. Curva de diluição de N na biomassa aérea de *Paspalum notatum* no primeiro ciclo de avaliação (2008/2009), sob pleno sol (▼) 50% de sombra (○) e 80% de sombra (●). Curva de referência: Nitrogênio não limitante. Bagé, RS.

Sob sombra moderada, em média, as três gramíneas apresentaram maiores produções de matéria seca, associadas a níveis superiores de N(%) por unidade de biomassa, em relação ao sol pleno. Desta forma, as gramíneas sob as telas de sombra apresentaram um melhor *status* nitrogenado do que as sob pleno sol e, já que o nível crítico de N representa o teor mínimo (%) de N necessário para obtenção de máximas taxas de crescimento, pode-se afirmar que o cultivo sob sombreamento proporcionou melhores condições de crescimento às gramíneas, porém em alguns casos a baixa irradiância sob sombra intensa, parece ter sido realmente o fator limitante a um maior aproveitamento ou uso do N disponível no solo.

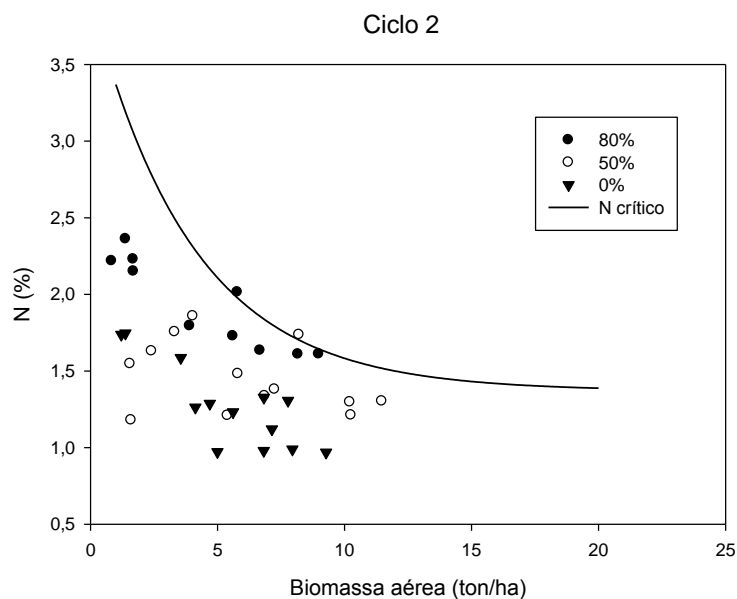


Figura 41. Curva de diluição de N na biomassa aérea de *P. notatum* no segundo ciclo de avaliação (2009/2010), sob pleno sol (▼) 50% de sombra (○) e 80% de sombra (●). Curva de referência: Nitrogênio não limitante. Bagé, RS.

Para o amendoim-forrageiro (Figuras 42 e 43), o teor médio de N na forragem foi de 2% por tonelada de biomassa produzida ao início do ciclo e 0,3% ao final do período de avaliações. Assim, como esperado, a leguminosa apresentou maiores concentrações de N no tecido vegetal em comparação com as gramíneas.

Diversos estudos demonstram que espécies C4 apresentam menor N (%) a um dado valor de biomassa do que espécies que fixam CO₂ via rota de redução fotossintética C3. Greenwood et al. (1990) esclarecem que isto ocorre em função de diferenças entre as rotas bioquímicas e à diferenças associadas à anatomia foliar. Além disso, segundo Van Soest (1982), as leguminosas são, em geral, superiores em valor nutritivo comparadas às gramíneas, pois apresentam maiores teores de proteína e minerais para os mesmos valores de digestibilidade.

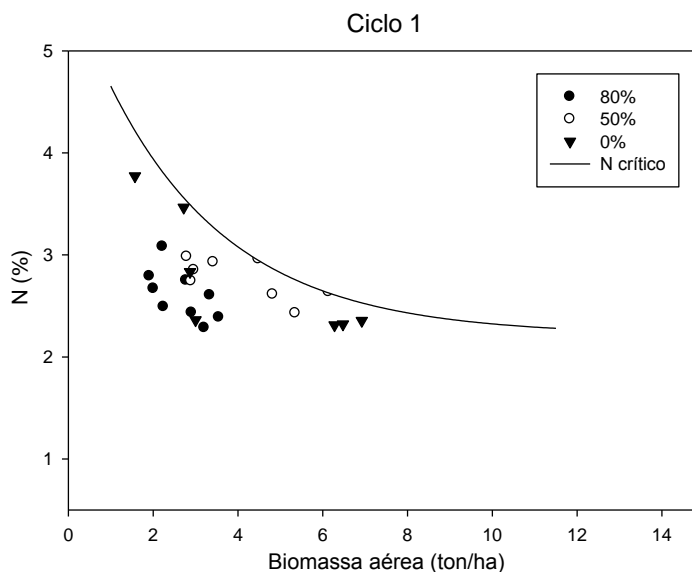


Figura 42. Curva de diluição de N na biomassa aérea de *Arachis pintoi* no primeiro ciclo de avaliação (2008/2009), sob pleno sol (\blacktriangledown) 50% de sombra (\circ) e 80% de sombra (\bullet). Curva de referência: Nitrogênio não limitante. Bagé, RS.

O efeito do sombreamento sobre o *status* nitrogenado das plantas de amendoim-forrageiro foi oposto ao da resposta observada para as gramíneas, ou seja, as plantas submetidas ao sombreamento apresentaram menores teores médios de N em comparação com as plantas sob pleno sol. Nos gráficos de diluição do N da leguminosa (Figuras 42 e 43), os pontos do tratamento sem restrição luminosa (0% sombra) estão mais próximos da curva do N crítico, seguidos pelos do tratamento de 50% de sombra, que estão em uma posição intermediária em relação a curva do N crítico e os pontos mais afastados deste nível de referência são os pontos do tratamento com 80% de sombra. Possivelmente o efeito do microclima gerado pelas telas de sombreamento que para as gramíneas foi positivo, ou seja, que ocasionou uma maior concentração de N nos tecido vegetais permitindo melhores condições de crescimento, para a leguminosa pode ter sido um efeito negativo.

nos quatro genótipos, ou seja, ocorreu um decréscimo no teor de N com o incremento de biomassa aérea. De acordo com a teoria de diluição do N, o decréscimo no teor deste nutriente com o crescimento da planta, ocorre principalmente em função do incremento na proporção de materiais estruturais e de reserva que contém pouco nitrogênio e assim, a concentração de N na planta diminui (Greenwood et al.,1990).

Nas Figuras 44 a 51 e na Tabela 4, estão apresentados os índices de nutrição nitrogenada (INN) calculados, a partir de uma relação com o nível crítico de N (Lemaire & Gastal, 1997).

Para as gramíneas, apenas nos tratamentos sombreados, e nos meses iniciais de avaliação (dez, jan e fev) foram determinados níveis próximos ou acima do valor crítico. Índices mais elevados foram obtidos sob sombra intensa (80%), em relação ao pleno sol. Para *P. regnellii* foram observados valores de INN, acima do nível crítico no tratamento de sombra intensa, no primeiro ciclo nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro (Figura 44). No segundo ciclo foram observados valores superiores ao nível crítico apenas no mês de fevereiro (Figura 45).

Para *P. dilatatum* no primeiro ciclo de avaliação (2009), assim como para *P. regnellii*, foram observados valores acima do nível crítico de N para o tratamento de sombra intensa (80%), nos meses de dezembro, janeiro, fevereiro primeiro ciclo de avaliação (2008/2009). Unicamente nos meses de janeiro de 2009 (Figura 46) e fevereiro de 2010 (Figura 47) a forragem produzida sob sombreamento moderado (50%) apresentou maior INN do que sob sombra intensa, indicando que a forragem de *P. dilatatum* apresentou

melhor nutrição nitrogenada sob 50% de sombreamento, isso aliado ao fato de que nestes meses, nos dois ciclos de avaliação (Figuras 12 e 13), houve maior produção de forragem (RENDMS) indica que nos meses de janeiro e fevereiro seria o período ótimo para a colheita da forragem do capim-melador, que demonstrou uma fenologia mais precoce em relação aos demais genótipos

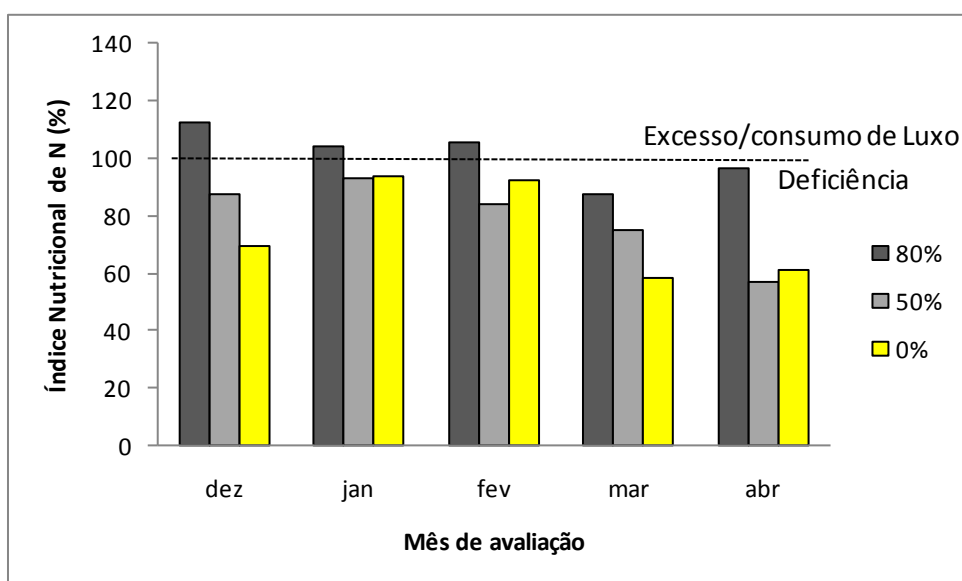


Figura 44. Variação mensal do Índice nutricional de nitrogênio de *Paspalum regnellii* sob três níveis de sombreamento (0%, 50%, 80%) no primeiro ciclo de avaliação (2008-2009). Bagé/RS.

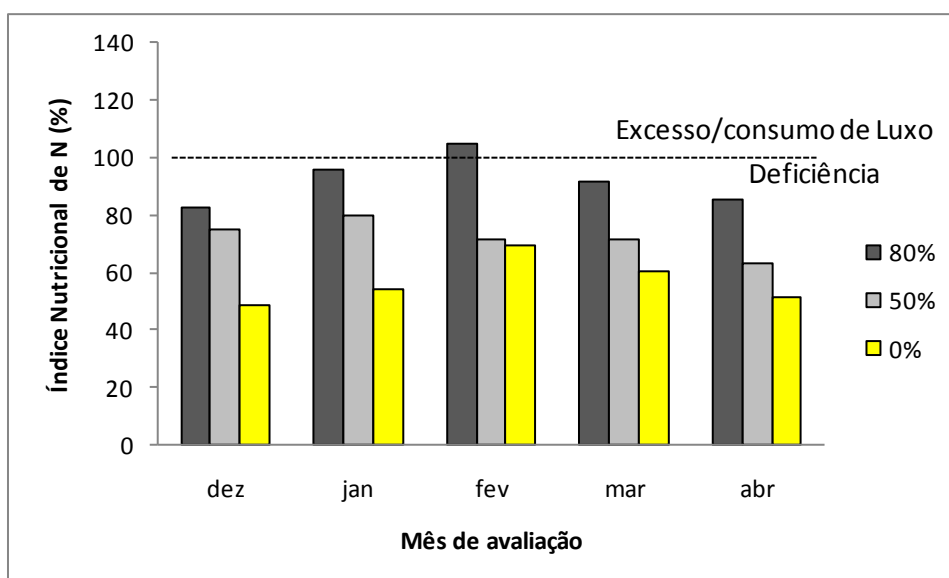


Figura 45. Variação mensal do Índice nutricional de nitrogênio de *Paspalum regnellii* sob três níveis de sombreamento (0%, 50%, 80%) no segundo ciclo de avaliação (2009-2010). Bagé/RS.

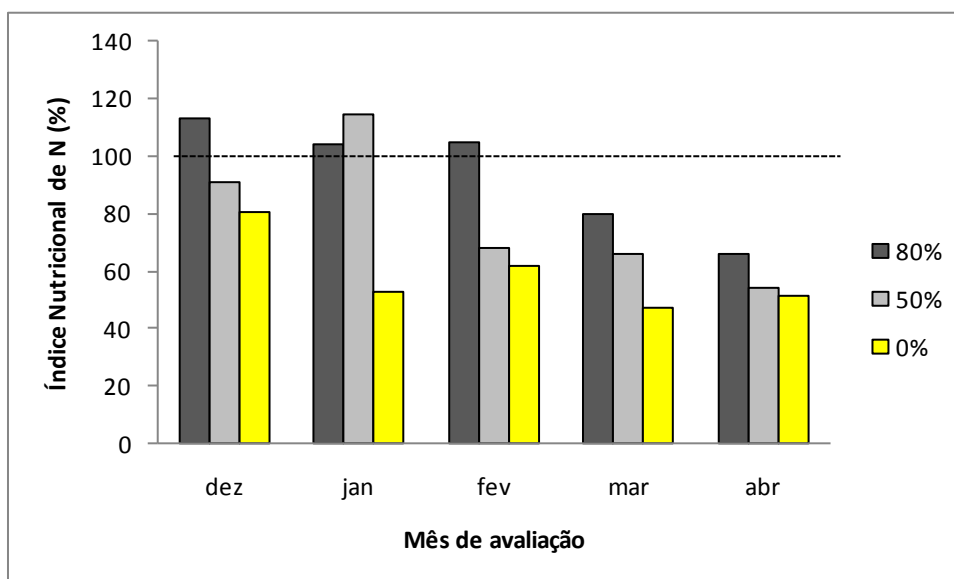


Figura 46. Variação mensal do Índice nutricional de nitrogênio de *Paspalum dilatatum* sob três níveis de sombreamento (0%, 50%, 80%), no primeiro ciclo de avaliação (2008-2009). Bagé/RS.

Para *P. notatum* não foram observados valores de INN acima do nível crítico para nenhum dos ciclos de avaliação e nenhum dos níveis de sombra testados (Figuras 48 e 49).

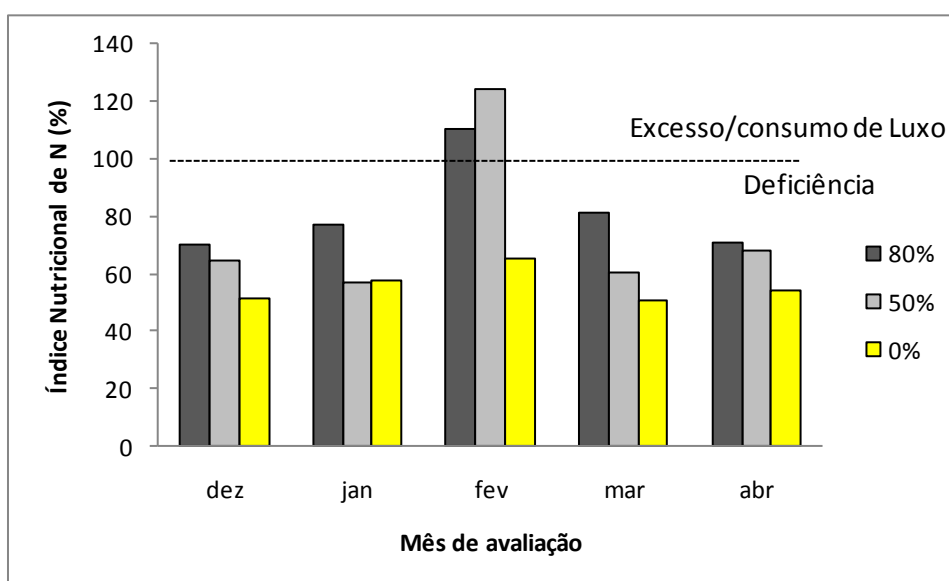


Figura 47. Variação mensal do Índice nutricional de nitrogênio de *P. dilatatum* sob três níveis de sombreamento (0%, 50%, 80%), no segundo ciclo de avaliação (2009-2010). Bagé/RS.

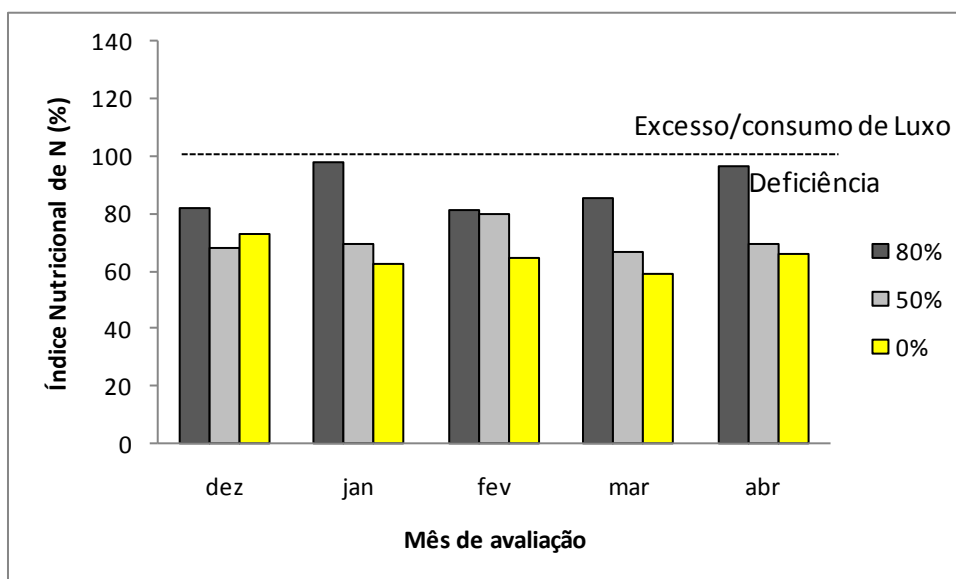


Figura 48. Variação mensal do Índice nutricional de nitrogênio de *Paspalum notatum* sob três níveis de sombreamento (0%, 50%, 80%), no primeiro ciclo de avaliação (2008-2009). Bagé/RS.

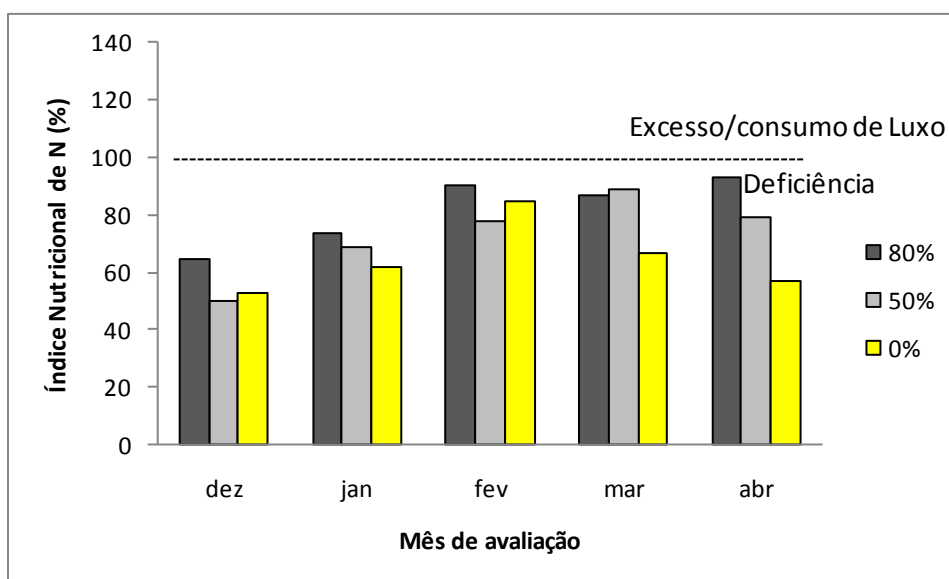


Figura 49. Variação mensal do Índice nutricional de nitrogênio de *P. notatum* sob três níveis de sombreamento (0%, 50%, 80%), no segundo ciclo de avaliação (2009-2010). Bagé/RS.

Os efeitos positivos associados ao fator restrição luminosa, como a redução da demanda evaporativa atmosférica e assim da manutenção de maior umidade do solo, em relação ao pleno sol e seus efeitos sobre a nutrição da planta tem sido discutido com freqüência. Em vários estudos desenvolvidos na

Australia por Wilson e colaboradores (Wilson & Ludlow, 1991; Wilson & Wild, 1991; Wilson & Wild, 1995; Wilson, 1996) o ambiente sombreado *per se* é considerado o fator isolado mais crítico, que leva ao que se denomina “efeito-sombra”. Estes estudos sugerem que o “efeito-sombra” em gramíneas tropicais ocorre, pois o ganho em fotossíntese líquida é maior do que a perda na atividade fotossintética potencial, quando o nível de luz é reduzido em até 50%. Os autores ressaltam que isso acontece especialmente sob condições N-limitantes, pois nessas situações a curva de resposta satura-se sob 50% de luz (Wilson & Wild, 1995). Além disso, comprovam (em diversos experimentos) um aumento na mineralização da matéria orgânica do solo através do favorecimento da atividade microbiana, por temperaturas adequadas e um melhor status hídrico na superfície do solo mesmo sob sombra artificial. Assim uma maior disponibilidade de nitrogênio no solo também estaria associada a um estímulo do crescimento de plantas sob sombreamento artificial, em comparação com o pleno sol.

Para o amendoim-forrageiro se observou menores valores de INN sob sombra intensa em relação aos valores médios determinados para o sol pleno e 50% de sombra (Figuras 50 e 51 e Tabela 4). Em quase todos os meses de avaliação, nos dois ciclos, os valores médios de INN sob sombra moderada e sob pleno sol estiveram muito próximos do nível crítico de N (Figura 50 e 51), o que poderia indicar que sob sombra intensa o crescimento estivesse co-limitado por falta de N.

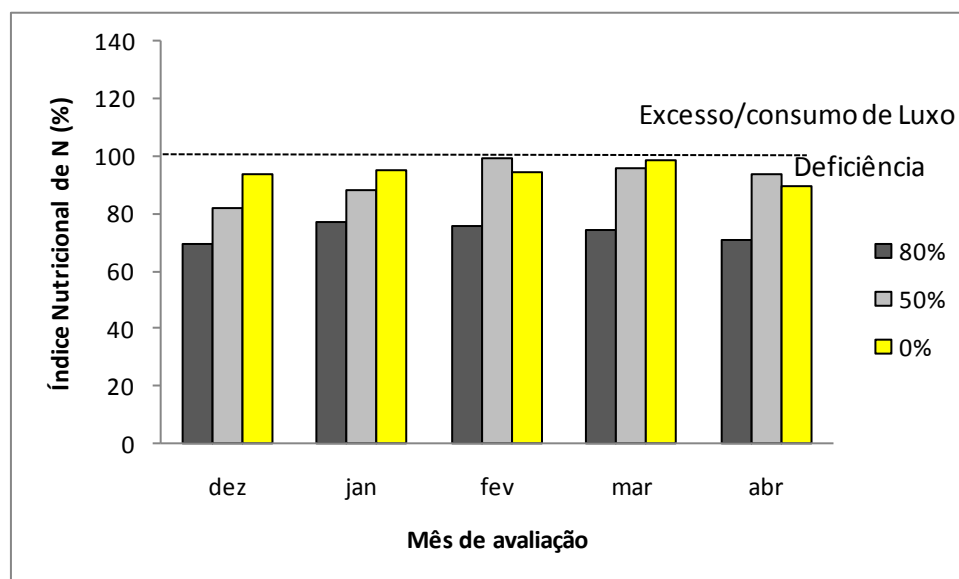


Figura 50. Variação mensal do Índice nutricional de nitrogênio de *Arachis pintoï* sob três níveis de sombreamento (0%, 50%, 80%), no primeiro ciclo de avaliação (2008-2009). Bagé/RS.

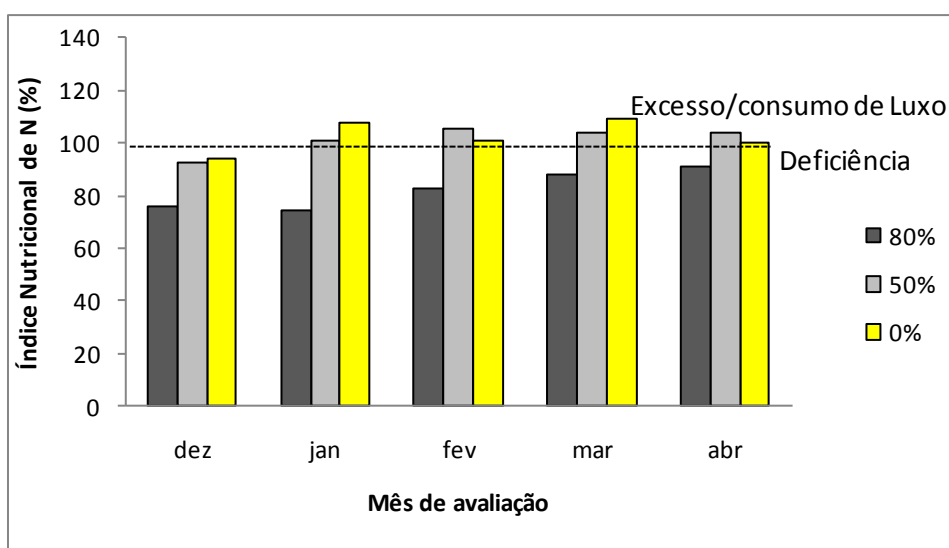


Figura 51. Variação mensal do Índice nutricional de nitrogênio de *A. pintoï* sob três níveis de sombreamento (0%, 50%, 80%), no segundo ciclo de avaliação (2009-2010). Bagé/RS.

No presente trabalho, ao quinto ciclo de desenvolvimento destas gramíneas perenes sob sombra, com níveis anuais intermediários de aplicação de N (100 kg ha^{-1}), observou-se que o *status* nitrogenado sob sombra moderada e intensa foi maior, ou muito próximo do nível considerado crítico ao crescimento, ou seja, acima do nível de N mínimo para potencializar o máximo crescimento da planta. Esta melhoria na nutrição nitrogenada das gramíneas

sob sombra foi mais evidente no primeiro ciclo de avaliação, quando ocorreu déficit hídrico, ou seja, o *status* nitrogenado da planta, assim como seu crescimento sob sombra estão condicionados à ocorrência de interação positiva entre múltiplos fatores, principalmente da umidade do solo e do nível de fertilização nitrogenada.

Tabela 4. Valores médios do índice nutricional de nitrogênio (INN %) de *Paspalum regnellii*, *P. dilatatum*, *P. notatum* e *Arachis pintoii* sob três níveis de sombreamento (0%, 50%, 80%), em dois ciclos de avaliação (2008-2009 e 2009-2010). Bagé/RS.

Genótipo	Nível de sombra (%)	Ciclo 1		Ciclo 2			
		INN (%)	EP	INN(%)	EP		
<i>P. regnellii</i>	0	75,0	B	3,2	56,1	C	4,5
	50	79,2	B	3,2	72,5	B	4,4
	80	101,0	A	3,2	92,1	A	4,4
	média	85,1			73,6		
<i>P. dilatatum</i>	0	58,6	B	5,6	55,7	B	7,8
	50	78,7	AB	5,1	74,8	AB	7,8
	80	93,7	A	5,6	81,8	A	7,8
	média	77,0			70,7		
<i>P. notatum</i>	0	65,1	B	2,6	64,5	A	5,5
	50	70,1	B	2,2	72,3	A	5,5
	80	88,5	A	2,4	81,6	A	6,4
	média	74,7			72,8		
<i>A. pintoii</i>	0	94,3	A	4,6	102,6	A	4,7
	50	91,7	A	4,6	101,5	A	4,8
	80	73,1	B	4,9	82,2	B	4,7
	média	86,3			95,4		

Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes nas colunas para cada genótipo, diferem pelo teste Tukey a 5% de significância. EP= Erro padrão das médias

Da mesma forma que Cruz et al. (1995), no presente trabalho, foram encontrados maiores níveis de N em uma pastagem sombreada de *Dichantium aristatum*, gramínea tropical perene de ciclo estival. Estes autores sugerem que

o incremento na nutrição nitrogenada das plantas, juntamente com máximas taxas assimilatórias de CO₂ sob sombra natural de *Leucaena leucocephala*, são os maiores responsáveis pelo incremento da EUR (1,76 e 1,1 g MS MJ⁻¹ para a pastagem sombreada e sob pleno sol, respectivamente).

Em trabalho desenvolvido por Bélanger et al. (1992) a EUR também foi associada ao status nitrogenado da planta. O efeito da deficiência de N foi analisado sobre a EUR e sobre a quantidade de RFA interceptada pela festuca (*Festuca arundinacea*). Em termos relativos, a EUR foi mais afetada pela deficiência de N moderada (INN= 0,6 - 0,8) do que a quantidade de RFA interceptada pela cultura, mas sob severa deficiência de N (INN= 0,3) a resposta das duas variáveis foi semelhante.

No presente trabalho, foram constatadas algumas alterações morfológicas em resposta à sombra (incremento do IAF, AFE), que de uma forma direta ou indireta, estiveram relacionadas aos maiores níveis de nutrição nitrogenada nas plantas cultivadas sob sombra. Estas respostas foram evidentes para os quatro genótipos avaliados sob sombra moderada, e refletiram-se em produções de forragem iguais ou superiores sob este nível de sombra.

Sob sombra intensa as respostas morfológicas não foram tão evidentes e houve uma importante diferença entre a leguminosa e as três gramíneas avaliadas quanto ao nível nutricional de N: as gramíneas apresentaram *status* nitrogenado mais próximo ao nível crítico de N com o aumento do nível de sombra e a leguminosa apresentou uma redução do N% sob sombra intensa. Este nível de sombra (80%) não foi adequado ao cultivo

de *Arachis pintoii*, pois reduziu o rendimento de forragem, o IAF e o teor de N na biomassa aérea da leguminosa, independente da disponibilidade hídrica.

Possivelmente estas alterações, morfológicas e do *status* nutricional nitrogenado das plantas, estiveram relacionadas à obtenção de maiores EUR sob sombreamento, resultando em maiores produções de forragem para as gramíneas, especialmente quando o fator hídrico foi limitante sob pleno sol.

5. CONCLUSÕES

1. O sombreamento moderado (50%) teve um efeito positivo sobre o rendimento de forragem em relação ao sol pleno, porém, o cultivo sob sombreamento intenso (80%) reduziu a produção de matéria seca de todos os genótipos avaliados, à exceção de *Paspalum regnellii*.

2. Mesmo sob menor precipitação pluvial e sob déficit hídrico no solo, o sombreamento moderado promove condições térmicas e de umidade do solo, favoráveis ao crescimento em comparação com o ambiente sem sombra.

3. *P. regnellii* destacou-se pelos elevados rendimentos, independente do nível de sombra, indicando ser uma espécie com potencial para utilização em ambientes sombreados, independente da pluviosidade.

4. *Arachis pintoii*, apresentou boa produção de forragem sob sombra moderada, bem como bom valor nutritivo (nutrição nitrogenada) evidenciando seu potencial para utilização em sub-bosques, porém reduziu seu rendimento sob sombra intensa.

5. As gramíneas não alteram seus coeficientes de extinção sob sombra moderada (50%), indicando que possivelmente seu cultivo sob este nível não altera de forma significativa a estrutura do dossel, enquanto o cultivo de *A. pintoii* sob os dois níveis de sombra, alterou a relação entre o IAF e a IL

da leguminosa.

6. Sob 80% de sombra observou-se uma redução na IL e no IAF para *P. notatum*, *P. dilatatum* e *A. pintoii*, o que provavelmente refletiu-se nas menores produções de forragem associadas à estes três genótipos neste nível intenso de sombreamento.

7. A eficiência de uso da radiação é incrementada com o aumento do nível de sombra para os quatro genótipos, com *P. regnellii* apresentando a maior eficiência de uso da radiação.

8. O aumento do sombreamento incrementou os níveis de N na biomassa aérea das gramíneas, mas reduziu o nível de N de *Arachis pintoii*;

9. A maior eficiência de uso da radiação observada pode estar associada à melhoria do *status* hídrico e nitrogenado das gramíneas sob sombra, em relação ao sol pleno.

10. Todos os genótipos apresentaram bom desempenho sob níveis moderados de sombra, destacando-se o RENDMS de *P. regnellii* e *P. dilatatum* bem como o teor de N em *P. notatum* e *A. pintoii*, evidenciando serem genótipos promissores para utilização em sub-bosques silvipastoris na Campanha do RS.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Embora seja um termo freqüentemente utilizado, não existe uma definição precisa do conceito de adaptação à sombra. Do ponto de vista agrônômico, podem ser definidas como tolerantes aquelas espécies que mantêm ou incrementam sua produtividade em condições sombreadas, em comparação a obtida sob pleno sol (Stür, 1990; Wong, 1990). Segundo Peri (2002) o conceito de tolerância, aplicado à pastagens sombreadas, pode ser mais apropriado integrando as respostas produtivas às mudanças na qualidade nutricional das pastagens. Em termos gerais, foram observadas melhores respostas em desempenho produtivo e nas características morfofisiológicas e nutricionais dos genótipos sob sombra moderada (50%), especialmente das gramíneas, mas também da leguminosa. Neste nível manifesta-se claramente a ocorrência positiva do “efeito-sombra” (Wilson & Ludlow, 1991; Wilson & Wild, 1991; Wilson & Wild, 1995; Wilson, 1996). Em contraste, no nível de 80% a restrição da radiação corresponde, aparentemente, a uma “dose” excessiva de sombra, estabelecendo um claro limite de impedimento ao pleno crescimento das plantas (a exceção foi *P. regnellii*). No entanto, não foi possível definir qual o nível crítico de sombreamento, a partir do qual a produtividade decresce. Este nível é característico para cada espécie e dependente do solo (pH, fertilidade, drenagem, textura), do clima (precipitação, temperatura) e do

manejo aplicado (regime de corte e/ou pastejo, níveis de adubação) (Stür, 1990; Fassola et al., 2005). Nesse sentido, a resposta ímpar de *P. regnellii* no nível de 80% de sombra destaca o potencial deste genótipo de suportar níveis mais intensos de sombra, com elevadas produções de matéria seca e melhoria da sua nutrição nitrogenada.

Existe ainda uma escassez de estudos de avaliação de leguminosas sob sombra em nosso meio, porém, alguns estudos apontam uma boa adaptação de espécies do gênero *Arachis* sob níveis moderados de restrição luminosa (Johnson et al., 2002; Gobbi et al., 2009), fato relevante, pois aponta para a chance de se ter sucesso no estabelecimento de SSP constituídos por misturas forrageiras de gramíneas-leguminosas perenes em nossas condições subtropicais. Nesse sentido, há novamente que se destacar a importância da participação de leguminosas forrageiras em pastagens sombreadas, não só pela importância da sua qualidade para os ruminantes domésticos, mas também por sua contribuição para elevar a fertilidade do solo via fixação simbiótica de N. Outro fato auspicioso e importante revelado na pesquisa: os outros dois genótipos de *Paspalum* - *dilatatum* e *notatum* - também apresentaram bons desempenhos sob 50% de sombra, com maior rendimento de *P. dilatatum* no segundo ciclo, talvez como uma resposta a maior disponibilidade de umidade. Entretanto, as duas espécies foram bastante semelhantes de um modo geral, inclusive na questão da nutrição nitrogenada, estimada pelo INN, o que levaria a considerá-las com potencial forrageiro semelhante ao de *P. regnellii* para uso em SSP, pois são duas espécies nativas e com excelente adaptação ao pastejo direto sob sol pleno. Outra ocorrência

relevante, embora não esperada, foi o fato de ocorrer uma expressiva diferença de pluviosidade entre os dois ciclos de avaliação. Tal fato permitiu que o fator umidade fosse introduzido como elemento de discussão, o que revelou-se muito útil para detectar a interação nível de sombra x disponibilidade hídrica sobre o desempenho produtivo e outras características morfológicas (IAF, IL e AFE) e fisiológicas (INN) dos genótipos.

A pesquisa científica em SSP na região sul do Brasil pode ser considerada em fase inicial, pois são ainda escassos os experimentos para avaliar o sistema de uma forma holística, ou seja, considerando os efeitos das interações entre os fatores bióticos e abióticos envolvidos neste tipo agroecossistema. Além disso, é necessário considerar sua dinâmica e as características peculiares de cada ambiente (Saibro & Barro, 2009). Nesse sentido, é de inquestionável importância o uso de materiais artificiais como ferramentas na pesquisa silvipastoril, já que estes materiais são amplamente utilizados na avaliação ecofisiológica de espécies forrageiras, no estudo das interações entre a radiação e a disponibilidade hídrica e de nutrientes. Estes materiais devem ser utilizados principalmente para o rápido *screening* de genótipos forrageiros com potencial para utilização em ambientes sombreados. Por outro lado, já é reconhecida mundialmente a existência de métodos mais eficientes do que as telas de sombreamento para simulação do ambiente luminoso prevalente em sub-bosques silvipastoris (Varella et al., 2010). Porém, estes trabalhos permitem o conhecimento de mecanismos de ação e as interações simples entre dois elementos do sistema (o crescimento da pastagem e a redução da energia luminosa, por exemplo). Isto permite obter

conhecimentos básicos importantes em diversos subsistemas a partir de experimentos de menor complexidade metodológica, baixo custo e menor duração (Saibro & Barro 2009) e estes experimentos são classificados como reducionistas. É importante considerar que o principal objetivo deste método de pesquisa científica é selecionar tratamentos para uso em futuros trabalhos de pesquisa com um sistema holístico, na esperança de que seus resultados sejam úteis para um aproveitamento direto em SSP verdadeiros (Saibro & Barro, 2009).

Além disso, é necessário considerar que as pesquisas em SSP com modelos holísticos devem ser conduzidas por um longo prazo, que inclui todo o tempo de modificação do ambiente luminoso, isto é, até o corte das árvores, além de um período posterior adicional para avaliação dos impactos provocados pelo sistema no ambiente.

Provavelmente, os modelos reducionistas continuarão sendo muito usados, já que a interação simples entre os elementos do sistema seguirá sendo essencial em qualquer contexto. Mas é de fundamental importância destacar a necessidade de ampliar o conhecimento atual incluindo uma grande diversidade de solos, condições de clima, espécies florestais, forrageiras e nos tipos de pastagens nativas e cultivadas. Certamente a proposta lógica e mais coerente para as futuras pesquisas será unir as duas perspectivas, associando as estratégias reducionistas com a maior complexidade funcional dos sistemas silvipastoris verdadeiros (Saibro & Barro, 2009).

A partir dos resultados deste estudo e do conhecimento do estado da arte na pesquisa SSP, sugerimos para futuros trabalhos em forragicultura

para utilização/aplicação em SSP na região Sul do Brasil se referem a: a) busca de genótipos forrageiros mais tolerantes ao sombreamento, especialmente espécies perenes, com os devidos testes em condições reais do sistema, isto é, sob pastejo e com a presença de árvores; b) estudar as alterações provocadas pelo sombreamento nas relações morfofisiológicas ligadas ao crescimento e à persistência das plantas forrageiras sob distintos regimes de manejo (corte ou pastejo) na sombra, visando estabelecer bases para o manejo destas forrageiras em sub-bosques sombreados; c) estudos das exigências nutricionais minerais, ou e as respectivas respostas das forrageiras, das árvores e dos animais; d) planejar e realizar estudos integrados com especialistas da área da economia rural, da silvicultura e da ecologia, visando fornecer elementos para a tomada de decisões pelos produtores, como forma de estimular a adoção de SSP.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADDISON, H.; CONGDON, R. Legumes for agroforestry systems. In: AUSTRALIAN AGRONOMY CONFERENCE, 10., 2001, Hobart. **Proceedings...** Hobart: Australian Society of Agronomy, 2001. 1 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.; VALENTIM, J.F. Adaptação, produtividade e persistência de *Arachis pintoi* submetido a diferentes níveis de sombreamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.28, n.3, p.439-445, 1999.

ANDRADE, C.M.S. et al. Crescimento de gramíneas e leguminosas forrageiras tropicais sob sombreamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.3, p.263-270, 2004.

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

ARAÚJO, A.A. de. **Principais gramíneas do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Sulina, 1971. 255 p.

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.

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.

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.

BARRETO, I.L. Estudos das pastagens nativas do R. G. do Sul. In: ANUÁRIO da Associação Gabrielense de Melhoramento e Renovação de Pastagens. São Gabriel: Associação Gabrielense de Melhoramento e Renovação de Pastagens, 1963. 121 p.

BARRETO, I.L. **O gênero Paspalum (Gramineae) no Rio Grande do Sul**. 1974. 258 f. Tese (Livre docência – fitotecnia). Faculdade de Agronomia, UFRGS. 1974.

BARRO, R.S. et al. Rendimento total e estacional de gramíneas forrageiras perenes estivais cultivadas em sub-bosques de *Pinus elliottii* em duas densidades arbóreas e ao sol pleno. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 45., 2008, Lavras/MG. **Anais...** Lavras/MG, 2008. p.58.

BARRO, R.S; et al. Rendimento de forragem e valor nutritivo de gramíneas anuais de estação fria submetidas a sombreamento por *Pinus elliottii* e ao sol pleno (Forage yield and nutritive value of cool-season annual forage grasses shaded by *Pinus elliottii* trees and at full-sun). **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.37, p.1721-1727, 2008b.

BARRO, R.S. et al. Screening native C4 pasture genotypes for shade tolerance in Southern Brazil. In: AUSTRALIAN SOCIETY OF AGRONOMY CONFERENCE, 15., 2010, Lincoln. **Proceedings...** Lincoln, 2010. p. 1-5.

BATISTA, L.A.R.; REGITANO NETO, A.; GODOY, R. Production and quality of *Paspalum* forage in state of São Paulo. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 29., 2001, Piracicaba. **Proceedings...** Piracicaba: 2001. p. 897-898.

BÉLANGER , G., GASTAL , F. , LEMAIRE , G. Growth analysis of a tall fescue sward fertilised with different rates of nitrogen. **Crop Science**, Madison, v. 6 , p. 1371 – 1376, 1992

BELESKY, D. P.; BURNER, D. M.; RUCKLE, J. M. Tiller production in cocksfoot (*Dactylis glomerata*) and tall fescue (*Festuca arundinacea*) growing along a light gradient. **Grass and Forage Science**, Oxford, v. 66, p. 1-11, 2011.

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.

BENAVIDES R., DOUGLAS G.B., OSORO K. Silvopastoralism in New Zealand: review of effects of evergreen and deciduous trees on pasture dynamics. **Agroforestry System**, Dordrecht, v.76, p.327–350, 2009.

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. et al. Botanical composition and forage production in an emulated silvopasture. **Agronomy Journal**, Madison, v.97, p.1141-1147, 2005.

BUERGLER, A.L. et al. Forage nutritive value in an emulated silvopasture. **Agronomy Journal**, Madison, v.98, n.5, p.1265-1273, 2006.

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.

BERGEZ, J.E. et al. Light modification in a developing silvopastoral system in UK: a quantitative analysis. **Agroforestry System**, Dordrecht, v.37, p.227-240, 1997.

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

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.

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. et al. 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.

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. et al. **Sistema silvipastoril com acácia negra e pastagens tropicais**. Porto Alegre: FEPAGRO, 2002. 4 p. (Comunicado Técnico, 5).

CASTILHOS, Z.M.S. et al. 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., 1997, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: 1997, v. 2, p. 338-340.

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.

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, J. A. **Caracterização ecológica de ecótipos de *Paspalum notatum* Flüge var. notatum naturais do Rio Grande do Sul e ajuste de um modelo de estimação do rendimento potencial**. 1997. 98 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1997.

COSTA, N. L. et al. Avaliação agronômica de genótipos de *Paspalum* em Rondônia. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35., 1998, Botucatu. **Anais...** Botucatu, 1998. p.33-35.

CRUZ P. et al. Effect of shade on growth, nitrogen content and CO₂ leaf assimilation in a tropical perennial grass. In: SINOQUET, H.; CRUZ, P. (Eds.) **The Ecophysiology of Tropical Intercropping**. INRA Editions: Paris. 1995. p.285-293.

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.

DELATE, K. et al. 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.

DENIUM, B.; et al. Effects of light intensity on growth, anatomy and forage quality of two tropical grasses (“*Brachiaria brizantha*” and “*Panicum maximum*” var. *Trichoglume*). **Netherlands Journal of Agricultural Science**, Holland, v.44, p.111-124, 1996.

DEVKOTA N.R.; KEMP P.D. Morphological aspects of pasture species in the shade in relation to various management practices under silvopastoral systems. **Journal of the Institute of Agriculture and Animal Science**, Nepal, v.19-20, p.1-26. 1999.

DEVKOTA N.R., KEMP P.D., HODGSON J. Screening pasture species for shade tolerance. **Agronomy Society New Zealand**, Lincoln, v.27, p.119–128. 1997.

DEVKOTA N.R. et al. 2009. Relationship between tree canopy height and the production of pasture species in a silvopastoral system based on alder trees. **Journal of Agroforestry Systems**, Dordrecht, n.76, p.363-374. 2009.

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.; 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.

FASSOLA, H.E. et al. 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.

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)

FELDHAKÉ C.M.; BELESKY D.P. Photosynthetically active radiation use efficiency of *Dactylis glomerata* and *Schendonorus phoenix* along a hardwood tree-induced light gradient. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v.75, p.189–196. 2009.

FERNANDEZ, M.E. et al. 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.

FERNANDEZ M.E.; GYENGE J.E.; SCHLICHTER T.M. Shade acclimation in the forage grass *Festuca pallescens*: biomass allocation and foliage orientation. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v.60, p.159–166. 2004.

FERNANDEZ M.E.; GYENGE J.E.; SCHLICHTER T.M. Growth of the grass *Festuca pallescens* in silvopastoral systems in a semi-arid environment, Part 1: positive balance between competition and facilitation. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v.66, p.259–269. 2006.

FERNANDEZ M.E. et al. Belowground interaction between trees and grasses in a temperate semiarid agroforestry systems. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v.74, p.185–197. 2008.

FRANÇA, S. et al. Radiação fotossinteticamente ativa e sua relação com a radiação solar global em dossel de alfafa em função do índice de área foliar. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Sete Lagoas, v.5, p.147-153, 1997.

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.

GARCEZ NETO A.M. et al. Morphological acclimation of temperate forages to patterns and levels of shade. **British Society of Animal Science**, Penicuik, v.39, n.1, p.42–50. 2010.

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.

GOBBI K.F. et al. Características morfológicas, estruturais e produtividade do capim-braquiária e do amendoim forrageiro submetidos ao sombreamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.38, p.1645–1654. 2009.

GOBBI, K.F. **Características morfoanatômicas, nutricionais e produtividade de forrageiras tropicais submetidas ao sombreamento.** 2007. 82f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2007.

GONZALEZ-DUGO, V. et al. Short-term response of the nitrogen nutrition status of tall fescue and Italian ryegrass swards under water deficit. **Australian Journal of Agricultural Research**, East Melbourne, v.56, p.1269–1276. 2005.

GOSSE, G. et al. Prediction maximale de matière sèche et rayonnement solaire intercepté par un couvert végétal. **Agronomie**, Paris, v.6, p. 47-58, 1986.

GREENWOOD, D.J. et al. Decline in percentage N of C3 and C4 crops with increasing plant mass. **Annals of Botany**, Londres, v.66, p.425–436. 1990.

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, 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.

HIRATA, M. Effects of nitrogen fertiliser rate and cutting height on leaf appearance and extension in bahia grass (*Paspalum notatum*). **Tropical Grasslands**, Brisbane, v.34, n.1, p. 7-13, 2000.

HIROSE T. Development of the Monsi-Saeki theory on canopy structure and function. **Annals of Botany**, Londres, v.95, p.483–494. 2005.

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

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. et al. 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, p.1033–1038. 1992.

KINIRY J.R.; TISCHLER C.R.; VAN ESBROECK G.A. Radiation use efficiency and leaf CO₂ exchange for diverse C₄ grasses. **Biomass & Bioenergy**, Oxford, v.17, p.95–112. 1999.

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

KNOWLES, R.L. et al. Developing canopy closure model to predict overstorey/understorey relationships in *Pinus radiata* silvopastoral systems. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v.43, p.109-119. 1999.

KOUKOURA, Z.; KYRIAZOPOULOS, A. P.; PARISSI, Z. M. Growth characteristics and nutrient content of some herbaceous species under shade and fertilization **Spanish Journal of Agricultural Research**, Madrid, v.7(2), p.431-438, 2009.

LACORTE S.M., ESQUIVEL J.L. Sistemas silvopastoriles en la mesopotamia argentina. Reseña del conocimiento, desarrollo y grado de adopción. In: CONGRESO NACIONAL DE SISTEMAS SILVOPASTORILES, Posadas (Misiones, Argentina). **Actas**. Posadas (Misiones, Argentina), 2009. p. 70-82

LACORTE, S.M. et al. Efecto de diferentes grados de sombreado, con y sin fertilización fosfórica, sobre La producción de un pastizal modificado con predominio de *Axonopus compressus* (Swartz) Beauv. en el sur de Misiones, Argentina. In: JORNADAS TÉCNICAS FORESTALES Y AMBIENTALES, 11., 2004, Misiones – Argentina. **[Anais]**. Misiones – Argentina , 2004. p.1-6.

LADYMAN, K.P. et al. Quality and Quantity Evaluations of Shade Grown Forages. In: THE NORTH AMERICAN AGROFORESTRY CONFERENCE – AFTA, 8., 2003, Corvalis. **Proceedings...** Corvalis, 2003. p.175-181.

LAWLOR D.W. et al. Facility for studying the effects of elevated carbon dioxide concentration and increased temperature on crops. **Plant, Cell and Environment**, Logan, v.16, p.603-608. 1993.

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

LEMAIRE G.; GASTAL F. N uptake and distribution in plant canopies. In: LEMAIER G. (Ed.) **Diagnosis of nitrogen status in crops**. Heidelberg: Springer-Verlag, 2007. p.3-43.

LEMAIRE, G., SALETTE, J. Relation entre dynamique de croissance et dynamique de pr élèvement d'azote par un peuplement de gramin ées fourrag ères. 1- Etude de l'effet du milieu. **Agronomie**, Cambridge, v.4, p.423–430, 1984.

LEMAIRE G. et al. Dynamics of accumulation and partitioning of N in leaves, stems, and roots of lucerne (*Medicago sativa* L.) in a dense canopy. **Annals of Botany**, Londres, v.70, p.429–435. 1992.

LEMAIRE G. et al. Interactions between leaf lifespan and defoliation frequency in temperate and tropical pastures: a review. **Grass and Forage Science**, Oxford, v.64, p.341–353. 2009.

LIN, C.H. et al. Shade effects on forage crops with potential in temperate agroforestry practices. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v.44, p.109-119. 1999.

LIN, C.H. et al. Nutritive quality and morphological development under partial shade of some forage species with agroforestry potential. **Agroforestry Systems**, 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.

LUDWIG, F. et al. 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.

- MARASCHIN, G.E. Grama batatais, forquilha e bahiagrass. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS, 17., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2000. p.217-264.
- MONSI M.; SAEKI T. Über den Lichtfaktor in den Pflanzengesellschaften und seine Bedeutung für die Stoffproduktion. **Japanese Journal of Botany**, Tokio, v.14, p.22–52. 1953.
- 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.
- MONTEITH, J.L. Solar radiation and productivity in tropical ecosystems. **Journal of Applied Ecology**, Oxford, v.9, p.747-766. 1972.
- MORAES, Y.J.B. **Forrageiras - conceitos, formação e manejo**. Guaíba, RS: Livraria e Editora Agropecuária, 1995.
- MORENO G. Response of understory forage to multiple tree effects in Iberian dehesas. **Agricultural Ecosystem Environment**, Quebec, v.123, p.239-244. 2008. 215p.
- MOSQUERA-LOSADA, M.R.; FERNANDEZ-NUÑEZ; E.; RIGUEIRO-RODRIGUEZ, A. Pasture, tree and soil evolution in silvopastoral systems of Atlantic Europe. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 232, p.135–145, 2006.
- NABINGER, C. et al. Resposta de *Paspalum notatum* var. Latiflorum à disponibilidade de nitrogênio: I. Morfogênese. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40., 2003, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: SBZ, 2003. 1 CD-ROM.
- 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.
- NAIR, P.K.R. **Introduction to agroforestry**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1993. 499p.
- NEEL, J.P.S.; FELDHAK, 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.
- 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.

PACIULLO, D.S.C. et al. Morfofisiologia e valor nutritivo do capim-braquiária sob sombreamento natural e a pleno sol. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.4, p.573-579, 2007.

PAGIOLA, A. S. et al. Paying for the environmental services of silvopastoral practices in Nicaragua. **Ecological Economics**, Amsterdam, v.6 n.4, p.374–385. 2007.

PANDOLFO, C. **Utilização da radiação solar e da temperatura do ar como variáveis de predição de rendimento de forragem de alfafa (*Medicago sativa* L.)** 1995. 95 f. Dissertação (Mestrado) Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1995.

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. **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.; LUCAS, R.J.; MOOT, D.J. Dry matter production, morphology and nutritive value of *Dactylis glomerata* growing under different light regimes. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v.70, p.63-79. 2007.

PERRY M.E.L et al. Tree canopy effect on grass and grass/legume mixtures in eastern Nebraska. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v.77, n.1, p.23-35. 2009.

PRIMAVESI, O. et al. Adubação e produção de *Paspalum* em dois níveis de fertilidade de latossolo vermelho amarelo: estabelecimento e manutenção. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.32, p.242-250, 2008.

RADIN, B. **Eficiência de uso da radiação fotossinteticamente ativa pelo tomateiro cultivado em diferentes ambientes.** 2002. 127f. Tese (Doutorado) Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

RAMOS A.K.B.; BARCELLOS A.O.; FERNANDES F.D., Gênero *Arachis*. In: FONSECA, D.M.; MARTUSCELLO, J.A. (Eds.) **Plantas Forrageiras**. Viçosa, MG: Editora da UFV, 2010. p.249-293.

RAO, M.R.; NAIR, P.K.R.; ONG, C. K. Biophysical interactions in tropical agroforestry systems. **Agroforestry Systems**, Dordrecht , v. 38, p. 3–50, 1998.

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 Silvipastoril 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. 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.

SAIBRO J.C.; BARRO, R.S. Indicadores biofísicos e sustentabilidade em sistemas silvipastoris In: WORKSHOP INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA NO BIOMA PAMPA, Pelotas, RS. **Palestra...** Pelotas, RS: Embrapa Clima Temperado, 2009. 1 CD-ROM

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.

SANTOS, R.J. **Dinâmica de crescimento e produção de cinco gramíneas nativas do sul do Brasil**. 2005. 103f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Área de Plantas Forrageiras. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

STATISTICAL ANALYSES SYSTEM - SAS. **SAS/STAT user's guide: statistics**. Version 9.1, Cary: 2005.

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.

SHARROW, S.H.; ISMAIL, S. Carbon and nitrogen storage in agroforests, tree plantations, and pastures in western Oregon, USA. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v.60, p.123–130, 2004.

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

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.; 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.

SINOQUET, H.; CRUZ, P. Analysis of light interception and use in pure and mixed stands of *Digitaria decumbens* and *Arachis pintoii*. **Acta Oecologica**, Sorbonne, 14, p.327-339, 1993.

SOARES, A.B. et al. Influência da luminosidade no comportamento de onze espécies forrageiras perenes de verão. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, Brasília, v.38, p.443-451. 2009.

SPANNEBERG, P.R.O. **Modelo de estimativa do rendimento de forragem de *Desmodium incanum* (SM) DC em função da radiação solar e da temperatura do ar**. 1997. 93 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1997.

STUR, W. Screening forage species for shade tolerance-a preliminary report. In: SHELTON, H. M.; STÜR, W. W. (Eds.). **Forages for plantation crops**. Canberra: Australian Centre for International Agricultural Research, 1991. p. 58-63.

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.

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.

VALLS, J.M.F. et al. O patrimônio florístico dos Campos: potencialidades de uso e a conservação de seus recursos genéticos In: PILLAR V.D. et al. (Ed.) **Campos Sulinos, conservação e uso sustentável da biodiversidade**. Brasília, 2009. p.139-154.

VAN NOORDWIJK, M.; LUSIANA, B. WaNuLCAS 2.0, Background on a model of water nutrient and light capture in agroforestry systems. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 43, p. 217–242, 1999.

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

VARELLA, A.C.; SAIBRO, J.C. Uso de bovinos e ovinos como agentes de controle da vegetação nativa sob três populações de eucalipto. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.28, p.30-34, 1999.

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.

VARELLA, A.C. et al. Screening native and cultivated tropical pastures for silvipastoral systems in Southern Brazil. In: CONGRESO NACIONAL DE SISTEMAS SILVOPASTORILES, 2009, Posadas. **ACTAS...** BUENOS AIRES: INTA, 2009, v.1, p.363-367.

VARELLA, A.C et al. Do light and alfalfa responses to cloth and slatted shade represent those measured under an agroforestry system? **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v.xx, p.1-17, 2010.

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. et al. 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.

WILSON, J.R. Shade-stimulated growth and nitrogen uptake by pastures grasses in a subtropical environment. **Australian Journal of Agricultural Research**, Melbourne, v.47, p.1075-1093, 1996.

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.

7. APÊNDICES

Apêndice 1. Dados utilizados para a determinação da radiação fotossinteticamente ativa interceptada acumulada (RFA). Radiação solar global (RS Inmet¹ - cal/cm².mês; RS Inmet² - MJ/m².mês), RFA incidente (RFA inc - MJ/m².mês) RFA interceptada (RFAint - MJ/m².mês). (S= nível de sombra; Gen= genótipo; REG= *Paspalum regnellii*; DILA= *P. dilatatum*; NOTA= *P. notatum*; ARA= *Arachis pintoii*; Rep= repetição).

S	Gen	Mês	Rep	ciclo 1 (2009)				ciclo 2 (2010)			
				RS Inmet ¹	RS Inmet ²	RFA inc	RFA int	RS Inmet ¹	RS Inmet ²	RFA inc	RFA int
80	REG	dez	r1	4291,79	179,65	77,25	70,14	5540,68	231,93	99,73	98,22
80	REG	dez	r2	4291,79	179,65	77,25	70,65	5540,68	231,93	99,73	98,37
80	REG	dez	r3	4291,79	179,65	77,25	69,43	5540,68	231,93	99,73	94,96
80	REG	jan	r1	8297,53	347,33	149,35	142,64	9205,85	385,36	165,70	164,66
80	REG	jan	r2	8297,53	347,33	149,35	78,84	9205,85	385,36	165,70	165,20
80	REG	jan	r3	8297,53	347,33	149,35	138,73	9205,85	385,36	165,70	164,25
80	REG	fev	r1	11781,57	493,18	212,07	208,14	11905,32	498,36	214,29	198,40
80	REG	fev	r2	11781,57	493,18	212,07	208,70	11905,32	498,36	214,29	206,18
80	REG	fev	r3	11781,57	493,18	212,07	199,78	11905,32	498,36	214,29	206,92
80	REG	mar	r1	15045,31	629,80	270,81	253,89	14887,68	623,20	267,98	244,31
80	REG	mar	r2	15045,31	629,80	270,81	266,08	14887,68	623,20	267,98	186,55
80	REG	mar	r3	15045,31	629,80	270,81	257,62	14887,68	623,20	267,98	249,12
80	REG	abr	r1	15680,44	656,38	282,24	277,24	16054,02	672,02	288,97	285,19
80	REG	abr	r2	15680,44	656,38	282,24	278,53	16054,02	672,02	288,97	284,45
80	REG	abr	r3	15680,44	656,38	282,24	242,08	16054,02	672,02	288,97	285,12
50	REG	dez	r1	10729,47	449,14	193,13	169,68	13851,70	579,83	249,33	231,94
50	REG	dez	r2	10729,47	449,14	193,13	164,89	13851,70	579,83	249,33	213,24
50	REG	dez	r3	10729,47	449,14	193,13	177,63	13851,70	579,83	249,33	247,69
50	REG	jan	r1	20743,83	868,34	373,38	343,02	23014,62	963,39	414,26	406,69
50	REG	jan	r2	20743,83	868,34	373,38	317,00	23014,62	963,39	414,26	406,07
50	REG	jan	r3	20743,83	868,34	373,38	317,55	23014,62	963,39	414,26	405,34
50	REG	fev	r1	29453,92	1232,94	530,16	519,56	29763,31	1245,89	535,73	514,84
50	REG	fev	r2	29453,92	1232,94	530,16	509,58	29763,31	1245,89	535,73	498,51
50	REG	fev	r3	29453,92	1232,94	530,16	519,20	29763,31	1245,89	535,73	513,15
50	REG	mar	r1	37613,28	1574,49	677,03	628,29	37219,20	1558,00	669,94	640,81
50	REG	mar	r2	37613,28	1574,49	677,03	636,09	37219,20	1558,00	669,94	638,47
50	REG	mar	r3	37613,28	1574,49	677,03	634,29	37219,20	1558,00	669,94	634,21
50	REG	abr	r1	39201,10	1640,96	705,61	627,62	40135,05	1680,05	722,42	702,15
50	REG	abr	r2	39201,10	1640,96	705,61	651,79	40135,05	1680,05	722,42	701,27
50	REG	abr	r3	39201,10	1640,96	705,61	633,92	40135,05	1680,05	722,42	701,55
0	REG	dez	r1	21458,94	898,27	386,26	300,13	27703,40	1159,66	498,66	377,16
0	REG	dez	r2	21458,94	898,27	386,26	339,53	27703,40	1159,66	498,66	495,69
0	REG	dez	r3	21458,94	898,27	386,26	275,40	27703,40	1159,66	498,66	405,09

Apêndice 1. Continuação...

S	Gen	Mês	Rep	ciclo 1 (2009)				ciclo 2 (2010)			
				RS Inmet ¹	RS Inmet ²	RFA inc	RFA int	RS Inmet ¹	RS Inmet ²	RFA inc	RFA int
0	REG	jan	r1	41487,66	1736,67	746,77	496,85	46029,25	1926,78	828,52	807,58
0	REG	jan	r2	41487,66	1736,67	746,77	732,59	46029,25	1926,78	828,52	822,37
0	REG	jan	r3	41487,66	1736,67	746,77	666,04	46029,25	1926,78	828,52	808,46
0	REG	fev	r1	58907,85	2465,88	1060,33	916,09	59526,62	2491,78	1071,47	949,32
0	REG	fev	r2	58907,85	2465,88	1060,33	1041,55	59526,62	2491,78	1071,47	983,59
0	REG	fev	r3	58907,85	2465,88	1060,33	981,79	59526,62	2491,78	1071,47	986,89
0	REG	mar	r1	75226,57	3148,98	1354,06	1231,21	74438,40	3115,99	1339,88	1286,88
0	REG	mar	r2	75226,57	3148,98	1354,06	1314,95	74438,40	3115,99	1339,88	1269,01
0	REG	mar	r3	75226,57	3148,98	1354,06	1284,94	74438,40	3115,99	1339,88	1200,86
0	REG	abr	r1	78402,20	3281,92	1411,22	1282,93	80270,10	3360,11	1444,85	1398,49
0	REG	abr	r2	78402,20	3281,92	1411,22	1381,25	80270,10	3360,11	1444,85	1410,65
0	REG	abr	r3	78402,20	3281,92	1411,22	1321,41	80270,10	3360,11	1444,85	1251,69
80	DILA	dez	r1	4291,79	179,65	77,25	51,20	5540,68	231,93	99,73	78,25
80	DILA	dez	r2	4291,79	179,65	77,25	.	5540,68	231,93	99,73	63,45
80	DILA	dez	r3	4291,79	179,65	77,25	.	5540,68	231,93	99,73	69,34
80	DILA	jan	r1	8297,53	347,33	149,35	62,27	9205,85	385,36	165,70	151,68
80	DILA	jan	r2	8297,53	347,33	149,35	108,55	9205,85	385,36	165,70	138,60
80	DILA	jan	r3	8297,53	347,33	149,35	99,23	9205,85	385,36	165,70	150,21
80	DILA	fev	r1	11781,57	493,18	212,07	176,23	11905,32	498,36	214,29	200,14
80	DILA	fev	r2	11781,57	493,18	212,07	195,41	11905,32	498,36	214,29	205,43
80	DILA	fev	r3	11781,57	493,18	212,07	198,77	11905,32	498,36	214,29	178,49
80	DILA	mar	r1	15045,31	629,80	270,81	237,41	14887,68	623,20	267,98	258,50
80	DILA	mar	r2	15045,31	629,80	270,81	246,51	14887,68	623,20	267,98	264,80
80	DILA	mar	r3	15045,31	629,80	270,81	155,18	14887,68	623,20	267,98	259,74
80	DILA	abr	r1	15680,44	656,38	282,24	232,98	16054,02	672,02	288,97	273,81
80	DILA	abr	r2	15680,44	656,38	282,24	264,67	16054,02	672,02	288,97	273,99
80	DILA	abr	r3	15680,44	656,38	282,24	239,08	16054,02	672,02	288,97	278,23
50	DILA	dez	r1	10729,47	449,14	193,13	183,33	13851,70	579,83	249,33	229,03
50	DILA	dez	r2	10729,47	449,14	193,13	172,78	13851,70	579,83	249,33	132,52
50	DILA	dez	r3	10729,47	449,14	193,13	96,71	13851,70	579,83	249,33	231,87
50	DILA	jan	r1	20743,83	868,34	373,38	353,83	23014,62	963,39	414,26	393,36
50	DILA	jan	r2	20743,83	868,34	373,38	233,69	23014,62	963,39	414,26	352,06
50	DILA	jan	r3	20743,83	868,34	373,38	245,51	23014,62	963,39	414,26	368,34
50	DILA	fev	r1	29453,92	1232,94	530,16	510,01	29763,31	1245,89	535,73	506,31
50	DILA	fev	r2	29453,92	1232,94	530,16	497,86	29763,31	1245,89	535,73	489,80
50	DILA	fev	r3	29453,92	1232,94	530,16	410,57	29763,31	1245,89	535,73	520,85
50	DILA	mar	r1	37613,28	1574,49	677,03	588,57	37219,20	1558,00	669,94	633,99
50	DILA	mar	r2	37613,28	1574,49	677,03	620,42	37219,20	1558,00	669,94	619,12
50	DILA	mar	r3	37613,28	1574,49	677,03	628,41	37219,20	1558,00	669,94	640,74

Apêndice 1. Continuação...

S	Gen	Mês	Rep	ciclo 1 (2009)				ciclo 2 (2010)			
				RS Inmet ¹	RS Inmet ²	RFA inc	RFA int	RS Inmet ¹	RS Inmet ²	RFA inc	RFA int
50	DILA	abr	r1	39201,10	1640,96	705,61	688,31	40135,05	1680,05	722,42	701,54
50	DILA	abr	r2	39201,10	1640,96	705,61	677,19	40135,05	1680,05	722,42	689,68
50	DILA	abr	r3	39201,10	1640,96	705,61	660,87	40135,05	1680,05	722,42	716,86
0	DILA	dez	r1	21458,94	898,27	386,26	367,71	27703,40	1159,66	498,66	438,26
0	DILA	dez	r2	21458,94	898,27	386,26	323,49	27703,40	1159,66	498,66	247,49
0	DILA	dez	r3	21458,94	898,27	386,26	.	27703,40	1159,66	498,66	448,93
0	DILA	jan	r1	41487,66	1736,67	746,77	686,61	46029,25	1926,78	828,52	790,05
0	DILA	jan	r2	41487,66	1736,67	746,77	411,08	46029,25	1926,78	828,52	808,82
0	DILA	jan	r3	41487,66	1736,67	746,77	366,04	46029,25	1926,78	828,52	778,41
0	DILA	fev	r1	58907,85	2465,88	1060,33	1041,20	59526,62	2491,78	1071,47	991,04
0	DILA	fev	r2	58907,85	2465,88	1060,33	949,21	59526,62	2491,78	1071,47	992,31
0	DILA	fev	r3	58907,85	2465,88	1060,33	399,88	59526,62	2491,78	1071,47	1007,85
0	DILA	mar	r1	75226,57	3148,98	1354,06	1245,56	74438,40	3115,99	1339,88	1104,42
0	DILA	mar	r2	75226,57	3148,98	1354,06	1256,21	74438,40	3115,99	1339,88	1280,48
0	DILA	mar	r3	75226,57	3148,98	1354,06	658,47	74438,40	3115,99	1339,88	1250,18
0	DILA	abr	r1	78402,20	3281,92	1411,22	1396,13	80270,10	3360,11	1444,85	1416,88
0	DILA	abr	r2	78402,20	3281,92	1411,22	1364,33	80270,10	3360,11	1444,85	1428,64
0	DILA	abr	r3	78402,20	3281,92	1411,22	1040,72	80270,10	3360,11	1444,85	1381,64
80	NOTA	dez	r1	4291,79	179,65	77,25	50,12	5540,68	231,93	99,73	54,55
80	NOTA	dez	r2	4291,79	179,65	77,25	.	5540,68	231,93	99,73	.
80	NOTA	dez	r3	4291,79	179,65	77,25	43,00	5540,68	231,93	99,73	46,73
80	NOTA	jan	r1	8297,53	347,33	149,35	123,49	9205,85	385,36	165,70	157,51
80	NOTA	jan	r2	8297,53	347,33	149,35	.	9205,85	385,36	165,70	.
80	NOTA	jan	r3	8297,53	347,33	149,35	122,29	9205,85	385,36	165,70	143,82
80	NOTA	fev	r1	11781,57	493,18	212,07	204,21	11905,32	498,36	214,29	160,09
80	NOTA	fev	r2	11781,57	493,18	212,07	136,73	11905,32	498,36	214,29	.
80	NOTA	fev	r3	11781,57	493,18	212,07	199,82	11905,32	498,36	214,29	203,50
80	NOTA	mar	r1	15045,31	629,80	270,81	228,77	14887,68	623,20	267,98	256,80
80	NOTA	mar	r2	15045,31	629,80	270,81	239,60	14887,68	623,20	267,98	.
80	NOTA	mar	r3	15045,31	629,80	270,81	253,49	14887,68	623,20	267,98	256,76
80	NOTA	abr	r1	15680,44	656,38	282,24	268,18	16054,02	672,02	288,97	273,89
80	NOTA	abr	r2	15680,44	656,38	282,24	264,04	16054,02	672,02	288,97	.
80	NOTA	abr	r3	15680,44	656,38	282,24	264,67	16054,02	672,02	288,97	281,02
50	NOTA	dez	r1	10729,47	449,14	193,13	120,55	13851,70	579,83	249,33	180,51
50	NOTA	dez	r2	10729,47	449,14	193,13	156,61	13851,70	579,83	249,33	142,21
50	NOTA	dez	r3	10729,47	449,14	193,13	156,22	13851,70	579,83	249,33	149,21
50	NOTA	jan	r1	20743,83	868,34	373,38	339,13	23014,62	963,39	414,26	401,72
50	NOTA	jan	r2	20743,83	868,34	373,38	323,10	23014,62	963,39	414,26	377,52
50	NOTA	jan	r3	20743,83	868,34	373,38	328,51	23014,62	963,39	414,26	381,53

Apêndice 1. Continuação...

S	Gen	Mês	Rep	ciclo 1 (2009)				ciclo 2 (2010)			
				RS Inmet ¹	RS Inmet ²	RFA inc	RFA int	RS Inmet ¹	RS Inmet ²	RFA inc	RFA int
50	NOTA	fev	r1	29453,92	1232,94	530,16	483,08	29763,31	1245,89	535,73	493,40
50	NOTA	fev	r2	29453,92	1232,94	530,16	503,45	29763,31	1245,89	535,73	492,05
50	NOTA	fev	r3	29453,92	1232,94	530,16	520,70	29763,31	1245,89	535,73	499,57
50	NOTA	mar	r1	37613,28	1574,49	677,03	667,37	37219,20	1558,00	669,94	646,84
50	NOTA	mar	r2	37613,28	1574,49	677,03	660,98	37219,20	1558,00	669,94	650,75
50	NOTA	mar	r3	37613,28	1574,49	677,03	645,72	37219,20	1558,00	669,94	653,99
50	NOTA	abr	r1	39201,10	1640,96	705,61	694,08	40135,05	1680,05	722,42	713,15
50	NOTA	abr	r2	39201,10	1640,96	705,61	695,83	40135,05	1680,05	722,42	716,74
50	NOTA	abr	r3	39201,10	1640,96	705,61	664,02	40135,05	1680,05	722,42	716,25
0	NOTA	dez	r1	21458,94	898,27	386,26	281,48	27703,40	1159,66	498,66	321,93
0	NOTA	dez	r2	21458,94	898,27	386,26	375,69	27703,40	1159,66	498,66	327,29
0	NOTA	dez	r3	21458,94	898,27	386,26	211,46	27703,40	1159,66	498,66	349,06
0	NOTA	jan	r1	41487,66	1736,67	746,77	670,54	46029,25	1926,78	828,52	786,60
0	NOTA	jan	r2	41487,66	1736,67	746,77	595,29	46029,25	1926,78	828,52	807,14
0	NOTA	jan	r3	41487,66	1736,67	746,77	347,96	46029,25	1926,78	828,52	789,89
0	NOTA	fev	r1	58907,85	2465,88	1060,33	1046,02	59526,62	2491,78	1071,47	925,48
0	NOTA	fev	r2	58907,85	2465,88	1060,33	1009,36	59526,62	2491,78	1071,47	1033,51
0	NOTA	fev	r3	58907,85	2465,88	1060,33	896,92	59526,62	2491,78	1071,47	1002,00
0	NOTA	mar	r1	75226,57	3148,98	1354,06	1315,18	74438,40	3115,99	1339,88	1267,99
0	NOTA	mar	r2	75226,57	3148,98	1354,06	1267,10	74438,40	3115,99	1339,88	1313,30
0	NOTA	mar	r3	75226,57	3148,98	1354,06	1252,88	74438,40	3115,99	1339,88	1321,55
0	NOTA	abr	r1	78402,20	3281,92	1411,22	1381,96	80270,10	3360,11	1444,85	1429,00
0	NOTA	abr	r2	78402,20	3281,92	1411,22	1375,43	80270,10	3360,11	1444,85	1427,96
0	NOTA	abr	r3	78402,20	3281,92	1411,22	1232,87	80270,10	3360,11	1444,85	1429,26
80	ARA	dez	r1	4291,79	179,65	77,25	.	5540,68	231,93	99,73	75,02
80	ARA	dez	r2	4291,79	179,65	77,25	61,54	5540,68	231,93	99,73	95,40
80	ARA	dez	r3	4291,79	179,65	77,25	62,40	5540,68	231,93	99,73	92,94
80	ARA	jan	r1	8297,53	347,33	149,35	113,28	9205,85	385,36	165,70	159,57
80	ARA	jan	r2	8297,53	347,33	149,35	99,82	9205,85	385,36	165,70	162,74
80	ARA	jan	r3	8297,53	347,33	149,35	126,66	9205,85	385,36	165,70	165,70
80	ARA	fev	r1	11781,57	493,18	212,07	199,75	11905,32	498,36	214,29	201,76
80	ARA	fev	r2	11781,57	493,18	212,07	208,08	11905,32	498,36	214,29	204,06
80	ARA	fev	r3	11781,57	493,18	212,07	210,22	11905,32	498,36	214,29	213,80
80	ARA	mar	r1	15045,31	629,80	270,81	257,27	14887,68	623,20	267,98	267,64
80	ARA	mar	r2	15045,31	629,80	270,81	267,19	14887,68	623,20	267,98	258,49
80	ARA	mar	r3	15045,31	629,80	270,81	265,22	14887,68	623,20	267,98	267,36
80	ARA	abr	r1	15680,44	656,38	282,24	268,90	16054,02	672,02	288,97	283,68
80	ARA	abr	r2	15680,44	656,38	282,24	275,28	16054,02	672,02	288,97	280,50
80	ARA	abr	r3	15680,44	656,38	282,24	280,06	16054,02	672,02	288,97	288,04

Apêndice 1. Continuação...

S	Gen	Mês	Rep	ciclo 1 (2009)				ciclo 2 (2010)			
				RS Inmet ¹	RS Inmet ²	RFA inc	RFA int	RS Inmet ¹	RS Inmet ²	RFA inc	RFA int
50	ARA	dez	r1	10729,47	449,14	193,13	191,71	13851,70	579,83	249,33	239,47
50	ARA	dez	r2	10729,47	449,14	193,13	178,73	13851,70	579,83	249,33	213,86
50	ARA	dez	r3	10729,47	449,14	193,13	157,71	13851,70	579,83	249,33	236,02
50	ARA	jan	r1	20743,83	868,34	373,38	366,95	23014,62	963,39	414,26	414,26
50	ARA	jan	r2	20743,83	868,34	373,38	349,81	23014,62	963,39	414,26	413,69
50	ARA	jan	r3	20743,83	868,34	373,38	348,38	23014,62	963,39	414,26	414,26
50	ARA	fev	r1	29453,92	1232,94	530,16	528,43	29763,31	1245,89	535,73	533,13
50	ARA	fev	r2	29453,92	1232,94	530,16	526,99	29763,31	1245,89	535,73	524,64
50	ARA	fev	r3	29453,92	1232,94	530,16	528,70	29763,31	1245,89	535,73	531,35
50	ARA	mar	r1	37613,28	1574,49	677,03	674,22	37219,20	1558,00	669,94	660,80
50	ARA	mar	r2	37613,28	1574,49	677,03	674,14	37219,20	1558,00	669,94	658,27
50	ARA	mar	r3	37613,28	1574,49	677,03	646,36	37219,20	1558,00	669,94	669,13
50	ARA	abr	r1	39201,10	1640,96	705,61	702,14	40135,05	1680,05	722,42	721,36
50	ARA	abr	r2	39201,10	1640,96	705,61	693,67	40135,05	1680,05	722,42	710,66
50	ARA	abr	r3	39201,10	1640,96	705,61	650,68	40135,05	1680,05	722,42	720,19
0	ARA	dez	r1	21458,94	898,27	386,26	273,60	27703,40	1159,66	498,66	401,69
0	ARA	dez	r2	21458,94	898,27	386,26	383,38	27703,40	1159,66	498,66	482,46
0	ARA	dez	r3	21458,94	898,27	386,26	343,13	27703,40	1159,66	498,66	467,94
0	ARA	jan	r1	41487,66	1736,67	746,77	187,69	46029,25	1926,78	828,52	825,01
0	ARA	jan	r2	41487,66	1736,67	746,77	632,03	46029,25	1926,78	828,52	827,39
0	ARA	jan	r3	41487,66	1736,67	746,77	610,42	46029,25	1926,78	828,52	828,05
0	ARA	fev	r1	58907,85	2465,88	1060,33	867,13	59526,62	2491,78	1071,47	1052,18
0	ARA	fev	r2	58907,85	2465,88	1060,33	1058,79	59526,62	2491,78	1071,47	1068,33
0	ARA	fev	r3	58907,85	2465,88	1060,33	1053,82	59526,62	2491,78	1071,47	1070,84
0	ARA	mar	r1	75226,57	3148,98	1354,06	1100,91	74438,40	3115,99	1339,88	1331,72
0	ARA	mar	r2	75226,57	3148,98	1354,06	1344,63	74438,40	3115,99	1339,88	1339,02
0	ARA	mar	r3	75226,57	3148,98	1354,06	1350,04	74438,40	3115,99	1339,88	1337,78
0	ARA	abr	r1	78402,20	3281,92	1411,22	1249,81	80270,10	3360,11	1444,85	1409,53
0	ARA	abr	r2	78402,20	3281,92	1411,22	1366,60	80270,10	3360,11	1444,85	1440,95
0	ARA	abr	r3	78402,20	3281,92	1411,22	1396,54	80270,10	3360,11	1444,85	1442,67

Apêndice 2. Dados originais utilizados para as análises estatísticas realizadas (Gen= genótipo; REG= *Paspalum regnellii*; DILA= *P. dilatatum*; NOTA= *P. notatum*; ARA= *Arachis pintoii*; S= nível de sombra; Rep= repetição; RENDMS= Rendimento de matéria seca – kgMS/ha; IAF= Índice de área foliar; IL= Interceptação luminosa - %; AFE= Área foliar específica – cm²/g; INN= Índice de nutrição nitrogenada).

Gen	S	Mês	Rep	Ciclo	RENDMS	IAF	IL	AFE	INN
REG	80%	dez	r1	1	3157	2.67	91	227.27	112.07
REG	80%	dez	r2	1	3014	4.63	91	237.98	112.29
REG	80%	dez	r3	1	.	2.43	90	207.17	.
REG	80%	jan	r1	1	5997	3.81	96	224.01	111.76
REG	80%	jan	r2	1	3522	3.39	94	199.90	96.03
REG	80%	jan	r3	1	5829	3.86	93	166.90	.
REG	80%	fev	r1	1	7251	5.27	98	213.12	105.19
REG	80%	fev	r2	1	7528	7.47	98	224.04	105.60
REG	80%	fev	r3	1	7909	7.79	94	419.56	.
REG	80%	mar	r1	1	12542	8.88	94	256.82	93.80
REG	80%	mar	r2	1	7341	4.23	98	223.13	81.50
REG	80%	mar	r3	1	10707	5.42	95	214.49	.
REG	80%	abr	r1	1	16080	8.54	98	189.60	101.91
REG	80%	abr	r2	1	17896	7.69	99	117.76	90.40
REG	80%	abr	r3	1	10608	8.67	86	201.37	.
REG	50%	dez	r1	1	3667	3.31	88	159.63	102.35
REG	50%	dez	r2	1	4123	2.88	85	166.63	72.63
REG	50%	dez	r3	1	3738	3.85	92	169.87	.
REG	50%	jan	r1	1	4534	3.39	92	122.58	90.56
REG	50%	jan	r2	1	5322	4.49	85	173.65	95.29
REG	50%	jan	r3	1	4563	4.16	85	181.57	.
REG	50%	fev	r1	1	6390	5.45	98	199.39	85.83
REG	50%	fev	r2	1	6499	5.83	96	184.83	81.59
REG	50%	fev	r3	1	7262	5.00	98	250.70	.
REG	50%	mar	r1	1	15725	7.59	93	193.53	84.36
REG	50%	mar	r2	1	10656	4.41	94	252.17	65.86
REG	50%	mar	r3	1	15734	4.92	94	144.76	.
REG	50%	abr	r1	1	19984	6.49	89	157.21	61.27
REG	50%	abr	r2	1	12453	6.16	92	123.36	52.17
REG	50%	abr	r3	1	14357	7.26	90	185.73	.
REG	0%	dez	r1	1	1566	2.41	78	180.77	71.30
REG	0%	dez	r2	1	2090	2.51	88	186.92	67.32
REG	0%	dez	r3	1	2088	1.89	71	205.91	.
REG	0%	jan	r1	1	3336	2.41	67	113.39	83.63
REG	0%	jan	r2	1	3712	4.73	98	176.05	103.54
REG	0%	jan	r3	1	2624	1.91	89	155.89	.
REG	0%	fev	r1	1	7661	5.57	86	157.66	82.70

Apêndice 2. Continuação...

Gen	S	Mês	Rep	Ciclo	RENDMS	IAF	IL	AFE	INN
REG	0%	fev	r2	1	9090	6.34	98	126.69	102.55
REG	0%	fev	r3	1	8035	6.74	93	87.11	.
REG	0%	mar	r1	1	7918	6.30	91	191.38	58.04
REG	0%	mar	r2	1	6130	6.63	97	127.81	58.13
REG	0%	mar	r3	1	6184	5.93	95	180.18	.
REG	0%	abr	r1	1	12725	7.76	91	138.74	50.56
REG	0%	abr	r2	1	19339	5.05	98	130.57	71.78
REG	0%	abr	r3	1	11232	4.95	94	170.82	.
REG	80%	dez	r1	2	8331	10.49	98	230.29	79.47
REG	80%	dez	r2	2	8463	10.94	99	242.33	.
REG	80%	dez	r3	2	6328	11.47	95	217.83	86.20
REG	80%	jan	r1	2	6719	7.80	99	262.02	106.87
REG	80%	jan	r2	2	5412	7.60	100	200.44	97.00
REG	80%	jan	r3	2	7471	7.40	99	237.37	83.08
REG	80%	fev	r1	2	13004	8.78	93	162.55	139.29
REG	80%	fev	r2	2	11086	7.25	96	211.64	92.13
REG	80%	fev	r3	2	10744	7.74	97	156.04	82.92
REG	80%	mar	r1	2	14248	6.08	91	201.87	77.04
REG	80%	mar	r2	2	13109	.	.	183.35	111.69
REG	80%	mar	r3	2	12299	5.07	93	203.19	86.64
REG	80%	abr	r1	2	18844	10.36	99	203.24	85.02
REG	80%	abr	r2	2	20046	12.73	98	150.06	101.72
REG	80%	abr	r3	2	15553	10.29	99	156.47	68.71
REG	50%	dez	r1	2	6669	6.92	93	165.20	64.57
REG	50%	dez	r2	2	5761	8.45	96	245.23	72.41
REG	50%	dez	r3	2	10681	9.65	99	191.29	88.10
REG	50%	jan	r1	2	11641	10.65	98	181.91	81.21
REG	50%	jan	r2	2	12431	11.02	98	212.97	74.85
REG	50%	jan	r3	2	15363	8.69	98	209.68	83.13
REG	50%	fev	r1	2	13511	5.48	96	137.00	74.21
REG	50%	fev	r2	2	18434	6.20	93	.	78.73
REG	50%	fev	r3	2	18674	6.92	96	72.62	60.99
REG	50%	mar	r1	2	14475	5.02	96	148.24	.
REG	50%	mar	r2	2	18066	5.88	95	162.92	73.42
REG	50%	mar	r3	2	15128	5.45	95	184.69	69.72
REG	50%	abr	r1	2	17436	3.71	97	133.54	70.34
REG	50%	abr	r2	2	19164	5.17	97	119.65	62.21
REG	50%	abr	r3	2	15172	4.98	97	108.62	56.82
REG	0%	dez	r1	2	3912	3.42	76	138.20	56.18
REG	0%	dez	r2	2	6323	4.64	99	161.97	40.36
REG	0%	dez	r3	2	.	4.13	81	159.20	.
REG	0%	jan	r1	2	8591	4.63	97	178.22	60.66

Apêndice 2. Continuação...

Gen	S	Mês	Rep	Ciclo	RENDMS	IAF	IL	AFE	INN
REG	0%	jan	r2	2	8127	5.11	99	187.18	46.76
REG	0%	jan	r3	2	9692	4.87	98	178.96	55.40
REG	0%	fev	r1	2	12898	4.01	89	122.66	79.54
REG	0%	fev	r2	2	15213	4.95	92	129.80	.
REG	0%	fev	r3	2	15277	5.30	92	134.19	58.54
REG	0%	mar	r1	2	18515	6.42	96	135.61	68.45
REG	0%	mar	r2	2	19005	5.04	95	119.37	63.23
REG	0%	mar	r3	2	15061	4.03	90	28.25	45.68
REG	0%	abr	r1	2	18315	5.51	97	121.59	59.36
REG	0%	abr	r2	2	19082	5.48	98	83.07	50.26
REG	0%	abr	r3	2	14764	4.21	87	192.48	45.05
DILA	80%	dez	r1	1	2248	0.81	66	.	113.40
DILA	80%	dez	r2	1	.	.		.	.
DILA	80%	dez	r3	1	.	.		169.55	.
DILA	80%	jan	r1	1	2232	1.68	42	225.28	109.07
DILA	80%	jan	r2	1	3176	1.88	73	232.01	98.95
DILA	80%	jan	r3	1	2104	3.34	66	241.66	.
DILA	80%	fev	r1	1	5445	2.06	83	211.08	114.19
DILA	80%	fev	r2	1	6568	3.34	92	97.17	95.96
DILA	80%	fev	r3	1	2782	1.49	94	193.32	.
DILA	80%	mar	r1	1	9381	1.84	88	199.13	89.66
DILA	80%	mar	r2	1	6440	3.73	91	260.94	70.47
DILA	80%	mar	r3	1	6539	1.12	57	187.35	.
DILA	80%	abr	r1	1	6590	3.73	83	131.40	69.76
DILA	80%	abr	r2	1	4813	3.21	94	192.95	62.30
DILA	80%	abr	r3	1	4811	5.56	85	132.97	.
DILA	50%	dez	r1	1	3915	3.65	95	195.89	99.68
DILA	50%	dez	r2	1	2589	1.87	89	233.20	82.64
DILA	50%	dez	r3	1	2282	0.93	50	189.09	.
DILA	50%	jan	r1	1	2784	3.21	95	155.19	79.49
DILA	50%	jan	r2	1	1880	2.94	63	206.26	150.14
DILA	50%	jan	r3	1	2776	4.52	66	176.14	.
DILA	50%	fev	r1	1	7470	2.47	96	141.82	69.81
DILA	50%	fev	r2	1	5086	3.28	94	90.24	65.88
DILA	50%	fev	r3	1	7264	2.13	77	181.49	.
DILA	50%	mar	r1	1	15730	2.51	87	129.51	73.51
DILA	50%	mar	r2	1	14989	5.06	92	526.86	58.53
DILA	50%	mar	r3	1	15723	..		117.79	.
DILA	50%	abr	r1	1	12654	8.73	98	104.86	60.42
DILA	50%	abr	r2	1	11424	4.19	96	137.28	47.34
DILA	50%	abr	r3	1	17459	5.31	94	127.32	.
DILA	0%	dez	r1	1	2973	3.49	95	120.81	74.23

Apêndice 2. Continuação...

Gen	S	Mês	Rep	Ciclo	RENDMS	IAF	IL	AFE	INN
DILA	0%	dez	r2	1	2846	1.35	84	.	86.77
DILA	0%	dez	r3	1	.	..		132.22	.
DILA	0%	jan	r1	1	2262	2.25	92	168.93	.
DILA	0%	jan	r2	1	1450	0.97	55	157.09	52.94
DILA	0%	jan	r3	1	1701	1.03	49	131.05	.
DILA	0%	fev	r1	1	5334	2.09	98	153.25	56.08
DILA	0%	fev	r2	1	3426	2.79	90	100.33	66.76
DILA	0%	fev	r3	1	3310	0.72	38	152.61	.
DILA	0%	mar	r1	1	7744	1.42	92	161.04	46.04
DILA	0%	mar	r2	1	5651	5.59	93	201.21	48.12
DILA	0%	mar	r3	1	5502	2.35	49	148.55	.
DILA	0%	abr	r1	1	15358	3.61	99	77.20	53.69
DILA	0%	abr	r2	1	12034	1.79	97	137.17	48.87
DILA	0%	abr	r3	1	11531	1.81	74	177.88	.
DILA	80%	dez	r1	2	6427	3.93	78	199.16	70.04
DILA	80%	dez	r2	2	2741	4.26	94	233.69	67.53
DILA	80%	dez	r3	2	3991	2.91	90	235.38	71.84
DILA	80%	jan	r1	2	4461	2.56	92	194.03	63.48
DILA	80%	jan	r2	2	5738	3.17	84	202.78	91.94
DILA	80%	jan	r3	2	6205	.		.	76.23
DILA	80%	fev	r1	2	9802	3.03	93	121.27	98.01
DILA	80%	fev	r2	2	9005	3.37	96	96.61	85.29
DILA	80%	fev	r3	2	7360	2.51	83	82.00	146.72
DILA	80%	mar	r1	2	11673	2.37	96	109.25	88.93
DILA	80%	mar	r2	2	8516	1.86	99	136.82	70.76
DILA	80%	mar	r3	2	13334	2.17	97	102.84	83.50
DILA	80%	abr	r1	2	13543	1.33	95	56.27	65.00
DILA	80%	abr	r2	2	8749	1.10	95	62.44	55.74
DILA	80%	abr	r3	2	13901	1.65	96	81.73	91.31
DILA	50%	dez	r1	2	8314	4.81	92	167.23	70.58
DILA	50%	dez	r2	2	4379	3.86	93	255.35	49.34
DILA	50%	dez	r3	2	7278	4.34	93	57.57	73.76
DILA	50%	jan	r1	2	7961	3.37	95	173.34	52.95
DILA	50%	jan	r2	2	6931	3.40	85	162.62	58.00
DILA	50%	jan	r3	2	6709	2.77	89	177.70	59.06
DILA	50%	fev	r1	2	15817	2.97	95	75.09	113.32
DILA	50%	fev	r2	2	12195	2.77	91	148.96	52.81
DILA	50%	fev	r3	2	8753	.	.	.	207.31
DILA	50%	mar	r1	2	7505	3.63	95	86.99	45.13
DILA	50%	mar	r2	2	11548	3.20	92	102.91	62.49
DILA	50%	mar	r3	2	14806	4.06	96	86.24	73.16
DILA	50%	abr	r1	2	16547	2.16	97	95.76	58.88

Apêndice 2. Continuação...

Gen	S	Mês	Rep	Ciclo	RENDMS	IAF	IL	AFE	INN
DILA	50%	abr	r2	2	10638	1.34	95	78.02	59.59
DILA	50%	abr	r3	2	13259	2.03	99	86.40	85.62
DILA	0%	dez	r1	2	6788	3.49	88	159.54	60.12
DILA	0%	dez	r2	2	4979	3.23	91	188.58	37.52
DILA	0%	dez	r3	2	5847	.	.	.	56.69
DILA	0%	jan	r1	2	6546	3.85	95	185.12	64.99
DILA	0%	jan	r2	2	7855	5.48	98	160.88	52.59
DILA	0%	jan	r3	2	5592	3.94	94	179.94	54.28
DILA	0%	fev	r1	2	9570	2.09	92	98.06	49.45
DILA	0%	fev	r2	2	9523	1.62	93	90.04	99.82
DILA	0%	fev	r3	2	4981	1.85	94	95.51	46.26
DILA	0%	mar	r1	2	14089	2.83	82	73.35	54.57
DILA	0%	mar	r2	2	15705	1.37	96	52.64	46.13
DILA	0%	mar	r3	2	11002	1.50	93	94.24	50.59
DILA	0%	abr	r1	2	14535	1.49	98	106.76	55.38
DILA	0%	abr	r2	2	15984	1.37	99	56.88	46.16
DILA	0%	abr	r3	2	17923	2.02	96	126.93	60.99
NOTA	80%	dez	r1	1	1243	2.07	65	177.88	81.86
NOTA	80%	dez	r2	1	.	.	.	.	.
NOTA	80%	dez	r3	1	1126	1.77	56	177.15	.
NOTA	80%	jan	r1	1	2133	1.59	83	191.02	97.54
NOTA	80%	jan	r2	1	.	.	.	.	.
NOTA	80%	jan	r3	1	1710	2.99	82	199.37	.
NOTA	80%	fev	r1	1	2963	2.95	96	137.56	92.04
NOTA	80%	fev	r2	1	2373	0.87	64	207.49	70.45
NOTA	80%	fev	r3	1	2971	1.56	94	254.62	.
NOTA	80%	mar	r1	1	3435	5.71	84	151.35	90.75
NOTA	80%	mar	r2	1	2699	4.71	88	195.83	80.34
NOTA	80%	mar	r3	1	4605	4.34	94	167.87	.
NOTA	80%	abr	r1	1	3163	3.71	95	163.83	93.12
NOTA	80%	abr	r2	1	4888	1.81	94	178.22	99.71
NOTA	80%	abr	r3	1	5331	1.22	94	95.00	.
NOTA	50%	dez	r1	1	1258	0.84	62	267.11	69.66
NOTA	50%	dez	r2	1	1466	2.19	81	110.71	66.88
NOTA	50%	dez	r3	1	1840	1.84	81	118.25	.
NOTA	50%	jan	r1	1	2176	3.25	91	138.38	74.54
NOTA	50%	jan	r2	1	1600	3.04	87	141.84	63.89
NOTA	50%	jan	r3	1	2426	3.71	88	172.04	.
NOTA	50%	fev	r1	1	4598	2.83	91	102.09	75.02
NOTA	50%	fev	r2	1	5398	2.23	95	101.53	84.39
NOTA	50%	fev	r3	1	4402	2.00	98	90.58	.
NOTA	50%	mar	r1	1	5526	8.28	99	149.74	68.09

Apêndice 2. Continuação...

Gen	S	Mês	Rep	Ciclo	RENDMS	IAF	IL	AFE	INN
NOTA	50%	mar	r2	1	5426	7.34	98	350.23	65.17
NOTA	50%	mar	r3	1	7808	4.89	95	131.46	.
NOTA	50%	abr	r1	1	7115	1.98	98	109.90	66.90
NOTA	50%	abr	r2	1	6435	.	.	69.17	71.48
NOTA	50%	abr	r3	1	6061	2.02	94	102.82	.
NOTA	0%	dez	r1	1	752	1.04	73	183.12	.
NOTA	0%	dez	r2	1	1480	2.46	97	80.00	72.58
NOTA	0%	dez	r3	1	794	0.39	55	91.09	.
NOTA	0%	jan	r1	1	1635	1.69	90	123.26	61.97
NOTA	0%	jan	r2	1	1747	1.30	80	86.63	63.44
NOTA	0%	jan	r3	1	1598	0.74	47	64.35	.
NOTA	0%	fev	r1	1	3598	2.72	99	124.13	56.52
NOTA	0%	fev	r2	1	3469	2.66	95	117.56	72.85
NOTA	0%	fev	r3	1	2746	2.73	85	125.26	.
NOTA	0%	mar	r1	1	5086	2.49	97	143.44	59.38
NOTA	0%	mar	r2	1	5274	6.54	94	127.10	58.90
NOTA	0%	mar	r3	1	3859	3.25	93	193.80	.
NOTA	0%	abr	r1	1	9288	.	.	.	66.91
NOTA	0%	abr	r2	1	6395	.	.	95.75	65.41
NOTA	0%	abr	r3	1	7587	0.64	87	97.42	.
NOTA	80%	dez	r1	2	833	0.74	55	112.47	81.86
NOTA	80%	dez	r2	2	.	.	.	.	.
NOTA	80%	dez	r3	2	1695	1.21	47	122.00	.
NOTA	80%	jan	r1	2	1384	2.26	95	155.75	97.54
NOTA	80%	jan	r2	2	.	.	.	.	.
NOTA	80%	jan	r3	2	1682	2.32	87	166.98	.
NOTA	80%	fev	r1	2	5785	1.85	75	64.30	92.04
NOTA	80%	fev	r2	2	.	.	.	.	70.45
NOTA	80%	fev	r3	2	3907	3.64	95	113.85	.
NOTA	80%	mar	r1	2	5614	2.98	96	62.74	90.75
NOTA	80%	mar	r2	2	.	.	.	.	80.34
NOTA	80%	mar	r3	2	6680	3.18	96	72.63	.
NOTA	80%	abr	r1	2	8991	2.93	95	43.12	93.12
NOTA	80%	abr	r2	2	.	.	.	.	99.71
NOTA	80%	abr	r3	2	8171	3.21	97	93.64	.
NOTA	50%	dez	r1	2	2410	2.04	72	114.10	69.66
NOTA	50%	dez	r2	2	1600	1.35	57	102.20	66.88
NOTA	50%	dez	r3	2	.	.	.	.	.
NOTA	50%	jan	r1	2	3322	2.62	97	174.71	74.54
NOTA	50%	jan	r2	2	1564	1.83	91	137.16	63.89
NOTA	50%	jan	r3	2	4034	3.70	92	148.11	.
NOTA	50%	fev	r1	2	8214	5.11	92	117.24	75.02

Apêndice 2. Continuação...

Gen	S	Mês	Rep	Ciclo	RENDMS	IAF	IL	AFE	INN
NOTA	50%	fev	r2	2	5399	3.24	92	40.38	84.39
NOTA	50%	fev	r3	2	5809	3.71	93	64.35	.
NOTA	50%	mar	r1	2	6863	3.36	97	68.13	68.09
NOTA	50%	mar	r2	2	4423	2.16	97	50.90	65.17
NOTA	50%	mar	r3	2	7250	3.21	98	65.41	.
NOTA	50%	abr	r1	2	11473	5.42	99	56.48	66.90
NOTA	50%	abr	r2	2	10214	5.71	99	35.32	71.48
NOTA	50%	abr	r3	2	10260	5.99	99	63.96	.
NOTA	0%	dez	r1	2	.	1.66	65	82.59	.
NOTA	0%	dez	r2	2	1212	1.33	66	129.42	72.58
NOTA	0%	dez	r3	2	1376	0.87	67	64.76	.
NOTA	0%	jan	r1	2	4696	4.85	95	116.62	61.97
NOTA	0%	jan	r2	2	4126	5.51	97	122.29	63.44
NOTA	0%	jan	r3	2	3554	4.38	95	140.40	.
NOTA	0%	fev	r1	2	4999	3.45	86	74.35	56.52
NOTA	0%	fev	r2	2	4311	3.01	96	76.88	72.85
NOTA	0%	fev	r3	2	5610	3.23	94	38.33	.
NOTA	0%	mar	r1	2	7777	3.45	95	55.98	59.38
NOTA	0%	mar	r2	2	6825	3.43	98	35.41	58.90
NOTA	0%	mar	r3	2	7946	3.41	99	44.37	.
NOTA	0%	abr	r1	2	7141	3.56	99	55.82	66.91
NOTA	0%	abr	r2	2	6822	3.23	99	33.91	65.41
NOTA	0%	abr	r3	2	9275	3.89	99	28.58	.
ARA	80%	dez	r1	1	2345	2.16	.	.	.
ARA	80%	dez	r2	1	2006	2.68	80	253.96	69.50
ARA	80%	dez	r3	1	2683	2.82	81	289.08	.
ARA	80%	jan	r1	1	1912	1.53	76	273.79	71.56
ARA	80%	jan	r2	1	2219	1.49	67	237.72	82.87
ARA	80%	jan	r3	1	2962	2.45	85	239.62	.
ARA	80%	fev	r1	1	2906	3.10	94	258.54	71.34
ARA	80%	fev	r2	1	2774	4.23	98	287.32	79.43
ARA	80%	fev	r3	1	3566	4.60	99	312.59	.
ARA	80%	mar	r1	1	3336	3.70	95	262.31	79.80
ARA	80%	mar	r2	1	3206	3.89	99	262.30	69.14
ARA	80%	mar	r3	1	4538	4.75	98	314.42	.
ARA	80%	abr	r1	1	3550	4.52	95	.	74.63
ARA	80%	abr	r2	1	2245	2.08	98	170.45	67.23
ARA	80%	abr	r3	1	4672	2.61	99	331.40	.
ARA	50%	dez	r1	1	2960	4.39	99	297.90	84.09
ARA	50%	dez	r2	1	2894	2.52	93	221.80	80.30
ARA	50%	dez	r3	1	2691	2.03	82	238.53	.
ARA	50%	jan	r1	1	3419	4.32	98	246.25	90.44


Apêndice 2. Continuação...


Gen	S	Mês	Rep	Ciclo	RENDMS	IAF	IL	AFE	INN
ARA	50%	jan	r2	1	2794	2.67	94	248.38	86.30
ARA	50%	jan	r3	1	3302	2.50	93	218.73	.
ARA	50%	fev	r1	1	6136	6.17	100	269.95	98.20
ARA	50%	fev	r2	1	4482	4.82	99	276.78	99.66
ARA	50%	fev	r3	1	6358	3.77	100	211.01	.
ARA	50%	mar	r1	1	7672	10.08	100	293.46	101.44
ARA	50%	mar	r2	1	4821	3.91	100	282.38	90.06
ARA	50%	mar	r3	1	4194	7.10	95	285.62	.
ARA	50%	abr	r1	1	6598	9.39	100	210.83	86.53
ARA	50%	abr	r2	1	4670	2.97	98	270.73	100.37
ARA	50%	abr	r3	1	2870	3.02	92	247.32	.
ARA	0%	dez	r1	1	2547	1.94	71	203.27	82.75
ARA	0%	dez	r2	1	2299	3.46	99	196.37	104.32
ARA	0%	dez	r3	1	1571	3.50	89	228.40	.
ARA	0%	jan	r1	1	2720	1.84	25	593.07	90.82
ARA	0%	jan	r2	1	2992	4.20	85	256.91	99.42
ARA	0%	jan	r3	1	3000	2.38	82	168.57	.
ARA	0%	fev	r1	1	4792	4.34	82	147.68	69.93
ARA	0%	fev	r2	1	4678	6.21	100	162.25	119.52
ARA	0%	fev	r3	1	6277	3.43	99	139.26	.
ARA	0%	mar	r1	1	6634	4.73	81	247.22	86.71
ARA	0%	mar	r2	1	8110	8.59	99	263.09	110.61
ARA	0%	mar	r3	1	6922	4.55	100	267.78	.
ARA	0%	abr	r1	1	6477	3.99	89	430.29	91.10
ARA	0%	abr	r2	1	6758	4.75	97	168.80	87.92
ARA	0%	abr	r3	1	8331	6.95	99	253.35	.
ARA	80%	dez	r1	2	1869	.	.	309.39	63.06
ARA	80%	dez	r2	2	3143	5.23	96	392.68	72.50
ARA	80%	dez	r3	2	3491	6.07	93	341.44	92.21
ARA	80%	jan	r1	2	2312	2.80	96	277.77	65.79
ARA	80%	jan	r2	2	3116	1.40	98	314.33	75.23
ARA	80%	jan	r3	2	4348	7.98	100	247.51	81.13
ARA	80%	fev	r1	2	2383	2.34	94	213.12	67.30
ARA	80%	fev	r2	2	3994	1.78	95	235.09	97.58
ARA	80%	fev	r3	2	5200	2.75	100	257.65	82.84
ARA	80%	mar	r1	2	3531	3.82	100	207.42	71.62
ARA	80%	mar	r2	2	7115	3.38	96	218.89	100.12
ARA	80%	mar	r3	2	8932	4.33	100	216.09	91.55
ARA	80%	abr	r1	2	7538	5.00	98	47.22	85.25
ARA	80%	abr	r2	2	6254	2.01	97	192.49	91.48
ARA	80%	abr	r3	2	10237	7.81	100	223.02	95.40
ARA	50%	dez	r1	2	5810	6.36	96	470.18	83.57

Apêndice 2. Continuação...

Gen	S	Mês	Rep	Ciclo	RENDMS	IAF	IL	AFE	INN
ARA	50%	dez	r2	2	5613	.	.	332.75	101.28
ARA	50%	dez	r3	2	2743	2.80	95	311.62	.
ARA	50%	jan	r1	2	7754	9.52	100	255.79	103.59
ARA	50%	jan	r2	2	7478	10.08	100	314.84	102.80
ARA	50%	jan	r3	2	6155	8.76	100	308.60	96.68
ARA	50%	fev	r1	2	8479	3.19	100	221.60	121.35
ARA	50%	fev	r2	2	7542	4.31	98	290.82	99.16
ARA	50%	fev	r3	2	7686	3.34	99	282.09	95.91
ARA	50%	mar	r1	2	9075	6.01	99	203.53	89.59
ARA	50%	mar	r2	2	13057	10.92	98	229.70	121.81
ARA	50%	mar	r3	2	8171	4.28	100	160.38	101.07
ARA	50%	abr	r1	2	9534	4.27	100	193.73	93.98
ARA	50%	abr	r2	2	11490	5.24	98	195.62	108.78
ARA	50%	abr	r3	2	10961	3.11	100	70.01	109.04
ARA	0%	dez	r1	2	5245	.	.	301.05	87.96
ARA	0%	dez	r2	2	6426	7.92	97	293.73	111.34
ARA	0%	dez	r3	2	6183	8.27	94	289.10	83.71
ARA	0%	jan	r1	2	5684	5.77	100	239.65	91.34
ARA	0%	jan	r2	2	6565	5.83	100	246.88	107.11
ARA	0%	jan	r3	2	9139	6.44	100	370.73	125.61
ARA	0%	fev	r1	2	4207	2.27	98	231.77	86.46
ARA	0%	fev	r2	2	5579	3.32	100	237.44	112.38
ARA	0%	fev	r3	2	7201	3.59	100	284.43	104.07
ARA	0%	mar	r1	2	8518	4.62	99	194.44	105.09
ARA	0%	mar	r2	2	10977	7.13	100	277.42	116.45
ARA	0%	mar	r3	2	12738	3.10	100	198.53	105.86
ARA	0%	abr	r1	2	9930	1.32	98	66.83	97.39
ARA	0%	abr	r2	2	11921	9.80	100	174.44	112.59
ARA	0%	abr	r3	2	12192	6.43	100	165.97	91.14

Apêndice 3. Laudo de análise de solo da área experimental.


FACULDADE DE AGRONOMIA - DEPTO. DE SOLOS
LABORATÓRIO DE ANÁLISES



Laudo de Análise de Solo

NOME: João Carlos de Saibro
 MUNICÍPIO: Bagé
 ESTADO: RS
 LOCALIDADE: Embrapa

DATA DO RECEBIMENTO: 22/08/08
 DATA DA EXPEDIÇÃO: 02/09/08

NUM	REGISTRO	ARGILA	pH	Índice	P	K	M.O.	Al _{troc.}	Ca _{troc.}	Mg _{troc.}
		%	H ₂ O	SMP	mg/dm ³	mg/dm ³	%	cmol _c /dm ³	cmol _c /dm ³	cmol _c /dm ³
1	182/15	14	5.5	5.9	10	64	3.8	0.0	3.9	1.2
2	182/16	13	5.5	6.0	11	56	3.3	0.0	4.7	1.5
3	182/17	7	5.5	5.6	10	55	3.6	0.0	3.4	1.0

Argila determinada pelo método do densímetro; pH em água 1:1; P e K determinados pelo método Mehlich I; M.O. por digestão úmida; Ca, Mg, Al, Mn, e Na trocáveis extraídos com KCl 1 mol L⁻¹; S-SO₄ extraído com CaHPO₄ 500 mg L⁻¹ de P; Zn e Cu extraídos com HCl 0,1 mol L⁻¹; B extraído com água quente.


NUM	Al+H cmol _c /dm ³	CTC cmol _c /dm ³	% SAT da CTC		RELAÇÕES			SUGESTÃO DE CALAGEM p/P/NT (t ha ⁻¹)			
			BASES	Al	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	100	85	70	55
1	4.9	10.2	52	0.0	3.3	24	7				
2	4.4	10.7	59	0.0	3.1	33	10				
3	6.9	11.5	40	0.0	3.4	24	7				

CTC a pH 7,0. Necessidade de calcário para atingir pH 6,0 - calculada pela média dos métodos SMP e Al+MO. Sugestão válida no caso de não ter sido feita calagem integral nos últimos 3 anos e sob sistema de cultivo convencional. No sistema plantio direto, consultar um agrônomo.

NUM	S	Zn	Cu	B	Mn	Fe	Na	OUTRAS DETERMINAÇÕES
	mg/dm ³	mg/dm ³	mg/dm ³	mg/dm ³	mg/dm ³	g/dm ³	mg/dm ³	
1	8.2	1.3	0.6	0.4	12			
2	8.0	1.5	0.8	0.3	22			
3	6.9	1.1	0.5	0.3	22			

Consulte um agrônomo para obter as recomendações de adubação

NUM	IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA
1	R 1 - 0%
2	R 2 - 50%
3	R 3 - 80%


Clesio Gianello
 Eng^o Ag^o CREA 8^o Reg 25.642
 Chefe do Laboratório de Análises

Laboratório de Análises de Solo - Av. Bento Gonçalves, 7712 - Porto Alegre - RS - CEP 91540-000
 Fones/Fax: (0xx51) 3308-6023 - 3308-7457 - 3308-7459 - E-mail: labsolos@bol.com.br

Apêndice 3. Continuação...



UFRGS
UNIVERSIDADE FEDERAL
DO RIO GRANDE DO SUL

FACULDADE DE AGRONOMIA - DEPTO. DE SOLOS
LABORATÓRIO DE ANÁLISES

40 anos
Servindo à Agricultura

Laudo de Análise de Solo

NOME: **João Carlos de Saibro** DATA DO RECEBIMENTO: **22/08/08**
MUNICÍPIO: **Bagé** DATA DA EXPEDIÇÃO: **10/09/08**
ESTADO: **RS**
LOCALIDADE: **Embrapa**

NUM	REGISTRO	ARGILA	pH	Índice	P	K	M.O.	Al _{troc.}	Ca _{troc.}	Mg _{troc.}
		%	H ₂ O	SMP	mg/dm ³	mg/dm ³	%	cmol _c /dm ³	cmol _c /dm ³	cmol _c /dm ³
1	175/22	14	5.6	5.9	11	69	2.6	0.0	4.2	1.6
2	175/23	15	5.3	6.2	10	38	2.4	0.3	4.9	1.5
3	175/24	17	5.4	5.7	7.2	50	2.4	0.2	4.8	1.4
4	175/25	14	5.4	5.6	11	50	2.6	0.2	5.8	1.7
5	175/26	14	5.5	6.0	13	68	2.3	0.0	5.1	1.6

Argila determinada pelo método do densímetro; pH em água 1:1; P e K determinados pelo método Mehlich I; M.O. por digestão úmida; Ca, Mg, Al, Mn, e Na trocáveis extraídos com KCl 1 mol L⁻¹; S-SO₄ extraído com CaHPO₄ 500 mg L⁻¹ de P; Zn e Cu extraídos com HCl 0,1 mol L⁻¹; B extraído com água quente.

NUM	Al+H	CTC	% SAT da CTC		RELAÇÕES			SUGESTÃO DE CALAGEM p/PRNT (t ha ⁻¹)			
	cmol _c /dm ³	cmol _c /dm ³	BASES	Al	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	100	85	70	55
1	4.9	10.9	55	0.0	2.6	24	9				
2	3.5	10.0	65	4.4	3.3	50	15				
3	6.2	12.5	51	3.1	3.4	37	11				
4	6.9	14.5	52	2.6	3.4	45	13				
5	4.4	11.2	61	0.0	3.2	29	9				

CTC a pH 7.0. Necessidade de calcário para atingir pH 6,0 - calculada pela média dos métodos SMP e Al+MO. Sugestão válida no caso de não ter sido feita calagem integral nos últimos 3 anos e sob sistema de cultivo convencional. No sistema plantio direto, consultar um agrônomo.

NUM	S	Zn	Cu	B	Mn	Fe	Na	OUTRAS DETERMINAÇÕES
	mg/dm ³	mg/dm ³	mg/dm ³	mg/dm ³	mg/dm ³	g/dm ³	mg/dm ³	
1								
2								
3								
4								
5								

Consulte um agrônomo para obter as recomendações de adubação

NUM	IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA
1	R 2 - 0%
2	R 2 - 80%
3	R 1 - 50%
4	R 1 - 80%
5	R 3 - 0%


Clesio Gianello
Eng^o Ag^o CREA 8^o Reg 25.642
Chefe do Laboratório de Análises

Laboratório de Análises de Solo - Av. Bento Gonçalves, 7712 - Porto Alegre - RS - CEP 91540-000
Fones/Fax: (0xx51) 3308-6023 - 3308-7457 - 3308-7459 - E-mail: labsolos@bol.com.br

Apêndice 3. Continuação...

FACULDADE DE AGRONOMIA - DEPTO. DE SOLOS
LABORATÓRIO DE ANÁLISES

40 anos
Servindo à Agricultura

Laudo de Análise de Solo

NOME: João Carlos de Saibro
MUNICÍPIO: Bagé
ESTADO: RS
LOCALIDADE: Embrapa

DATA DO RECEBIMENTO: 22/08/08
DATA DA EXPEDIÇÃO: 10/09/08

NUM	REGISTRO	ARGILA %	pH H ₂ O	Índice SMP	P mg/dm ³	K mg/dm ³	M.O. %	Al _{troc.} cmol _d /dm ³	Ca _{troc.} cmol _d /dm ³	Mg _{troc.} cmol _d /dm ³
1	175/27	14	5.2	5.8	18	56	2.1	0.4	4.3	1.3

Argila determinada pelo método do densímetro; pH em água 1:1; P e K determinados pelo método Mehlich I; M.O. por digestão úmida; Ca, Mg, Al, Mn, e Na trocáveis extraídos com KCl 1 mol L⁻¹; S-SO₄ extraído com CaHPO₄ 500 mg L⁻¹ de P; Zn e Cu extraídos com HCl 0,1 mol L⁻¹; B extraído com água quente.


NUM	Al+H cmol _d /dm ³	CTC cmol _d /dm ³	% SAT da CTC		RELAÇÕES			SUGESTÃO DE CALAGEM p/PRNT (t ha ⁻¹)			
			BASES	Al	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	100	85	70	55
1	5.5	11.2	51	6.5	3.3	30	9				

CTC a pH 7,0. Necessidade de calcário para atingir pH 6,0 - calculada pela média dos métodos SMP e Al+MO. Sugestão válida no caso de não ter sido feita calagem integral nos últimos 3 anos e sob sistema de cultivo convencional. No sistema plantio direto, consultar um agrônomo.

NUM	S	Zn	Cu	B	Mn	Fe	Na	OUTRAS DETERMINAÇÕES
	mg/dm ³	mg/dm ³	mg/dm ³	mg/dm ³	mg/dm ³	g/dm ³	mg/dm ³	
1								

Consulte um agrônomo para obter as recomendações de adubação

NUM	IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA
1	R 3 - 50%


Clesio Gianello
 Eng^o Ag^o CREA 8^o Reg 25.642
 Chefe do Laboratório de Análises

Laboratório de Análises de Solo - Av. Bento Gonçalves, 7712 - Porto Alegre - RS - CEP 91540-000
Fones/Fax: (0xx51) 3308-6023 - 3308-7457 - 3308-7459 - E-mail: labsolos@bol.com.br

8. 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 2005 iniciou o curso de Mestrado junto ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da UFRGS na área de concentração Plantas Forrageiras, sob orientação do professor João Carlos de Saibro, como bolsista CAPES. Ao concluir o Mestrado em março de 2007, iniciou o curso de Doutorado no mesmo Programa de Pós-Graduação e área de concentração como bolsista CAPES.