

PESQUISA AGROPECUÁRIA GAÚCHA

ISSN 0104-9070

Volume 8

Números 1- 2

2002

CONTEÚDO

SEÇÃO: AGRONOMIA ARTIGO DE REVISÃO

Página

-Produção de anti-soros para diagnose de pectobactérias causadoras de podridão mole em batata. SILVEIRA, J.R.P.; CASTRO, L.A.S. de; COUTO, M.E.O.; MARTINS, O.M.; BARNI, V.	7
-Eficiência de anti-soros produzidos para pectobactérias causadoras de podridão mole em batata. SILVEIRA, J.R.P.; CASTRO, L.A. S.de; MARTINS, O.M.; COUTO, M.E.O.; BARNI, V.	15
-Avaliação de cultivares de meloeiro (<i>cucumis melo l.</i>) em ambiente protegido. SILVEIRA, J.R.P.; BARNI, V.; BARNI, N.; ECHEVERRIGARAY, S.; SATTLER, A.	25
-Tolerância de estirpes de <i>Bradyrhizobium</i> sp.a diferentes herbicidas. SCHOLLES, D.; MOHRDIECK, F.G; VARGAS, L.K.	31
-Análise agroclimática da disponibilidade hídrica para a cultura do feijoeiro na região do Planalto Médio do Rio Grande do Sul. MATZENAUER, R.; MALUF, J.R.T.; SAMPAIO, M.dos REIS.; ANJOS, C. S. dos	39
-Composição botânica e qualidade de uma pastagem de milheto em pastejo sob doses de nitrogênio. HERINGER, I.; MOOJEN, E.L.	53
-Sobre-semeadura de aveia preta (<i>Avena strigosa</i>) + azevém anual (<i>Lolium multiflorum</i>) em campo natural com e sem o uso de herbicidas. CARVALHO, A.T.; MOOJEN, E.L.; JACQUES, R.J.S.	59
-Comportamento de leguminosas forrageiras tropicais sob sombreamento. OLIVEIRA, F.L.; SOUTO, S.M.	67
-Níveis de alumínio em solução nutritiva para seleção de plantas tolerantes de alfafa e de trevo vermelho. CAETANO, J.H.S.; MONTARDO, D.P.; DALL'AGNOL, M.	75
-Adaptabilidade e estabilidade de rendimento de grãos em aveia hexaplóide. LORENCETTI, C.; CARVALHO, F.I.F. de; ALMEIDA, J.L.; MARCHIORO, V.S.; BENIN, G.; HARTWIG, I.	83
-Efeito de sistemas de manejo de solo e de rotação de culturas sobre o rendimento de grãos de milho. SANTOS, H.P. dos; LHAMBY, J.C.B.	93
-Análise econômica de sistemas de manejo de solo e de rotação de culturas. SANTOS, H.P. dos; AMBROSI, I; LHAMBY, J.C.B.; CARMO, C. do	103
-Análise de crescimento e rendimento por estrato do dossel da soja em função do arranjo de plantas. RAMBO, L.; COSTA, J.A.; PIRES, J.L.F.; PARCIANELLO, G.; SAGGIN, K.D.	111
-Microsporogênese de três espécies do gênero <i>Macroptilium</i> (Benth.) Urban (Leguminosae-Papilionoideae) nativas no Rio Grande do Sul, Brasil. GARCIA, A.G.; BATTISTIN, A.	121
-Produção e qualidade da forragem de arroz vermelho. JACCOTTET, M.A.; FERREIRA, O.G.L.; MONKS, P.L.; CENTENO, G.A.	131

SEÇÃO: VETERINÁRIA

-Otimização da produção de leite em função da qualidade dos alimentos nas condições do noroeste do Rio Grande do Sul. BASSO, D.; SILVA NETO, B.; BERTO, J.L.	137
---	-----

RELATO DE CASO

-Celulite em frangos de corte causada por <i>Escherichia coli</i> . BRITO, B.G. de; TAMEHIRO, C.Y.; GUIMARÃES, I.G.; OKANO, W.; LUZARDO, M.M.; REIS, A.C.F. dos; VIDOTTO, M.C.	149
---	-----

PESQUISA AGROPECUÁRIA GAÚCHA

ISSN 0104-9070

Volume 8

Números 1- 2

2002

CONTENTS

SECTION: AGRONOMY

Página

-Production of antisera for diagnosis of soft-rotting pectobacteria in potato. SILVEIRA, J.R.P.;CASTRO, L.A.S. de; COUTO, M.E.O.;MARTINS, O.M.; BARNI, V.	7
-Efficiency of antisera produced to soft-rotting pectobacteria in potato. SILVEIRA, J.R.P.; CASTRO,L.A. S.de; MARTINS, O.M.; COUTO, M.E.O.; BARNI, V.	15
-Evaluation of melon cultivars (cucumis melo l.) in protected environment.SILVEIRA, J.R.P.; BARNI, V.; BARNI, N.; ECHEVERRIGARAY, S.; SATTLER, A.	25
-Tolerance of Bradyrhizobium sp. Strains to different herbicides. SCHOLLES, D.; MOHRDIECK, F.G.; VARGAS, L.K.	31
-Agroclimatic analysis of water availability for common bean in Planalto Médio of Rio Grande do Sul State,Brazil. MATZENAUER, R.; MALUF, J.R.T.; SAMPAIO, M.dos REIS.; ANJOS, C. S. dos.....	39
-Botanical composition and quality of pearl millet pasture under grazing with nitrogen levels. HERINGER, I.; MOOJEN, E.L.	53
-Sodseeding black oats (Avena strigosa)+ annual ryegrass (Lolium multiflorum)in a natural pasture with and without herbicides application. CARVALHO, A.T.; MOOJEN, E.L.; JACQUES, R.J.S.	59
-Behavior of tropical legumes forage under shading. OLIVEIRA, F.L.; SOUTO, S.M.	67
-Aluminum levels in nutrient solution to select alfalfa and red clover tolerant to plants. CAETANO, J.H.S.; MONTARDO, D.P.; DALL'AGNOL, M.	75
-Grain yield adaptability in hexaploid oat. LORENCETTI, C.; CARVALHO, F.I.F.de; ALMEIDA, J.L.; MARCHIORO, V.S.; BENIN,G; HARTWIG,I.	83
-Effect of soil tillage systems and crop rotation on corn yield. SANTOS, H.P. dos; LHAMBY, J.C.B.	93
-Economic analysis of soil management systems and crop rotation. SANTOS, H.P. dos; AMBROSI, I; LHAMBY, J.C.B.; CARMO, C. do	103
-Growth analysis and grain yield by soybean canopy stratum in response to plant arrangement. RAMBO, L.; COSTA, J.A.; PIRES, J.L.F.; PARCIANELLO, G; SAGGIN, K.D.	111
-Microsporogenesis of three species of the genus Macroptilium (Benth.) Urban (LEGUMINOSAE - PAPILIONOIDEAE) native in Rio Grande do Sul, Brazil. GARCIA, A.G; BATTISTIN, A.	121
-Forage production and quality of red rice. JACCOTTET, M.A.; FERREIRA, O.G.L.; MONKS, P.L.; CENTENO, G.A.	131

SEÇÃO: VETERINÁRIA

-Milk production optimization considering the food quality in Rio Grande do Sul conditions. BASSO,D.; SILVA NETO, B.; BERTO, J.L.	137
--	-----

RELATO DE CASO

-Cellulitis in broiler chickens caused <i>Escherichia coli</i> . BRITO, B.G de; TAMEHIRO, C.Y.; GUIMARÃES, I.G; OKANO, W.; LUZARDO, M.M.; REIS, A.C.F. dos; VIDOTTO, M.C.	149
--	-----

SEÇÃO: AGRONOMIA

PRODUÇÃO DE ANTI-SOROS PARA DIAGNOSE DE PECTOBACTÉRIAS CAUSADORAS DE PODRIDÃO MOLE EM BATATA

JOSÉ RICARDO PFEIFER SILVEIRA¹, LUIS ANTÔNIO SUITA DE CASTRO², MERY ELIZABETH OLIVEIRA COUTO³, OLINDA MARIA MARTINS⁴, VALMOR BARNI⁵

RESUMO - Foram produzidos anti-soros a partir de células inteiras e não tratadas de *Pectobacterium carotovorum* subsp. *atrosepticum* (Pca), *P. carotovorum* subsp. *carotovorum* (Pcc) e *P. chrysanthemi* (Pch). Utilizou-se como antígeno 2 ml de suspensão bacteriana na concentração de 6 a 7×10^7 UFC/ml, emulsificada com igual volume de adjuvante completo de Freund, fazendo quatro aplicações em coelhos, com intervalos semanais. Os anti-soros obtidos (título 1:640) foram específicos em relação aos antígenos utilizados e não reagiram com outras bactérias, vírus e fungos fitopatogênicos, bem como, com extratos de plantas de batata, fumo e tomateiro. Concluiu-se que apenas antígenos presentes nas estruturas celulares de Pca, Pcc e Pch são identificados pelos anticorpos produzidos e que o teste de aglutinação em látex pode ser realizado com diluições do antígeno nas proporções de 1:1 e 1:10, partindo-se da concentração padrão (50%T; 550 nm).

Palavras chave: *Pectobacterium, carotovorum, atrosepticum, chrysanthemi*, imunologia, sorologia, *solanum tuberosum*

PRODUCTION OF ANTISERA FOR DIAGNOSIS OF SOFT-ROTTING PECTOBACTERIAS IN POTATO

ABSTRACT - Polyclonal antisera against *Pectobacterium carotovorum subsp. atrosepticum* (Pca), *P. carotovorum* subsp. *carotovorum* (Pcc) and *P. chrysanthemi* (Pch) were produced from intact, untreated cells. Bacterial suspensions with 6 to 7×10^7 CFU/ml (2 ml), emulsified with an equal volume of complete Freund's adjuvant were used as antigens to immunize rabbits. The antigens were injected four times at weekly intervals. The antisera obtained (1:640 titer) were specific against the antigens used and did not exhibit any reaction toward other phytopathogenic bacteria, virus and fungi, as well as potato, tomato, and tobacco plant extracts. Only antigens presents in the cellular structures of Pca, Pcc and Pch are identified by the antibodies and that the latex agglutination test can be used with dilutions of the antigens in order of 1:1 and 1:10 of the initial concentration (50% T, 550 nm).

Key words: *Pectobacterium, carotovorum, atrosepticum, chrysanthemi*, immunology, serology, *Solanum tuberosum*

¹Engenheiro Agrônomo, Doutor Pesquisador da FEPAGRO/Laboratório de Fitopatologia. Rua Gonçalves Dias 570, Bairro Menino Deus. CEP 90130-060, Porto Alegre/RS. E-mail: pfeifer@fepagro.rs.gov.br. Autor para correspondência

²Engenheiro Agrônomo, MSc., Pesquisador da EMBRAPA/Centro de Pesquisa Agropecuária de Clima Temperado, Pelotas/RS

³Engenheira Agrônoma, Convênio EMATER/RS - EMBRAPA/Centro de Pesquisa Agropecuária de Clima Temperado

⁴Engenheira Agrônoma, Ph.D. Pesquisadora da EMBRAPA/Centro Nacional de Recursos Genéticos, Brasília/DF

⁵Engenheiro Agrônomo, MSc. Pesquisador da FEPAGRO/Centro de Pesquisa de Agroindústria, Caxias do Sul/RS

Recebido para publicação em 01-01-2002

INTRODUÇÃO

A análise de seqüências do DNA ribossomal da região 16S de vários membros da família Enterobacteriaceae, resultou na separação do gênero *Erwinia* em três grupos filogenéticos, estabelecendo três diferentes gêneros: *Erwinia*, *Pectobacterium* e *Brenneria* (HAUBEN et al., 1998).

O gênero *Pectobacterium*, no qual são classificadas as pectobactérias causadoras de podridões moles, é constituído por quatro espécies: *P. carotovorum*, *P. chrysanthemi*, *P. cacticida* e *P. Cypripedii*. Sendo a espécie *Pectobacterium carotovorum*, subdividida em cinco subespécies: *P. c.* subsp. *atrosepticum*, *P. c.* subsp. *carotovorum*, *P. c.* subsp. *betavasculorum*, *P. c.* subsp. *odoriferum* e *P. c.* subsp. *wasabie* (DUARTE e EL TASSA, 2003).

As pectobactérias são causadoras de podridão mole em diversas espécies de plantas. Dentre estas, *Pectobacterium carotovorum* subsp. *atrosepticum*, *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* e *Pectobacterium chrysanthemi* são causadoras de podridão mole em batata (*Solanum tuberosum* L.). O sintoma de podridão mole é resultante da capacidade do patógeno produzir enzimas tais como pectinases, poligalacturonases, celulasas e proteases, que atacam componentes da parede celular do hospedeiro (SALMOND, 1994).

As bactérias pertencentes ao gênero *Pectobacterium* são descritas como bastonetes retos, medindo de 0,5-1,0 X 1,0-3,0 micra, com presença de flagelos peritricos, Gram negativas, anaeróbicas facultativas, não formadoras de esporos, oxidase negativas e catalase positivas (DE BOER e KELMAN, 2001). Possuem uma distribuição geográfica e climática que reflete sua adaptabilidade a diferentes hospedeiros e temperaturas. *Pectobacterium carotovorum* subsp. *atrosepticum* esta relacionada a batata cultivada em regiões temperadas, *P. carotovorum* subsp. *carotovorum* é patogênica a diversas espécies

hospedeiras em regiões temperadas e tropicais e *P. chrysanthemi* também é patogênica a diversas espécies e está distribuída em zonas tropicais, subtropicais e temperadas (PÉROMBELON e KELMAN, 1987). Em lavouras de batata, o tubérculo semente se constitui em uma importante fonte de inóculo. As plantas também podem ser infectadas pelas raízes, em solos contaminados, ou pela água de irrigação (PEROMBÉLON e KELMAN, 1980).

Tem-se observado a sobrevivência de *Pectobacterium* spp. no solo, na água e em associação com a rizosfera de várias espécies invasoras de campos cultivados e, embora ocorram de forma endêmica em alguns solos, podem não ser encontradas em outros. Estudos sobre a ecologia das *Pectobacterium* spp. causadoras de podridão mole em batata têm resultados contraditórios sobre a habilidade dessas bactérias sobreviverem no solo (BURR e SCHROTH, 1977; POWELSON e APPLE, 1984). Alguns autores atribuem estas diferenças à ineficiência das técnicas para detecção do patógeno. Os meios seletivos, utilizados para isolamento, têm alcançado resultados com diferentes graus de sucesso (CUPPLES e KELMAN, 1974).

Vários métodos sorológicos têm sido utilizados na detecção de bactérias fitopatogênicas, por serem os anti-soros altamente específicos e sensíveis. Na produção de anti-soros para bactérias, geralmente usam-se células fixadas com gluteraldeído ou formalina (DE BOER et al., 1979). Porém, células bacterianas não tratadas podem ser utilizadas como antígenos, produzindo anticorpos policlonais que tendem a reagir com lipopolissacarídeos (somente para bactérias Gram negativas), proteínas expostas, incluindo a flagelina e polissacarídeos extracelulares (BALL et al., 1990).

A utilidade da sorologia para identificação de pectobactérias em espécies e subespécies é limitada. Os anticorpos produzidos a partir de lipopolissacarídeos são altamente específicos, no entanto, a existência de muitos sorogrupos para

Pectobacterium carotovorum subsp. *carotovorum* tornam a identificação desta subespécie impraticável. De modo oposto, a maioria das estirpes de *Pectobacterium carotovorum* subsp. *atrosepticum* pertencem ao sorogrupo I, sendo que anticorpos monoclonais específicos a um sorogrupo são úteis para a identificação desta subespécie (DE BOER e KELMAN, 2001).

Entre os testes sorológicos utilizados para diagnose de bactérias fitopatogênicas, destacam-se a difusão dupla em ágar, microaglutinação, imunofluorescência, aglutinação de látex e ELISA (SCHAAD, 1988; DE BOER e KELMAN, 2001).

O teste de aglutinação de látex utiliza partículas uniformes de látex (esferas de poliestireno com 810 nm de diâmetro), revestidas com anticorpos por adsorção ou ligações covalentes; o látex sensibilizado é misturado com o antígeno (bactérias) ocorrendo a aglutinação dentro de poucos minutos. Além da rapidez e sensibilidade, a reação pode ser observada sem qualquer equipamento. Utilizado inicialmente para estudos de viroses, o método tem demonstrado sua utilidade também com procariontes (SLACK e BALL, 1990).

Métodos rápidos e efetivos para a identificação de bactérias fitopatogênicas, tais como as *Pectobacterium* spp., facilitariam os estudos ecológicos e o controle desses organismos, pois os testes bioquímicos e fisiológicos rotineiramente utilizados não são inteiramente satisfatórios, por serem trabalhosos, de difícil interpretação e muito demorados (SCHAAD, 1988). De acordo com DE BOER e KELMAN (2001) é estimado que um terço das estirpes de *Pectobacterium carotovorum* isoladas de batata possam ser classificadas em um dos quarenta sorogrupos descritos. Algumas estirpes de outros hospedeiros também pertencem a estes sorogrupos, porém a diversidade sorológica de estirpes de outros hospedeiros que não a batata, não é conhecido.

O presente trabalho teve como objetivo adaptar e desenvolver tecnologia na produção de anti-soros policlonais a partir de células inteiras

e não tratadas de *Pectobacterium* spp., causadoras de podridão mole. Para avaliar os anti-soros utilizou-se o método de aglutinação de látex, adaptando-se o procedimento descrito por FRIBOURG (1981) para sensibilização de látex, e obter um título adequado de modo a viabilizar o teste. O desenvolvimento de técnicas rápidas, e de fácil interpretação, poderá auxiliar os estudos sobre a ecologia das pectobactérias causadoras de podridão mole, em programas de produção de batata de elevada sanidade no Rio Grande do Sul.

MATERIAL E MÉTODOS

Origem e avaliação dos antígenos - Três isolados de *Pectobacterium* spp. foram utilizados como antígenos: *P. carotovorum* subsp. *carotovorum*, obtida de *Allium cepa*, proveniente da coleção de bactérias da Universidade Federal de Viçosa; *P. carotovorum* subsp. *atroseptica*, obtida de *Solanum tuberosum*, proveniente da coleção de bactérias da EMBRAPA/CPACT; e *P. chrysanthemi*, obtida de *Arracacia xanthorrhiza*, proveniente da coleção de bactérias da EMBRAPA/CNPH.

As bactérias utilizadas como antígeno foram confirmadas em nível de gênero pelos testes de Gram e de crescimento em meio anaeróbico, e em nível de espécie e subespécie pelos testes de crescimento à 37 °C, formação de fosfatase, produção de substâncias redutoras de sacarose e produção de ácidos a partir dos carboidratos alfa-metil-glucosídeo, lactose, trealose e maltose (JABUONSKI et al., 1986; SCHAAD, 1988). A patogenicidade foi testada em frutos verdes de pimentão e em plantas de batata (TAKATSU et al., 1981; JABUONSKI et al., 1986).

Produção dos anti-soros - Culturas de bactérias em meio 523 (KADO e HESKETT, 1970) foram lavadas das placas de Petri com jatos de seringa hipodérmica, contendo solução salina (NaCl 0,85%), e submetidas à centrifugação (500 g; 5 min), descartando-se o precipitado. O

sobrenadante foi centrifugado três vezes (3000 g; 20 min; centrífuga JOUAN MD CR 11.4), usando-se 6 ml da solução salina para ressuspender os precipitados obtidos. As suspensões bacterianas foram padronizadas em 62,5% T; 550 nm (espectrofotômetro MICRONAL MD B 382), para se obter uma concentração aproximada de $6 \text{ a } 7 \times 10^7$ UFC/ml, conforme determinação prévia obtida através de diluições e contagem de colônias em placas. Alíquotas de 2 ml foram congeladas (-20 °C) para posterior imunização de coelhos da raça Nova Zelândia. Cada coelho recebeu quatro injeções intramusculares de 2 ml da suspensão bacteriana e 2 ml de adjuvante completo de Freund, em intervalos semanais. Uma semana após a última injeção iniciaram-se as sangrias periódicas, através de corte da veia marginal da orelha. O sangue coletado foi deixado coagular por uma hora à temperatura ambiente, descolado das paredes do Becker com uma agulha hipodérmica e deixado por 15 h sob refrigeração (5 °C). O soro obtido foi então centrifugado (2000 rpm; 15 min; centrífuga FANEM MD 204-NR) e o sobrenadante separado em alíquotas de 3 ml para armazenamento em freezer (-20 °C).

Para purificação da gama-globulina (FRIBOURG, 1981), precipitou-se com sulfato de amônio saturado, na proporção de 1 ml da solução do sal, para 0,3 ml do soro diluído a 1:5 em solução salina. A mistura foi deixada por 30 min para precipitação e centrifugada a 7000 g; 20 min. Os precipitados foram suspensos em 3 ml de solução tampão Tris-HCl 0,05 M, pH 8,0 e submetidos a 18 horas de diálise, seguindo-se uma centrifugação de 10000 g; 30 min. A gama-globulina foi armazenada sob refrigeração (5 °C).

Na determinação do título dos anti-soros, o látex foi sensibilizado com diferentes diluições da gama-globulina. Para isto, fez-se oito diluições em série (fator 2) da gama-globulina em tampão Tris-HCl 0,05 M, pH 7,2, partindo de 1:20 até 1:5120. Em 1 ml de cada diluição acrescentou-se 1 ml de látex (0,8 micron SIGMA) diluído a 1:60. O processo de sensibilização constou de três centrifugações de 6000 g; 20 min. Os pre-

cipitados foram ressuspensos em 2 ml da solução tampão Tris-HCl 0,05 M pH 7,2 acrescido de 0,02% de polivinilpirrolidone (PVP-40). Após a última centrifugação os precipitados foram ressuspensos em apenas 1 ml do tampão.

O látex sensibilizado foi armazenado em frascos de vidro, etiquetado e conservado à 5 °C para posterior utilização. De um total de oito sangrias para cada isolado, foram testados os anti-soros provenientes da segunda e sétima sangrias, dos três isolados.

Avaliação do título dos anti-soros - O látex sensibilizado com as diluições da gama-globulina foi testado contra o respectivo antígeno na diluição padrão (62,5% T; 550 nm) e seriada (fator 10) de 1:1 a 1:10000, em tampão Tris-HCl 0,05 M, pH 8,0, acrescido de 1% mercaptoetanol. Cada diluição dos diferentes anti-soros foi testada contra as diferentes concentrações de seu respectivo antígeno. O título foi padronizado pela diluição mais elevada do antígeno em que as reações apresentaram-se características para o teste.

Especificidade dos anti-soros - Para avaliar a especificidade dos anti-soros, estes foram testados inicialmente em relação aos inóculos utilizados na produção dos demais anti-soros e, posteriormente, contra vários tipos de antígenos, tentando-se determinar reações não específicas nos testes a serem realizados rotineiramente. Foram testados os extratos de plantas de batata, tomate e fumo; plantas de batata contendo os principais vírus que incidem na cultura (vírus X, S, Y e Enrolamento da Folha); fungos patogênicos à cultura da batata, como *Alternaria* spp., *Fusarium* spp., *Phomopsis* spp., *Phytophthora infestans* e *Rizoctonia solani* e bactérias fitopatogênicas, como *Ralstonia solanacearum*, *Pseudomonas corrugata*, *P. rubrilineans*, *Acidovorax avenae* subsp. *avenae* e *Xanthomonas arboricola* pv. *pruni*, cultivados em meio de cultura. O extrato das plantas, e as suspensões de células bacterianas e de fungos foram testados conforme processo descrito na etapa de avaliação do título dos anti-soros.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Avaliação dos antígenos - Os isolados de *Pectobacterium* spp. utilizados para imunização dos coelhos apresentaram as características do gênero, ou seja, foram Gram negativos e fermentativos em meio anaeróbico. As características culturais corresponderam às de *Pectobacterium* spp., com crescimento rápido, colônias opacas, brancas, apigmentadas, de tonalidade cinza ou levemente esverdeada e bordos irregulares. Foram também confirmadas em nível de espécie e subespécie pelas características bioquímicas e fisiológicas (JABUONSKI et al., 1986).

Os resultados obtidos em frutos de pimentão e plantas de batata foram satisfatórios, devido à severidade com que os isolados causaram os sintomas. Tais informações concordam com JABUONSKI et al. (1986), que avaliaram a patogenicidade de 152 isolados de *Pectobacterium carotovorum*, obtidos de plantas de batata, tomateiro e 27 outras espécies hospedeiras, e concluíram que, independente da classificação taxonômica e do hospedeiro de origem, 80 e 84% dos isolados foram patogênicos respectivamente, a tubérculos de batata e frutos de pimentão.

Produção dos anti-soros - Nas sangrias semanais dos coelhos imunizados foi possível obter aproximadamente 20 ml de sangue e, após a separação do coágulo, aproximadamente 9 ml de soro. Foram produzidos 3 ml de anti-soro dialisado para a segunda e sétima sangrias e 1 ml de látex sensibilizado nas nove diferentes diluições de cada anti-soro.

O esquema de imunização variou em relação a outros trabalhos quanto à concentração de antígeno utilizado (10^9 a 3×10^{11} UFC/ml), número de injeções (7 a 10) e local de aplicação (intramuscular, subcutânea ou a combinação destas) (DE BOER et al., 1979; POWELSON e APPLE, 1984; DICKEY et al., 1984). Porém, Não se observaram problemas de intoxicação nos coelhos imu-

nizados, o que, segundo DE BOER et al. (1979), é comum no gênero *Pectobacterium*.

O método utilizado por FRIBOURG (1981), para sensibilização de látex com gama-globulina na identificação de viroses, foi adequado para a detecção de *Pectobacterium* spp. nos experimentos realizados nesse trabalho.

Título dos anti-soros - O título obtido para os anti-soros Pcc, Pca e Pch na segunda sangria, foi de 1: 640. Na sétima sangria foi de 1:640 para os anti-soros Pcc e Pch e 1:320 para Pca. Foi possível detectar o antígeno, partindo-se da concentração padrão (62,5% T; 550 nm), até a diluição 1:100. Entretanto, as melhores reações ocorreram nas diluições 1:1 e 1:10.

DE BOER et al. (1979) produziram anti-soros com células não tratadas e células fixadas com glutaraldeído, obtendo títulos que variaram em ambos os tratamentos entre 1:256 e 1:16384. As diferenças em títulos, segundo os autores, devem-se à variação na sensibilidade dos animais e não às diferenças antigênicas das estirpes bacterianas. De acordo com DE BOER e KELMAN (2001), anti-soros policlonais produzidos a partir de células fixadas com glutaraldeído contém, normalmente, um título elevado de anticorpos para lipopolissacarídeos e são muito úteis para tipificação sorológica.

Os títulos dos anti-soros produzidos neste trabalho apresentaram-se acima do padrão mínimo (1:512) estabelecido por SLACK e BALL (1990). Porém, foram inferiores aos títulos alcançados por DE BOER et al. (1979), devido à diferença do método utilizado para padronização dos anti-soros. DE BOER et al. (1979) utilizaram a técnica de microprecipitação e determinaram os títulos considerando somente a diluição dos anti-soros em relação ao inóculo padrão utilizado para imunização. No presente trabalho o inóculo padrão foi diluído até 1:10000 em tampão Tris-HCl 0,05 M; pH 8,0 mais 1% mercaptoetanol e o título determinado pela reação característica do teste de aglutinação de látex, na mais elevada diluição do antígeno.

Especificidade dos anti-soros - Os anti-soros obtidos reagiram especificamente com os antígenos utilizados, não se obtendo reações cruzadas entre os mesmos. Do mesmo modo não houve reações positivas nos testes realizados com plantas de batata, tomateiro e fumo, bem como para antígenos de fungos, bactérias e vírus fitopatogênicos. Os resultados obtidos concordam com ALLAN e KELMAN (1977), que avaliaram a especificidade de um anti-soro produzido para *P. c. subsp. atrosepticum* em relação a 16 isolados do gênero *Pectobacterium* e 60 isolados de outras espécies de bactérias.

VRUGGINK e MAAGEESTERANUS (1975) utilizando anti-soros para *P. c. subsp. atrosepticum* não encontraram reações positivas com *P. chrysanthemi*, nem com estirpes do gênero *Erwinia*, tais como *E. Amylovora* e *E. herbicola*. Entretanto, um grande número de isolados de *P. c. subsp. carotovorum* reagiu positivamente com anti-soros para *P. c. subsp. atrosepticum* em testes de aglutinação (30), tanto quanto em testes de difusão dupla em ágar (35). Posteriormente DE BOER et al. (1979) confirmaram estarem Pcc e Pca sorologicamente relacionadas. Atualmente são conhecidos mais de quarenta sorogrupos (DE BOER e KELMAN, 2001).

Apesar da alta proporção de antígenos serem comuns tanto para Pca como para Pcc, a especificidade é conferida por componentes da parede celular, principalmente, lipopolissacarídeos (antígeno O). Dos nove sorogrupos de Pca, baseado em antígeno de superfície, o sorogrupo I representa mais de 90% dos isolados da maioria dos países onde foi testado (DUARTE e EL TASSA, 2003).

Procedimentos sorológicos são úteis para a identificação preliminar de culturas bacterianas purificadas ou presentes em amostras de planta ou solo, se anticorpos específicos aos sorogrupos, ao qual pertencem as estirpes bacterianas, estiverem presentes. Os lipopolissacarídeos são importantes determinantes antigênicos para a maioria

das bactérias Gram negativas incluindo as pectobactérias e, deste modo, os anticorpos podem ser utilizados para diferenciar as estirpes. No entanto, a utilidade da sorologia para identificar pectobactérias em nível de espécies e/ou subespécies é limitada, devido à existência de muitos sorogrupos.

A utilização de anti-soros para pectobactérias de diferentes sorogrupos pode ser útil em trabalhos ecológicos. No Rio Grande do Sul, de 408 isolados obtidos em um levantamento de pectobactérias associadas à canela preta em lavouras de batata, 224 foram consideradas como Pca, 173 como Pcc e 8 como Pch. No entanto, diversos isolados foram considerados variantes de Pcc e Pca, pelos testes bioquímicos e fisiológicos (OLIVIERA, 2001). A ocorrência de formas intermediárias, com características bioquímicas e fisiológicas comuns a Pca, Pcc e Pch, também tem sido relatada por outros autores (STANGHELLINI e MENELEY, 1975; THOMSON et al. 1981; JABOUNSKI, et al.1986), e a caracterização destas estirpes em sorogrupos pode facilitar os trabalhos ecológicos.

CONCLUSÕES

Os anti-soros produzidos para *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum*, *Pectobacterium carotovorum* subsp. *atrosepticum* e *Pectobacterium chrysanthemi*, a partir de células inteiras e não tratadas, apresentaram especificidade em relação ao antígeno utilizado para imunização de coelhos e apenas antígenos presentes nas estruturas celulares de Pca, Pcc e Pch são identificados pelos anticorpos produzidos.

Seguindo-se a metodologia utilizada para produção de anti-soros para Pca, Pcc e Pch, o teste de aglutinação de látex pode ser realizado com diluições do antígeno nas proporções de 1:1 e 1:10 (antígeno/solução tampão), partindo-se da concentração padrão $6 \text{ a } 7 \times 10^7$ UFC/ml (62,5%T; 550 nm).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLAN, E.; KELMAN, A. Immunofluorescent stain procedures for detection and identification of *Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica*. *Phytopathology*, St. Paul, v.67, p.1305-1312, 1977.
- BALL, E.M.; HAMPTON, R.O.; DE BOER, S.; SCHAAD, N. Polyclonal antibodies. In: HAMPTON, R.; BALL, E.; DE BOER, S. *Serological methods for detection and identification of viral and bacterial plant pathogens*. St. Paul: APS, 1990. p.33-54.
- BURR, T.J.; SCHROTH, M.N. Occurrence of soft-rot *Erwinia* spp. in soil and plant material. *Phytopathology*, St. Paul, v.67, p.1382-1387, 1977.
- CUPPLES, D.; KELMAN, A. Evaluation of selective media for isolation of soft rot bacteria from soil and plant tissue. *Phytopathology*, St. Paul, v.64, n.4, p.468-475, 1974.
- DE BOER, S.H.; KELMAN, A. *Erwinia* soft rot group. In: SCHAAD, N.W.; JONES, J.B.; CHUN, W. (Eds.) *Laboratory Guide for Identification of Plant Pathogenic Bacteria*. St. Paul: APS, 2001. p.56-72.
- DE BOER, S.; COPEMAN, R.; VRUGGINK, H. Serogroups of *Erwinia carotovora* potato strains determined with diffusible somatic antigens. *Phytopathology*, St. Paul, v.69, n.4, p.316-319, 1979.
- DICKEY, R.; ROBERT, S.; ZUMOFF, C.H.; UYEMOTO, J.K. *Erwinia chrysanthemi*: serological relationship among strains from several hosts. *Phytopathology*, St. Paul, v.74, n.11, p.1388-1394, 1984.
- DUARTE, V.; EL TASSA, S.O.M. Taxonomia do gênero *Pectobacterium*. In: LUZ, W.C.; FERNANDES, J.M.C.; PRESSES, A.M.; PICCININI, E.C. (Eds.) *Revisão Anual de Patologia de Plantas*. Passo Fundo, v.11, p.1-37, 2003.
- FRIBOURG, C. *Procedure for látex sensitisation*. Lima: Centro Internacional de la Papa, 1981. 4 p. (Laboratory Practical Guide).
- HAUBEN, L.; MOORE, E.R.B.; VAUTERIN, L.; STEENACKERS, M.; MERGAERT, J.; VERDONCK, L.; SWINGS, J. Phylogenetic position of phytopathogens within the Enterobacteriaceae. *Systematic and Applied Microbiology*, v.21, p.384-397, 1998.
- JABUONSKI, R.; TAKATSU, A.; REIFSCHNEIDER, F. Avaliação da patogenicidade de bactérias do gênero *Erwinia* isoladas de batatinha, tomateiro e de outras plantas hospedeiras. *Fitopatologia Brasileira*, Brasília, v.11, p.587-597, 1986.
- KADO, C.I.; HESKETT, M.G. Selective media for isolation of *Agrobacterium*, *Corynebacterium*, *Erwinia*, *Pseudomonas* and *Xanthomonas*. *Phytopathology*, St. Paul, v.60, p.969-976, 1970.
- OLIVEIRA, A.M.R. Incidência e variabilidade genética de erwinias pectolíticas associadas à Canela Preta em lavouras de batata no Estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: UFRGS, 2001. 83p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, UFRGS, 2001.
- PEROMBÉLON, M.; KELMAN, A. Blackleg and other potato diseases caused by soft rot *Erwinias*: proposal for revision of terminology. *Plant Disease*, St. Paul, v.71, n.3, p.283-285, 1987.
- PEROMBÉLON, M.; KELMAN, A. Ecology of the soft rot *Erwinia*. *Annual Review of Phytopathology*, Palo Alto, v.18, p.361-387, 1980.
- POWELSON, N.; APPLE, J. Soil and seed tubers as sources of inoculum of *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* for stem soft rot of potatoes. *Phytopathology*, St. Paul, v.74, p.429-432, 1984.
- SALMOND, G.P.C. Secretion of extracellular virulence factors by plant pathogenic bacteria. *Annual Review of Phytopathology*, Palo Alto, v.32, p.181-200, 1994.
- SCHAAD, N.W. *Laboratory guide for identification of plant pathogenic bacteria*. 2.ed. St. Paul: APS, 1988. 164 p.
- SLACK, S.A.; BALL, E.M. Latex agglutination for viruses and bacteria. In: HAMPTON, R.; BALL, E.; DE BOER, S. *Serological methods for detection and identification of viral and bacterial plant pathogens*. St. Paul: APS, 1990. p.307-312.
- STANGHELINI, M.E.; MENELEY, J.C. Identification of soft-rot *Erwinia* associated with blackleg in Arizona. *Phytopathology*, St. Paul, v.65, n.1, p.86-87, 1975.
- TAKATSU, A.; MELLO, S.; GARCIA, E.J. Fruto do pimentão como meio parcialmente seletivo para isolamento de *Erwinia carotovora*. *Fitopatologia Brasileira*, v.6, p.550-551, 1981.
- THOMSON, S.V.; HIDELBRAND, D.C.; SCHROTH, M.N. Identification and nutritional differentiation of the *Erwinia carotovora* and *Erwinia chrysanthemi*. *Phytopathology*, St. Paul, v.71, n.6, p.1037-1042, 1981.
- VRUGGINK, H.; MAAGEESTERANUS, H. Serological recognition of *Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica*, the causal organism of potato blackleg. *Potato Research*, Wagenigen, v.18, p.546-555, 1975.

EFICIÊNCIA DE ANTI-SOROS PRODUZIDOS PARA PECTOBACTÉRIAS CAUSADORAS DE PODRIDÃO MOLE EM BATATA

JOSÉ RICARDO PFEIFER SILVEIRA¹, LUIS ANTÔNIO SUITA DE CASTRO², OLINDA MARIA MARTINS³, MERY ELIZABETH OLIVEIRA COUTO⁴, VALMOR BARNI⁵

RESUMO - Anti-soros produzidos a partir de células inteiras e não tratadas de *Pectobacterium carotovorum* subsp. *atrosepticum* (Pca), *P. carotovorum* subsp. *carotovorum* (Pcc) e *P. chrysanthemi* (Pch), foram testados em plantas de batata com sintomas de podridão mole. As hastes de batata, quando comparadas com raízes e folhas, foram melhores para indexação sorológica de *Pectobacterium* spp., porém, somente amostras com sintomas apresentaram antígenos suficientes para a viabilização do teste de aglutinação em látex. De 66 plantas de batata com sintomas de podridão mole, coletadas a campo e indexadas sorologicamente, 51 reagiram com pelo menos um dos anti-soros. Dos isolados bacterianos obtidos a partir destas amostras, somente 23 não foram considerados típicos para o gênero *Pectobacterium* pelos testes bioquímicos e não reagiram sorologicamente. Dos 43 isolados de *Pectobacterium* spp., 26 foram considerados Pca e 17 como Pcc, pelos testes bioquímicos e fisiológicos. Porém, apenas 17 isolados reagiram com os anti-soros para *P. carotovorum* (Pca e Pcc) e, mesmo assim, nem todos corresponderam à caracterização prévia pelos testes bioquímicos. O baixo número de reações sorológicas com os isolados bacterianos indicaram haver uma seleção involuntária de estirpes para diferentes sorogrupos. Nenhum isolado reagiu com o anti-soro para Pch. Concluiu-se que o teste imunológico de aglutinação em látex se constituiu em um processo auxiliar e preliminar para identificação de bactérias do gênero *Pectobacterium*, principalmente, quando associado aos testes bioquímicos e fisiológicos.

Palavras-chave: *Pectobacterium*, *carotovorum*, *atrosepticum*, *chrysanthemi*, diagnose, sorologia, batata, *Solanum tuberosum*

EFFICIENCY OF ANTISERA PRODUCED TO SOFT-ROTTING PECTOBACTERIA IN POTATO

ABSTRACT - Antisera produced against intact and untreated cells of *Pectobacterium carotovorum* subsp. *atrosepticum* (Pca), *P. carotovorum* subsp. *carotovorum* (Pcc) and *P. chrysanthemi* (Pch) were used to index several plants of potatoe that exhibited syntoms of blackleg disease. The stalk samples were better than the root and leave samples for the serological evaluation of *Pectobacterium* spp. However, only several samples with blackleg syntoms had enough antigens for the visualization in the latex agglutination test. Of 66 plants with blackleg syntoms, collected in the field and indexed by serological methods, only 23 were considered as not typical for *Pectobacterium* by biochemical tests and did not react positively in the serological tests. Twenty six out of 43 isolates of *Pectobacterium* spp. were considered as Pca and 17 as Pcc by the biochemical and physiological tests. However, only 17 isolates reacted with the antisera for *P. carotovorum* (Pca and Pcc) and, not all of them correspond to the previous biochemical characterization. The low number of positive serological reactions with the bacterial isolates indicate that has occurred an involuntary selection of strains for different serotypes. No one of the isolates react with the antisera against Pch. The results allow to conclude that the latex agglutination test can be used for the preliminary identification of bacteria of the genus *Pectobacterium*, specially when associated with biochemical and physiological tests.

Key words: *Pectobacterium*, *carotovorum*, *atrosepticum*, *chrysanthemi*, diagnosis, serology, potato, *Solanum tuberosum*

¹Engenheiro Agrônomo, Doutor Pesquisador da FEPAGRO/Laboratório de Fitopatologia. Rua Gonçalves Dias 570, Bairro Menino Deus, CEP 90130-060, Porto Alegre/RS. E-mail: pfeifer@fepagro.rs.gov.br. Autor para correspondência

²Engenheiro Agrônomo, MSc. Pesquisador da EMBRAPA/Centro de Pesquisa Agropecuária de Clima Temperado, Pelotas/RS

³Engenheira Agrônoma, Convênio EMATER/RS - EMBRAPA/Centro de Pesquisa Agropecuária de Clima Temperado

⁴Engenheira Agrônoma, Ph.D. Pesquisador da EMBRAPA/Centro Nacional de Recursos Genéticos, Brasília/DF

⁵Engenheiro Agrônomo, MSc. Pesquisador da FEPAGRO/Centro de Pesquisa de Agroindústria, Caxias do Sul/RS
Recebido para publicação em 01-01-2002

INTRODUÇÃO

Ao contrário dos métodos microbiológicos para detecção e identificação de pectobactérias, os métodos imunológicos são menos laboriosos e podem ser usados em larga escala. Testes sorológicos para detecção de *Pectobacterium* spp. têm sido realizados em hastes e tubérculos de batata provenientes de lavouras comerciais ou de estoques para semente (VRUGGINK e DE BOER, 1978; DE BOER, 1983; MAHER et al., 1986), em estudos sobre a ecologia (VRUGGINK e MAAGEESTERANUS, 1975; PHILLIPS e KELMAN, 1982; POWELSON e APPLE, 1984) e de taxonomia (DE BOER et al., 1979; DE BOER e McNAUGHTON, 1987).

DE BOER et al. (1979) produziram anti-soros a partir de células inteiras de *P. carotovorum* e estabeleceram dezoito sorogrupos. Os isolados de *P. c.* subsp. *carotovorum* foram agrupados em dezesseis sorogrupos e os isolados de *P. c.* subsp. *atrosepticum* nos dois sorogrupos restantes (I e XVIII). Foram observadas, também, reações de parcial identidade entre os sorogrupos, indicando que as pectobactérias compartilham antígenos comuns.

A utilidade da sorologia para identificação de pectobactérias em espécies e subespécies é limitada. Atualmente, a distribuição de *P. carotovorum* em sorogrupos estendeu-se de dezoito para mais de cinquenta (DUARTE e EL TASSA, 2003). A especificidade é conferida por componentes da parede celular, principalmente lipopolissacarídeos (antígeno O) (DE BOER e McNAUGHTON, 1987). Os anticorpos produzidos são altamente específicos. No entanto, a existência de muitos sorogrupos para *P. c.* subsp. *carotovorum* tornam a identificação desta subespécie impraticável (DE BOER e KELMAN, 2001). De modo oposto, dos nove sorogrupos conhecidos de *P. c.* subsp. *atrosepticum*, baseados em antígenos de superfície, o sorogrupo I representa mais de 90% dos isolados na maioria dos países onde foi testado, confirmando ser este grupo mais homogêneo (DUARTE e EL TASSA, 2003).

DICKEY et al. (1984) produziram nove anti-soros a partir de isolados de *E. chrysanthemi* distinguidos em quatro sorogrupos. De um total de 404 isolados de Pch obtidos de 42 hospedeiros diferentes, 78% reagiram com um ou mais dos nove anti-soros; enquanto que nenhum dos 103 isolados de outras espécies ou subespécies de *Pectobacterium* reagiram com qualquer dos nove anti-soros.

YAKRUS e SCHAAD (1979) enfatizaram a variabilidade das propriedades antigênicas dos isolados testados, devido a heterogenicidade ter sido comum entre isolados de um hospedeiro específico e entre isolados de diferentes hospedeiros. DE BOER et al. (1987) observaram também reações com isolados de *P. carotovorum* obtidos de diferentes hospedeiros, com anti-soros produzidos a partir de isolados de batata.

A distribuição sorológica de *Pectobacterium* spp. em sorogrupos tem facilitado o estudo ecológico destas bactérias. POWELSON e APPLE (1984) demonstraram em três, de um total de cinco experimentos, que os inóculos primários de Pcc em batata eram sorologicamente diferentes dos inóculos inicialmente presentes nos tubérculos semente e no solo, sugerindo que outras fontes de inóculo, tais como a água de irrigação, poderiam estar envolvidas.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a utilização de anti-soros produzidos a partir de células inteiras e não tratadas de pectobactérias, como um método rápido e adequado para diagnose de *Pectobacterium* spp. causadoras de podridão mole em batata, visando a sua aplicabilidade em estudos sobre a ecologia dessas bactérias e em programas de produção de batata de elevada sanidade.

MATERIAL E MÉTODOS

Indexação sorológica de amostras de plantas de batata inoculadas com *Pectobacterium* spp. - Foram produzidos anti-soros a partir de células bacterianas inteiras e não tratadas de *P. carotovorum* subsp. *carotovorum* obtida de *Allium cepa*, proveniente da coleção de bactérias da Universidade Federal de Viçosa, *P. carotovorum* subsp.

atrosepticum obtida de *Solanum tuberosum* proveniente da coleção de bactérias da EMBRAPA/CPACT e *P. chrysanthemi* obtida de *Arracacia xanthorrhiza* proveniente da coleção de bactérias da EMBRAPA/CNPQ.

Plantas de batata foram inoculadas para que amostras de raízes, hastes e folhas fossem indexadas sorologicamente. Os isolados inoculados nas plantas foram os mesmos utilizados para imunização dos coelhos e produção dos anti-soros: Pcc, Pca e Pch. Os inóculos foram cultivados em meio 523, por 24 horas à 27 °C. As placas foram lavadas com solução salina (NaCl 0,85%) e a suspensão de células bacterianas diluída no padrão 62,5% T; 550 nm (6 a 7 x 10⁷ UFC/ml).

Para a obtenção de plantas-teste de batata, foram utilizados tubérculos pré-básicos da cultivar Baronesa. Os tubérculos foram plantados em vasos de plástico, contendo solo peneirado, adubado e esterilizado. As plantas foram mantidas em casa de vegetação, à temperatura de 25 °C e umidade do solo próxima à capacidade de campo. Quando as plantas atingiram uma altura de 25 a 30 cm foram inoculadas com 0,1 ml de suspensão bacteriana na concentração de 6 a 7 x 10⁷ UFC/ml.

Com o auxílio de uma seringa hipodérmica, o inóculo foi introduzido nas hastes da planta, na região do colo. No tratamento testemunha injetou-se apenas a solução salina. O teste foi realizado com quatro repetições por isolado incluindo a testemunha e avaliadas em 24, 48 e 72 horas após a inoculação.

A reação das plantas às bactérias foi caracterizada pelos sintomas manifestados como aparecimento de podridão mole, talo oco, escurecimento e tombamento da haste.

As amostras das diferentes partes das plantas, tais como folhas, segmentos de hastes com 15 a 20 cm, cortados 5 cm acima do local de inoculação e raízes, previamente lavadas, foram passadas em uma prensa de cilindros giratórios. Os extratos foram coletados em tubos de ensaio e testados contra o anti-soro específico, pelo teste de aglutinação em látex, sem diluição e diluídos em série (fator 10), de

1:1 a 1:10000 em tampão Tris-HCl 0,05 M; pH 8,0 mais 1% mercaptoetanol.

Indexação sorológica de amostras de plantas de batata provenientes de infecção natural por *Pectobacterium* spp. - Para avaliar a utilização dos anti-soros na diagnose de plantas de batata cultivadas a campo, coletou-se 66 plantas que apresentavam o sintoma de podridão mole, em lavouras de produção nos municípios de Pelotas, São Lourenço, Cristal e Morro Redondo. As plantas foram acondicionadas separadamente em sacos de plástico e armazenadas sob refrigeração durante 24 h após a coleta.

Os extratos foram obtidos das hastes das plantas, utilizando-se uma prensa de cilindros giratórios e indexados com os anti-soros Pcc, Pca e Pch, conforme o procedimento citado.

Identificação de isolados de *Pectobacterium* spp. através de testes bioquímicos e fisiológicos - Das 66 plantas com sintomas de podridão mole, utilizadas no experimento anterior, foram obtidos isolados para identificação através de testes bioquímicos e fisiológicos, assim como foram avaliados os isolados Pcc, Pca e Pch, utilizados para imunização dos coelhos.

Utilizou-se frutos de pimentão como meio parcialmente seletivo para a recuperação e isolamento indireto de *Pectobacterium* spp. (TAKATSU et al., 1981). Para obtenção e manutenção provisória de culturas puras foram empregados os meios agar-NA (SCHAAD, 1988) e 523 (KADO e HESKETT, 1970).

Colônias apresentando crescimento rápido, opacas, brancas, bordos irregulares, causadoras de podridão mole, anaeróbicas facultativas e Gram negativas foram consideradas como *Pectobacterium* spp. (SCHAAD, 1988; JABUONSKI et al., 1986a).

Os inóculos para os testes bioquímicos e fisiológicos (três repetições para cada isolado) foram preparados a partir de culturas com 24 a 48 h, cultivadas em meio 523, em temperatura de 27 °C. As suspensões de células bacterianas foram diluídas em água esterilizada e padronizadas na concentração 10⁸ UFC/ml (50% T; 550 nm).

Os principais testes realizados foram os de degradação de pectato (CVP) e crescimento em 37 °C, conforme TAKATSU (1983). Os testes de crescimento em meio anaeróbico, formação de fosfatase, produção de substâncias redutoras de sacarose e produção de ácidos a partir dos carboidratos: alfa-metil-glicosídeo, maltose, trealose e lactose, foram realizados conforme descrito por SCHAAD (1988).

Identificação sorológica de isolados de *Pectobacterium* spp.- Os isolados bacterianos obtidos a partir de colônias puras, anteriormente identificados através de testes bioquímicos e fisiológicos, foram testados sorologicamente contra os anti-soros Pcc, Pca e Pch. Para isso, os isolados foram cultivados em meio 523, por 24 h, a 27 °C, sendo as placas lavadas com solução salina (NaCl 0,85%) e as suspensões bacterianas padronizadas a 62,5% T; 550 nm, em espectrofotômetro (MICRONAL MD B382).

As suspensões bacterianas padronizadas foram testadas com os anti-soros para *Pectobacterium* spp., conforme procedimento descrito anteriormente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Indexação sorológica de amostras de plantas de batata inoculadas com *Pectobacterium* spp. - Aproximadamente 24 h após a inoculação, as plantas apresentaram murcha das folhas, que evoluiu de modo bastante acelerado, seguido de podridão úmida e escurecimento das hastes. No terceiro dia algumas hastes estavam comprometidas em quase toda a extensão, provavelmente devido às condições ideais para o desenvolvimento do patógeno o que, de acordo com JABUONSKI et al. (1986b), incluem alta umidade do solo, temperatura elevada, susceptibilidade do hospedeiro, sítio apropriado de inoculação e alta concentração de inóculo.

No primeiro dia de avaliação, 24 h após a inoculação, as hastes de nove plantas das doze inoculadas reagiram com os respectivos anti-soros, porém, raízes e folhas não apresentaram reações po-

sitivas (Tabela 1).

Nas plantas inoculadas com solução salina não se registrou qualquer reação com os anti-soros, nem apresentaram sintomas da enfermidade.

Nos dois dias subsequentes os sintomas foram mais evidentes para as plantas inoculadas com Pcc e Pca, sendo que, mesmo alguns pecíolos desenvolveram uma podridão úmida característica, e folhas e raízes revelaram reações sorológicas positivas (Tabela 1). Os anti-soros tratos diluídos até 1:100.

Tabela 1. Número de amostras positivas por teste imunológico de um total de quatro plantas de batata inoculadas com *Pectobacterium* spp.

ANTI-SORO/ INOCULO	LOCAL DA PLANTA	AVALIAÇÕES		
		1ª (24 h)	2ª (48 h)	3ª (72 h)
Pcc/Pcc ¹	Folha	0	3	3
	Haste	4	4	4
	Raiz	0	1	4
Pca/Pca	Folha	0	3	3
	Haste	3	4	4
	Raiz	0	2	4
Pch/Pch	Folha	0	0	0
	Haste	2	4	4
	Raiz	0	1	2

¹Pcc- *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum*; Pca - *P. c.* subsp. *atrosepticum*; Pch - *P. chrysanthemi*

Em plantas inoculadas com Pch poucas amostras de raízes apresentaram reações positivas, provavelmente devido a temperatura (25 °C) não favorecer desenvolvimento da espécie. Segundo PEROMBÉLON e KELMAN (1980), a faixa de temperatura ótima para crescimento de Pch oscila entre 34 e 37 °C, enquanto a de Pcc e Pca está entre 25 e 30 °C.

Somente amostras de locais necrosados das hastes, folhas e raízes das plantas inoculadas com *Pectobacterium* spp. reagiram positivamente no teste de aglutinação em látex. Este resultado está de acordo com os resultados dos trabalhos de VRUGGINK e MAASGESTERANUS (1975) e

VRUGGINK e DE BOER (1978), que avaliaram métodos para a obtenção de antígenos de *Pectobacterium* spp. em plantas e tubérculos de batata. Segundo os autores, o extrato das hastes e tubérculos com sintomas de podridão mole podem ser testados diretamente por sorologia quando obtidos das partes afetadas da planta, porém, nas infecções latentes é necessário aumentar-se a população bacteriana induzindo o aparecimento de sintomas. Deste modo, antes de testar tubérculos aparentemente saudáveis, deve-se induzir a manifestação da moléstia, colocando-os sob condições propícias tais como: umidade relativa e temperatura elevadas e baixo nível de oxigênio. DE BOER (1983) e MAHER et al. (1986) utilizaram diferentes meios de cultura, sólidos ou líquidos, como forma de isolamento e multiplicação de *Pectobacterium* spp., para posterior indexação sorológica.

Segundo SLACK e BALL (1990), a sensibilidade do teste de aglutinação em látex para bactérias, está na faixa de 107 UFC/ml, o que torna difícil a detecção do patógeno em amostras sem sintomas.

Indexação sorológica de amostras de plantas de batata provenientes de infecção natural por *Pectobacterium* spp. - Das 66 plantas indexadas sorologicamente com os anti-soros Pcc, Pca e Pch, 15 não reagiram. O número de plantas com reações positivas para Pca (49) foi bem superior ao número das que reagiram com Pcc (14) (Tabela 2), em concordância com PEROMBÉLON e KELMAN (1980). Para estes autores, Pca predomina em regiões temperadas e Pcc possui ampla distribuição geográfica, alcançando também as zonas temperadas.

DE BOER et al. (1979) trabalharam com 1001 isolados de *Pectobacterium carotovorum* agrupando 829 (83%) em 18 sorogrupos, onde apenas dois sorogrupos pertenciam à subespécie *atrosepticum* e o restante à subespécie *carotovorum*, indicando uma variabilidade muito maior para esta subespécie. Atualmente, a classificação sorológica de *E. carotovorum* estende-se para mais de 50 sorogrupos (DUARTE e EL TASSA, 2003).

PEROMBÉLON e KELMAN (1987) afir-

am que mais de uma espécie ou subespécie de *Pectobacterium* pode estar presente tanto em has-

Tabela 2 . Número de plantas de batata que reagiram sorologicamente de um total de 66 testadas para *Pectobacterium* spp.

ANTI-SOROS	PLANTAS
Pca ¹	37
Pcc	2
Pch	0
Pca e Pcc	11
Pca, Pcc e Pch	1

¹Pca - *Pectobacterium carotovorum* subsp. *atrosepticum*; Pcc - *P.c.* subsp. *carotovorum*; Pch - *P. chrysanthemi*

tes aparentemente saudáveis quanto naquelas que apresentam os sintomas da moléstia. Deve-se considerar, também, o relacionamento sorológico entre as subespécies *carotovorum* e *atrosepticum* mostrado por VRUGGINK e MAASGEESTERANUS (1975) e DE BOER et al. (1979), em que isolados bioquimicamente diferentes mostraram-se sorologicamente idênticos.

Os lipopolissacarídeos (LPS), que constituem os antígenos O, obtidos de Enterobacteriaceae são os mais úteis para agrupamentos sorológicos, tendo-se extraído LPS de diversas pectobactérias. Os antígenos O são constituídos por vários fatores O, comuns para mais de um serogrupo, como mostrado pelas reações de parcial identidade (DE BOER et al., 1979).

No presente trabalho, o anti-soro para Pch não reagiu com o extrato de nenhuma das plantas amostradas, concordando com PEROMBÉLON e KELMAN (1980), que afirmam ser *E. chrysanthemi* restrita a regiões mais quentes. Quanto a especificidade do anti-soro para Pch, DICKEY et al. (1984) produziram nove anti-soros para *Pectobacterium chrysanthemi* e distinguiram quatro sorogrupos. De um total de 103 isolados de *P.*

carotovorum subsp. *atrosepticum*, *P. carotovorum* subsp. *carotovorum*, *P. carotovorum* subsp. *betavasculatorum*, *P. cypripedii*, *Erwinia amylovora* e *E. rhapontici*, nenhum reagiu com qualquer dos anti-soros, demonstrando especificidade para a espécie.

Identificação de isolados de *Pectobacterium* spp. Através de testes bioquímicos e fisiológicos - Para a identificação de espécies e subespécies de *Pectobacterium*, foram utilizados alguns testes bioquímicos e fisiológicos relacionados por JABUONSKI et al. (1986a) e SCHAAD (1988) (Tabela 3).

Dos isolados bacterianos obtidos de 66 plantas com sintomas de podridão mole, 23 não foram fermentativos para os testes de desenvolvimento anaeróbico e/ou não apresentaram a depressão característica no meio Cristal Violeta Pectato (CVP), não sendo consideradas, portanto, típicos do gênero *Pectobacterium*.

Foram considerados 26 isolados como Pca por apresentarem resultados negativos para crescimento rápido a 37 °C e formação de fosfatase e resultados positivos para produção de ácidos a partir de alfa-metil-glucosídeo e/ou produção de substâncias redutoras de sacarose. Dezesete isolados foram considerados como Pcc por apresentarem resultados negativos em todos os testes citados para Pca.

Os isolados Pca, Pcc e Pch utilizados para imunização dos coelhos corresponderam a sua identificação prévia, sendo que o isolado de Pch resultou positivo para os testes de crescimento rápido a 37 °C e formação de fosfatase e negativo para os testes de produção de substâncias redutoras de sacarose e produção de ácidos a partir de alfa-metil-glucosídeo.

Nos resultados obtidos com 43 isolados considerados típicos do gênero *Pectobacterium*, todos puderam ser classificados. De acordo com JABUONSKI et al. (1986a), as formas intermediárias e não identificáveis de *Pectobacterium* são essencialmente reportadas e, dentro do esquema vigente, são necessários poucos testes bioquímicos e fisiológicos para a classificação de *Pectobacterium* spp.

ológicos para a classificação de *Pectobacterium* spp.

O número de isolados da subespécie *carotovorum* (17) foi quase tão expressivo quanto o da subespécie *atrosepticum* (26). JABUONSKI et al. (1986a) testaram 22 isolados de *Pectobacterium* spp. em batata, no Estado do Rio Grande do Sul, identificando 18 da subespécie *atrosepticum* e quatro que não puderam ser classificados.

O teste de crescimento rápido a 37 °C em menos de 48 h diferencia Pch, pois o crescimento ótimo de Pca e Pcc dá-se entre 25 e 30 °C (TAKATSU, 1983).

O teste de degradação de pectato (CVP) determina a habilidade de *Pectobacterium* spp. em degradar substâncias pecticas (DE BOER e KELMAN, 1975; MAHER et al., 1986) e se evidencia por uma depressão característica no meio CVP. Nove isolados que foram positivos no teste OF, não degradaram pectato e, portanto, não foram considerados típicos do gênero *Pectobacterium*.

A produção de ácidos a partir de lactose, maltose e trealose não são úteis para a caracterização de *Pectobacterium* spp., segundo JABUONSKI et al. (1986a) e, no presente trabalho, apenas dois isolados de Pca apresentaram os resultados positivos nos testes com maltose. A produção de ácidos a partir de alfa-metil-glucosídeo e a produção de substâncias redutoras a partir de sacarose são os mais importantes para a diferenciação de Pca e Pcc, sendo que apenas um isolado de Pca não foi positivo para o teste de produção de substâncias redutoras a partir de sacarose.

Identificação sorológica de isolados de *Pectobacterium* spp. - Dos 43 isolados de *Pectobacterium* spp. identificados bioquimicamente, somente 17 apresentaram reações positivas com os anti-soros. Nenhum isolado apresentou reações cruzadas com os demais anti-soros.

Quando se testou o extrato das plantas (Tabela 2), 51 amostras reagiram com pelo menos um dos anti-soros. No entanto, dos isolados obtidos das 66 plantas com sintomas de podridão mole, apenas 17 reagiram sorologicamente com somente um dos anti-

Tabela 3. Reações apresentadas nos testes bioquímicos e fisiológicos por isolados bacterianos provenientes de plantas de batata com sintomas de podridão mole.

TESTES ¹	REAÇÕES	
	POSITIVAS	NEGATIVAS
Desenvolvimento anaeróbico (OF)	52	14
Degradação de pectato (CVP)	43	23
Gram	0	52
Crescimento à 37 °C	0	52
Formação de fosfatase	0	52
Produção de substâncias redutoras de sacarose	25	27
Produção de ácidos a partir de:		
Alfa-metil-glucosídeo	27	25
Lactose	52	0
Trealose	52	0
Maltose	11	41

¹Os testes OF e CVP foram realizados para 66 isolados. Os demais testes, apenas para os 52 isolados positivos para OF.

soros, sendo 11 Pca e 6 Pcc. Este baixo número de reações pode ser explicado por uma seleção involuntária durante os processos de isolamento, pois não apenas diferentes espécies ou subespécies de *Pectobacterium* podem estar presentes em hastes com sintomas de canela preta, conforme PEROMBÉLON e KELMAN (1987), mas também, estirpes de diferentes sorogrupos.

Os 23 isolados não identificados bioquimicamente como pertencentes ao gênero *Pectobacterium* não reagiram nos testes sorológicos. Estes resultados sugerem especificidade dos anti-soros produzidos.

De 11 isolados identificados sorologicamente como Pca, cinco haviam sido caracterizados bioquimicamente como Pcc, e de seis isolados identificados sorologicamente como Pcc, quatro haviam sido caracterizados bioquimicamente como Pca. Estes resultados confirmam o relacionamento sorológico entre as subespécies *carotovorum* e *atrosepticum*, mostrados por VRUGGINK e MAASGESTEERANUS (1975) e DE BOER et al. (1979). Os antígenos O, componentes dos LPS, podem ser completamente independentes das características bioquímicas das bactérias (DE BOER et al., 1979).

Com base no relacionamento sorológico entre as subespécies *atrosepticum* e *carotovorum*, DE BOER et al. (1979) estabeleceram 18 sorogrupos designados em seqüência numérica romana, acomodando deste modo, estirpes consideradas bioquimicamente diferentes, porém, sorologicamente idênticas, tanto quanto isolados considerados intermediários bioquimicamente.

Segundo SCHAAD (1979), anti-soros produzidos a partir de células bacterianas inteiras e não tratadas apresentam baixa especificidade em relação aos produzidos a partir de células tratadas pelo calor ou fixadas com gluteraldeído. Já, DE BOER et al. (1979) produziram anti-soros para *P. carotovorum* a partir de células não tratadas e tratadas com gluteraldeído, pelo calor e pelos dois simultaneamente, mas não relacionaram qualquer diferença de especificidade nos anti-soros.

Os 26 isolados caracterizados bioquimicamente como pertencentes à *P. carotovorum* e que não reagiram sorologicamente poderiam pertencer a outros sorogrupos, semelhantes aos descritos por DE BOER et al. (1979) e DICKEY et al. (1984).

CONCLUSÕES

Seguindo-se a metodologia utilizada para produção de anti-soro para Pca, Pcc e Pch, o teste de aglutinação em látex pode ser realizado com diluições nas proporções de 1:1 e 1:10 do extrato de plantas, levando-se em consideração que amostras de hastes com sintomas da enfermidade contém antígenos de *Pectobacterium* spp. em quantidade suficiente para a viabilização do teste.

Existe inter-relacionamento sorológico entre bactérias do gênero *Pectobacterium*, em nível de subespécie, em plantas de batata cultivadas nos municípios de Pelotas, São Lourenço, Cristal e Morro Redondo.

O processo de isolamento e multiplicação de bactérias do gênero *Pectobacterium* para obtenção de colônias puras sugere haver uma seleção involuntária de estirpes de diferentes sorogrupos, podendo ocasionar variações nos resultados do teste de aglutinação em látex.

O teste imunológico de aglutinação em látex constitui-se em um processo auxiliar e preliminar na identificação de Pca, Pcc e Pch, principalmente quando associado aos testes bioquímicos e fisiológicos, sendo viável a sua utilização em estudos ecológicos de pectobactérias.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DE BOER, S. Frequency and distribution of *Erwinia carotovora* serogroups associated with potato in the Pemberton Valley of British Columbia. **Canadian Journal of Plant Pathology**, Ottawa, v.5, p.279-284, 1983.

DE BOER, S.H.; KELMAN, A. *Erwinia* soft rot group. In: SCHAAD, N.W.; JONES, J.B.; CHUN, W. (Eds.) **Laboratory Guide for Identification of Plant Pathogenic Bacteria**. St. Paul: APS, 2001. p.56-72.

DE BOER, S.H.; KELMAN, A. Evaluation of procedures for detection of pectolytic *Erwinia* spp. on potato tubers. **American Potato Journal**, Orono, v.52, p.117-123, 1975.

DE BOER, S.H.; McNAUGHTON, M.E. Monoclonal antibodies to lipopolysaccharide of *Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica* serogroup I. **Phytopathology**, St. Paul, v.77, p.828-832, 1987.

DE BOER, S.H.; COPEMAN, R.; VRUGGINK, H. Serogroups of *Erwinia carotovora* potato strains determined with diffusible somatic antigens. **Phytopathology**, St. Paul, v.69, n.4, p.316-319, 1979.

DE BOER, S.; VERDONCK, L.; VRUGGINK, H.; HARJU, P. BANGS, H.; DE LEY, J. Serological and biochemical variation among potato strains of *Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica* and their taxonomic relationship to other *E. carotovora* strains. **Journal of Applied Bacteriology**, London, v.63, p.487-495, 1987.

DICKEY, R.; ROBERT S.; ZUMOFF, C.H.; UYEMOTO, J.K. *Erwinia chrysanthemi*: serological relationship among strains from several hosts. **Phytopathology**, St. Paul, v.74, n.11, p. 1388-1394, 1984.

DUARTE, V.; EL TASSA, S.O.M. Taxonomia do gênero *Pectobacterium*. In: LUZ, W.C.; FERNANDES, J.M.C.; PRESTES, A.M.; PICCININI, E.C. (Eds.) **Revisão Anual de Patologia de Plantas**. Passo Fundo, v.11, p.1-37, 2003.

JABUONSKI, R.; TAKATSU, A.; REIFSCHNEIDER, F.J. Levantamento e identificação de espécies de *Erwinia* de diferentes plantas hospedeiras e regiões do Brasil. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.11, p.185-195, 1986a.

JABUONSKI, R.; TAKATSU, A.; REIFSCHNEIDER, F. Avaliação da patogenicidade de bactérias do gênero *Erwinia* isoladas de batatinha, tomateiro e de outras plantas hospedeiras. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.11, p.587-597, 1986b.

KADO, C.I.; HESKETT, M.G. Selective media for isolation of *Agrobacterium*, *Corynebacterium*, *Erwinia*, *Pseudomonas* and *Xanthomonas*. **Phytopathology**, St. Paul, v.60, p.969-976, 1970.

MAHER, E. A.; DE BOER, S.H.; KELMAN, A. Serogroups of *Erwinia carotovora* involved in systemic infection of potato plants and infestation of progeny tubers. **American Potato Journal**, Orono, v.63, p.1-12, 1986.

PEROMBÉLON, M.; KELMAN, A. Blackleg and other potato diseases caused by soft rot *Erwinias*: proposal for revision of terminology. **Plant Disease**, St. Paul, v.71, n.3, p.283-285, 1987.

PEROMBÉLON, M.; KELMAN, A. Ecology of the soft rot *Erwinia*. **Anual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v.18, p.361-387, 1980.

PHILLIPS, J.A.; KELMAN, A. Direct fluorescent antibody stain procedure applied to insect transmission of *Erwinia carotovora*. **Phytopathology**, St. Paul, v.72, n.7, p.898-901, 1982.

POWELSON, M.; APPLE, J. Soil and seed tubers as sources of inoculum of *Erwinia carotovora* pv. *carotovora* for stem soft rot of potatoes. **Phytopathology**, St. Paul, v.74, p.429-432, 1984.

SCHAAD, N.W. **Laboratory guide for identification of plant pathogenic bacteria**. St. Paul: APS, 1988. 164 p.

- SCHAAD, N.W. Serological identification of plant pathogenic bacteria. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v.17, p.123-147, 1979.
- SLACK, S.A.; BALL, E.M. Látex agglutination for viruses and bacteria. In: HAMPTON, R.; BALL, E.; DE BOER, S. **Serological methods for detection and identification of viral and bacterial plant pathogens**. St. Paul: APS, 1990, p.307-312.
- TAKATSU, A. *Erwinias* do grupo *carotovora* no Brasil. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.8, p.535-536, 1983.
- TAKATSU, A.; MELLO, S.; GARCIA, E.J. Fruto do pimentão como meio parcialmente seletivo para isolamento de *Erwinia carotovora*. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.6, p.550-551, 1981.
- VRUGGINK, H.; DE BOER, S.H. Detection of *Erwinia carotovora* var. *atroseptica* in potato tubers with immunofluorescence following induction of dE_{ca}y. **Potato Research**, Wagenigen, v.21, p.225-229, 1978.
- VRUGGINK, H.; MAAGEESTERANUS, H. Serological recognition of *Erwinia carotovora* var. *atroseptica*, the casual organism of potato blackleg. **Potato Research**, Wageningen, v.18, p.546-555, 1975.
- YAKRUS, M.; SCHAAD, N.W. Serological relationships among strains of *Erwinia chrysanthemi*. **Phytopathology**, St. Paul, v.69, p.517-522, 1979.

AVALIAÇÃO DE CULTIVARES DE MELOEIRO (*Cucumis melo* L.) EM AMBIENTE PROTEGIDO

JOSÉ RICARDO PFEIFER SILVEIRA¹, VALMOR BARNI², NÍDIO BARNI³, SERGIO ECHEVERRIGARAY⁴, ARONI SATTLER⁵

RESUMO - O trabalho teve por objetivo avaliar o comportamento de cinco cultivares pertencentes a distintos tipos de melão (*Cucumis melo* L.) em ambiente protegido pelo sistema de condução vertical em haste única, com irrigação por gotejamento autocompensado (fertirrigação), no período de novembro de 1996 a fevereiro de 1997. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com quatro repetições. Os resultados mostram que a produção das distintas cultivares é semelhante, mas que o número de frutos por planta e o peso médio de frutos varia significativamente, sendo constatada uma correlação negativa entre o número de frutos e o peso médio dos mesmos. O cultivar do tipo cantaloupe e os cultivares do tipo gália apresentaram baixa capacidade de conservação pós-colheita, confirmando a necessidade de identificação precisa do momento de colheita dos frutos para a sua viabilização comercial.

Palavras-chave: variedade, estufa, conservação

EVALUATION OF MELON CULTIVARS (*Cucumis melo* L.) IN PROTECTED ENVIRONMENT

ABSTRACT - Five cultivars of different types of melon (*Cucumis melo* L.) were evaluated in protected environment in vertical training system, with fertilization and irrigation by dropping, during summer time. The results showed that production of the cultivars was similar, with significant differences in the number and weight of fruits. A negative correlation between number of fruits and fruit weight was observed. The cultivar of cantaloupe type and the cultivars of galia type exhibited low conservation after harvest, confirming the need of an accurate system for identification of harvest point to allow fruit commercialization.

Key words: cultivars, greenhouse, conservation

¹Engenheiro Agrônomo, Doutor Pesquisador da FEPAGRO/Laboratório de Fitopatologia, Rua Gonçalves Dias 570, Bairro Menino Deus, CEP 90130-060, Porto Alegre/RS. E-mail: pfeifer@fepagro.rs.gov.br. Autor para correspondência

²Engenheiro Agrônomo, MSc. Pesquisador da FEPAGRO/Centro de Pesquisa de Agroindústria, Caxias do Sul/RS

³Engenheiro Agrônomo, Doutor Pesquisador da FEPAGRO/Laboratório de Agrometeorologia, Porto Alegre/RS

⁴Biólogo, Doutor Professor da UCS/Instituto de Biotecnologia, Caxias do Sul/RS

⁵Engenheiro Agrônomo, MSc. Professor da UFRGS/Departamento de Fitossanidade, Porto Alegre/RS

Recebido para publicação em 01-01-2002

INTRODUÇÃO

O melão (*Cucumis melo* L.) apresenta grande diversidade de variedades botânicas (WHITAKER e DAVIS, 1962), tais como: *C. melo* var. *inodorus*, *C. melo* var. *cantalupensis*, *C. melo* var. *reticulatus*, *C. melo* var. *saccharinus*, *C. melo* var. *flexuosus*, *C. melo* var. *conomon*, entre outras.

Do ponto de vista econômico, as mais importantes são *C. melo* var. *inodorus*, *C. melo* var. *cantalupensis*, *C. melo* var. *saccharinus* e *C. melo* var. *reticulatus*, assim como formas híbridas entre essas subespécies (NUEZ et al., 1996). Assim sendo, apesar da existência das classificações intraespecíficas de *C. melo*, de um ponto de vista prático, tem sido atualmente considerados uma série de “tipos” que procuram refletir a realidade do mercado, e cuja separação se baseia fundamentalmente nas características do fruto. Entre os tipos se destacam: Amarelo, Pele de Sapo, Cantalupo, Rochet, Tendral e Branco (NUEZ et al., 1996).

O melão amarelo ou valenciano, de origem espanhola é o mais cultivado no Brasil, principalmente em São Paulo, vale do São Francisco e sul do Pará. O cultivar mais plantado é a ‘Valenciano Amarelo CAC’ de frutos globulares alongados, casca fina, mas resistente, com rugas longitudinais e cor amarela. A polpa é espessa, branca, macia, apresentando um excesso de sementes. O cultivar ‘Valenciano verde’, muito apreciado na Europa devido ao seu sabor pronunciado e boa durabilidade, é pouco plantado no Brasil. De um modo geral, o melão valenciano apresenta boa resistência ao transporte, uma das suas grandes vantagens (FERREIRA et al., 1982).

Os cantalupes de origem americana são pouco cultivados no Brasil devido à sua baixa resistência ao transporte e má conservação pós-colheita. Apresentam casca rendilhada, cor externa palhosa e polpa espessa de cor salmão. São frutos de fina qualidade e sabor (FERREIRA et al., 1982; GRANGEIRO et al., 1999).

Além destes, os melões do tipo Gália, de polpa verde e casca amarela com aroma e sabor característicos, e os melões do tipo Ananás, de casca reticulada de cor amarela, muito doces e de aroma penetrante, porém de curta vida pós-colheita, vem sendo considerados como de alto potencial (HECHT, 1993).

Apesar de não ser um grande produtor de melão, o Rio Grande do Sul apresenta um excelente potencial para o cultivo desta fruta, especialmente, de cultivares do tipo Cantalupo e Gália pouco exploradas em outras regiões do país, e muito apreciadas pelo aroma e sabor particulares.

Os cultivos de melão em estufas vem se difundindo devido às vantagens destes sobre os cultivos a campo no que diz respeito à produtividade, polinização, sanidade e comercialização. Em geral, o cultivo em estufas tem permitido aumentos de produtividade da ordem de 50 a 100% em relação aos cultivos rasteiros, com aumento da percentagem de frutos tipo exportação. Em estufas, de um modo geral, é recomendada a condução vertical, utilizando-se cordas de ráfia como tutores (ARGALL e STEWART, 1988).

A disponibilidade de uma enorme quantidade de materiais comerciais de melão, com características agrônômicas, organolépticas e mercadológicas distintas, justifica a realização de ensaios de competição de cultivares em distintos sistemas de plantio e condições, na busca de cultivares adequados para cada sistema de plantio, nas diferentes regiões agroecológicas.

O presente trabalho teve como objetivo o estudo do comportamento de cinco cultivares de melão em ambiente protegido, cultivados na região da Encosta Superior da Serra do Nordeste do Rio Grande do Sul, com sistema de irrigação e adubação por gotejamento e condução vertical em haste única.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no Centro de Pesquisa de Agroindústria de Caxias do Sul, da Fun-

dação Estadual de Pesquisa Agropecuária - FEPAGRO, no período de novembro de 1996 a fevereiro de 1997. Foi avaliado o comportamento dos cultivares Gália (Zeraim Gedera, Israel); Galeão (Petosed/Topseed, USA), do tipo gália; Hy Mark (Petoseed/Topseed, USA) do tipo cantalupe; Gold Mine (Petoseed/Topseed, USA) do tipo amarelo ou valenciano, e Shipper (Petoseed/Topseed, USA), do tipo pele de sapo.

A semeadura foi realizada no dia 12 de novembro, em bandejas com células de 2,5 x 2,4 x 6,0 cm, contendo substrato comercial e germinadas em estufa plástica com irrigação por aspersão. As mudas com 23 dias foram transplantadas para o local definitivo.

O cultivo foi realizado em estufa de 400 m² (40x10 m), com 3 m de pé direito, coberta com filme plástico de PVC 300 micras de espessura, com tela antiinseto de malha com 50 mesh nas laterais. O espaçamento utilizado foi de 1,33 m entre linhas e 0,3 m entre plantas. Os tratamentos constituíram-se dos cinco cultivares, Gália, Galeão, Hy Mark, Gold Mine e Shipper. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com quatro repetições. Cada parcela de 5,985 m² foi formada por três fileiras de cinco plantas, num total de quinze plantas por parcela. Todas as plantas foram consideradas úteis.

As plantas foram conduzidas em sistema vertical de haste única, utilizando como tutores fios de ráfia. A poda dos ramos laterais foi realizada em todos os ramos secundários a partir da primeira folha após a segunda flor feminina.

A análise prévia do solo apresentou teores de matéria orgânica de 5,0%, argila 46%, pH 6,5, fósforo 9,5 mg/l e potássio 160 mg/l. A adubação de base foi de 110 kg/ha de Nitrogênio na forma de sulfato de amônio, 75 kg/ha de P₂O₅ na forma de superfosfato triplo e 75 kg/ha de K₂O na forma de cloreto de potássio.

Após o transplante das mudas, com o solo em capacidade de campo, iniciou-se a fertirrigação diária de forma a manter a condição hídrica. A

umidade do solo foi monitorada por tensiômetros dispostos a 0,2 m e 0,4 m de profundidade, localizados a 0,1 m de distância da linha de gotejadores.

Através de fertilização por gotejamento autocompensado pelo sistema de venturi, foram adicionados, ao longo do período de 112 dias de cultivo, 190 kg/ha de Nitrogênio, 195 kg/ha de P₂O₅ e 270 kg/ha de K₂O, na forma de adubos solúveis com micronutrientes (marca Peters) nas formulações 9-45-15 na fase inicial do transplante à floração, 15-5-15, 20-5-30 e nitrato de cálcio nas demais fases de desenvolvimento.

A aplicação de água pelos gotejadores foi concomitante com a aplicação dos fertilizantes nas concentrações de 1 a 1,5 g de adubo por litro de água, de modo a manter a condutividade elétrica na solução do solo (monitorada por condutivímetro). O consumo total de água do transplante à colheita foi de 2x10⁶ litros/ha.

A estufa com tela antiinsetos foi mantida com as janelas laterais abertas durante o dia e sempre que a temperatura noturna fosse superior a 16 °C.

O ponto de colheita dos frutos foi definido com base na coloração da casca e na concentração de sólidos solúveis (Brix), que variou com o cultivar (9 a 13 °B). Os frutos foram contados, pesados e colocados em prateleiras à temperatura ambiente (média de 20 °C), para avaliação de sua conservação no pós-colheita.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No período de 112 dias de cultivo, com início em 05 de dezembro de 1996, a temperatura média dentro da estufa, calculada de acordo com o sistema adotado pelo INEMETRO/MAPA, foi de 22,93 °C, enquanto que a temperatura ambiente externa média foi de 19,96 °C. Estas diferenças estão principalmente associadas às temperaturas máximas, que foram em média 7,28 °C superiores dentro da estufa. O aumento da temperatura

determina, no caso do melão, modificações no desenvolvimento e maturação dos frutos, já que os mesmos estão condicionados à soma térmica efetiva (graus/dia) com temperatura base inferior de 12 °C (WHITAKER e DAVIS, 1962).

Nas condições experimentais adotadas, os cinco cultivares avaliados apresentaram bom desenvolvimento vegetativo, atingindo de 2 a 3 m de altura, com excelente sanidade, não sendo necessárias aplicações de defensivos durante o cultivo.

Os resultados apresentados na Tabela 1 e Figura 1 mostram que os cinco cultivares avaliados apresentaram produtividades semelhantes nas condições de cultivo adotadas, sendo a mesma da ordem de 69,9 t/ha, com uma produção por planta de 2,79 kg. Esta produção, considerada média, está associada principalmente ao tipo de condução adotado. Na condução em haste única, após a polinização dos primeiros 2 a 3 frutos, o crescimento dos ramos secundários fica interrompido e os frutos posteriormente amarelam e caem. Somente após o enchimento dos primeiros frutos é que se desenvolve o segundo nível de frutificação, e assim sucessivamente (HECHT, 1993).

Tabela 1. Média do número de frutos por planta, peso de frutos por planta, peso médio do fruto e produção.

Cultivar	Nº de Frutos/Planta	Frutos (g)/Planta	Peso Médio do Fruto (g)	Produção (t/ha)
1. Gália	1,92 b	2673,75 a	1405,75 a	67,0 a
2. Galeão	2,27 ab	2853,00 a	1256,75 a	71,5 a
3. High Mark	2,92 a	2718,75 a	935,75 b	68,2 a
4. Gold Mine	2,27 ab	2915,50 a	1283,00 a	73,0 a
5. Shipper	1,97 b	2781,50 a	1410,25 a	69,7 a

¹ Letras distintas indicam diferenças significativas (P>0,05) pelo teste de Tukey

Diferenças significativas foram observadas quanto ao número de frutos por planta e o peso de frutos. Neste sentido sobressai o cultivar 'Hy Mark' com uma média de 2,92 frutos por planta, enquanto que o cultivar 'Gália' apresentou somente 1,92 frutos por planta. Como pode ser observado na Tabela 1 e na Figura 2, existe uma

correlação negativa entre o número de frutos por planta e o peso do fruto, independente da produtividade. Assim sendo, o cultivar 'Hy Mark' produziu frutos com peso médio de 935,75 g, enquanto os cultivares 'Gália' e 'Shipper' apresentaram frutos com peso médio 1,4 kg.

Considerando a importância do aspecto do fruto para comercialização, o tamanho, deve ser levado em consideração na escolha dos cultivares. Plantas que produzem maior número de frutos apresentam como vantagem a flexibilidade adaptativa já que de um modo geral, plantas prolíficas mesmo em condições adversas são capazes de produzir uma quantidade considerável de frutos, enquanto que as plantas de baixa prolificidade tendem a não frutificar.

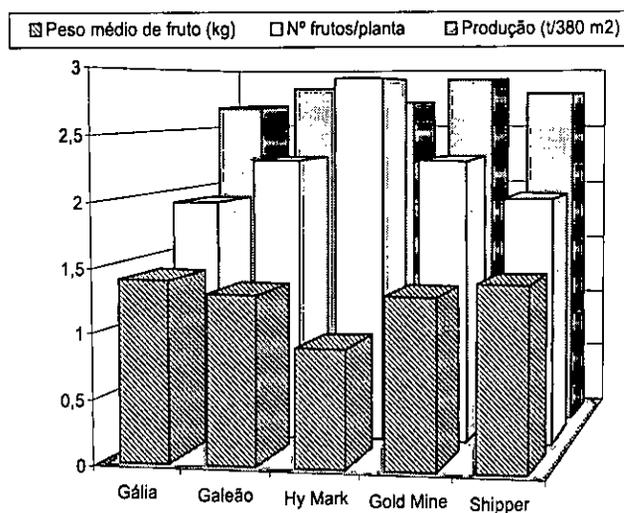


Figura 1. Valores médios de peso de fruto (kg), número de frutos por planta e produção (t/380 m²) dos cultivares de melão Gália, Galeão, Hy Mark, Gold Mine e Shipper.

Com respeito ao fruto, os cultivares 'Gália' e 'Hy Mark' apresentaram excelente rendimento, característica desejável em melões cantalupe. O cultivar 'Hy Mark' se destacou em termos de aproveitamento da polpa. Todos os cultivares testados apresentaram polpa espessa, destacando-se os cultivares 'Gália' e 'Galeão'. Como relatado

em diversos trabalhos (FERREIRA et al., 1982; NUEZ et al., 1996), o melão do tipo cantalupe 'Hy Mark', de modo geral, também apresentou aroma e sabor superiores aos outros cultivares testados. As variedades Gália e Galeão, também apresentaram boas qualidades organolépticas.

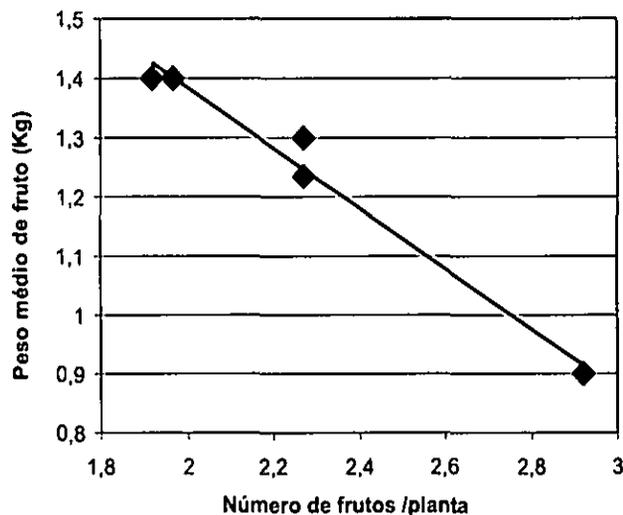


Figura 2. Representação gráfica da correlação entre o número de frutos por planta e o peso médio de frutos ($R^2 = 0,9917$).

Quanto à conservação dos frutos o cultivar Hy Mark apresentou período menor que 5 dias, considerado baixo; os cultivares Gália e Galeão, por outro lado, apresentaram boa conservação durante 5 a 7 dias e os cultivares Gold Mine e Shipper, um período superior a 15 dias. Cabe ressaltar, que no caso particular do cultivar Shipper, não foi possível encontrar o ponto de colheita, pois este material apresentou baixo teor de sólidos solúveis totais e consistência muito firme dando aspecto de verde. Estas observações confirmam aquelas relatadas por NUEZ et al. (1996) como características de cada tipo de melão. Por outro lado, sendo o melão um fruto geralmente climatérico, o tempo de conservação é função do ponto de colheita. Assim sendo, é fundamental a determinação precisa do mesmo, a qual, segundo VIEIRA (1984), pode ser baseada em critérios visuais (cor da casca), físicos (firmeza e absisão), químicos (sólidos solúveis) ou mesmo

fenológicos, os quais podem mudar segundo o tipo de melão ou o cultivar. Deve-se considerar também, que o manejo da água de irrigação e controle da umidade do solo por tensiômetros, possui a capacidade de concentrar a maturação e colheita de melões, além de poder elevar o conteúdo de sólidos solúveis totais bem como o de melhorar suas características organolépticas (PEDROSA, 1992; BRASIL et al., 1998; AZEVEDO et al., 1999).

Novas tecnologias de conservação, tais como a utilização de temperatura e atmosfera controladas e absorventes de etileno, podem determinar diferenças significativas no tempo de conservação (AHARONI et al., 1993), viabilizando a produção de cultivares como Hy Mark e Gália.

CONCLUSÕES

Nas condições em que foi realizado o experimento pode-se concluir que:

Há uma relação inversa entre o peso do fruto e o número de frutos por planta, para o cultivo de melões.

Entre os cultivares avaliados, não houve diferença significativa na produção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARGALL, J.K.; STEWART, K.A. Technologies for the culture of melon in marginal growing regions. *Proc. Agr. Plastics Congr.* v. 21, p. 127-132. 1988.
- AZEVEDO, P.V.; ALVES, A.V. Efeito do conteúdo de água no solo sobre o desenvolvimento e produtividade da cultura do meloeiro. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v.7, n.1, p.25-29. 1999.
- AHARONI, Y.; COPEL, A.; FALLIK, E. Storing 'Galia' melons in a controlled atmosphere with ethylene absorbent. *Hortiscience*, v. 28, p. 725-726. 1993.
- BRASIL, R.F.; PRAÇA, E.F.; MENEZES, J.B.; et al. Qualidade do melão 'Hy-mark' em cinco estádios de maturação. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.16, n.2, p.165-167. 1998.

- FERREIRA, F.A.; PEDROSA, J.F.; ALVARNGA, M.A.R. Melão: cultivares e métodos Culturais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 8, p. 26-28, 1982.
- GRANGEIRO, L.C.; PEDROSA, J.F.; BEZERRA NETO, F.; et al. Rendimento de híbridos de melão amarelo em diferentes densidades de plantio. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.17, n.3, p.200-206, 1999.
- HECHT, D. Cultivo del melón. In: **Producción de hortalizas en diferentes condiciones ambientales**. Shefayim, Israel, 1993 p. 1-19.
- NUEZ, F.; PROHENS, J.; IGLESIAS, A.; FERNANDES DE CORDOBA, P. **Catálogo de semillas de melón**. Universidad Politécnica de Valencia, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid, 1996. 220 p.
- PEDROSA, J.F. **Cultura do melão**. Mossoró: Escola Superior de Agricultura de Mossoró – ESAM, 1992. 35p.
- VIEIRA, G. Índices de maturação para melão (*Cucumis melo* L.) In: HEREDIA, M.C.V.; CASALI, V.W.D. **Seminários de Olericultura**, Viçosa, MG, 1984, v.10, p.48-67.
- WHITAKER, T.W.; DAVIS, G.N. **Cucurbits: botany, cultivation and utilization**. London, Leonard Hill, 1962. 250 p.

TOLERÂNCIA DE ESTIRPES DE *Bradyrhizobium* sp. A DIFERENTES HERBICIDAS¹

DÉRCIO SCHOLLES², FERNANDO GUSTAVO MOHRDIECK³, LUCIANO KAYSER VARGAS⁴

RESUMO - A aplicação de herbicidas pode afetar a microbiota do solo como um todo e, mais especificamente, as bactérias do gênero *Bradyrhizobium*, responsáveis pelo processo de fixação biológica do nitrogênio em simbiose com a soja. Em função de sua variabilidade genética, as estirpes de *Bradyrhizobium* podem apresentar diferenças na sensibilidade aos diversos herbicidas utilizados na cultura da soja. Com o objetivo de testar a sensibilidade de diferentes estirpes de *Bradyrhizobium*, foram realizados dois estudos em laboratório. Em um primeiro estudo, avaliou-se a tolerância de 15 estirpes de *Bradyrhizobium* aos glifosato e atrazina, utilizando-se o método da placa inclinada. No outro estudo, avaliou-se a tolerância das estirpes a doses extremas de oito herbicidas adicionados em doses crescentes ao meio de cultura LMÁ. O efeito dos herbicidas metolachlor e imazaquin sobre populações de rizóbios estabelecidas em solo foi verificado em um terceiro estudo, realizado em casa de vegetação. Os resultados obtidos variaram com a metodologia empregada, sendo o método da placa inclinada mais limitado do que o método de adição de doses crescentes de herbicidas em meio de cultura sólido. Dentre as estirpes avaliadas, SEMIA 586, SEMIA 587, SEMIA 5019 e SEMIA 5061 foram as mais tolerantes, enquanto SEMIA 5039 e SEMIA 5074, as mais sensíveis aos herbicidas utilizados. A aplicação dos herbicidas metolachlor e imazaquin no solo, mesmo em uma dose cinco vezes superior à recomendada, não afetou a densidade populacional das estirpes recomendadas SEMIA 587 e SEMIA 5079 previamente estabelecidas.

Palavras-chave: *Rhizobium*; bactéria, herbicida.

TOLERANCE OF *Bradyrhizobium* sp. STRAINS TO DIFFERENT HERBICIDES

ABSTRACT - The use of herbicides may affect soil microorganisms as a whole and, more specifically, bacteria belonging to the genus *Bradyrhizobium*, responsible for nitrogen fixation in soybean. Due to their genetic variability, *Bradyrhizobium* strains could show different degrees of sensibility to herbicides used in soybean crops. In order to examine the sensibility of different *Bradyrhizobium* strains to herbicides, two assays were conducted under laboratory conditions. In the first assay, the tolerance of 15 *Bradyrhizobium* strains to glyphosate and atrazine was tested by the gradient plate technique. In the other assay, the *Bradyrhizobium* strains tolerance to extreme concentration of herbicide was examined by adding increasing herbicide dosages to YMA media. The effect of the herbicides metolachlor and imazaquin on established soil populations of *Bradyrhizobium* strains was assessed on a third assay, conducted in greenhouse. The results obtained varied, depending on the methodology used, being the gradient plate technique more limited than the method of addition of increasing dosages to YMA media. Among the analyzed strains, SEMIA 586, SEMIA 587, SEMIA 5019 e SEMIA 5061 were more tolerant, while SEMIA 5039 and SEMIA 5074 were more sensitive. The use of metolachlor and imazaquin in soil, even in rates 5 times the recommended field use rates, had no effect on the density of previously established populations of recommended *Bradyrhizobium* strains SEMIA 587 e SEMIA 5079.

Key words: *Rhizobium*; bacterium, herbicide.

¹Parte da Dissertação de Mestrado apresentada pelo segundo autor à Universidade Federal do Rio Grande do Sul para a obtenção do título de Mestre em Microbiologia Agrícola e do Ambiente

²Eng. Agr., MSc., Departamento de Solos, UFRGS, Caixa Postal 776, CEP 90001-970, Porto Alegre-RS

³Eng. Agr., MSc., FEPAM, Rua Carlos Chagas, 55 - 5º andar, 90030-020, Porto Alegre, RS

⁴Eng. Agr., Dr., FEPAGRO, Rua Gonçalves Dias, 570, CEP 90130-060, Porto Alegre - RS

Recebido para publicação em 14-11-2002

INTRODUÇÃO:

A aplicação de herbicidas é uma prática usual na cultura da soja, principalmente no sistema de plantio direto. A aplicação de tais produtos, mesmo nas doses recomendadas, traz, entre outros riscos, a possibilidade de afetar outros organismos que não a população alvo (ECHEVERRIGARAY et al., 1999).

Os microrganismos do solo estão entre as populações que podem ser afetadas indevidamente pelo uso de herbicidas, comprometendo processos biológicos importantes. Grupos de microrganismos benéficos, como as microrrizas e os rizóbios, podem ser prejudicados (ABD-ALLA et al., 2000), sendo esses últimos fundamentais para a cultura da soja, que depende do processo de fixação biológica do nitrogênio. Os prejuízos da aplicação de herbicidas sobre o processo de fixação do nitrogênio podem ser decorrentes de efeitos sobre a leguminosa, sobre o rizóbio ou sobre a simbiose rizóbio-leguminosa (ARRUDA et al., 2001).

A avaliação da ação direta do herbicida sobre o rizóbio é, muitas vezes, dificultada pela associação do microssimbionte com a planta hospedeira. Para contornar esse obstáculo, têm sido realizados estudos com culturas puras, cultivadas em meio de cultura contendo o herbicida (KAPUSTA e ROUWENSHORST, 1973; SINGH e WRIGHT, 2002). A composição do meio, no entanto, influencia a sensibilidade do rizóbio aos herbicidas. Em meio sólido, a sensibilidade é atenuada, em comparação ao meio líquido, possibilitando o desenvolvimento da estirpe em concentrações mais elevadas de herbicida (ROSLYCKY, 1985). A maior sensibilidade das estirpes em meio líquido parece ser devida à maior solubilidade e difusão do produto no meio, levando a um maior contato com a bactéria. Independentemente do meio de cultura utilizado, os testes *in vitro* não reproduzem as condições de campo, uma vez que eliminam as interações entre os organismos, o solo e os herbicidas. Em função disso, como alternativa ou complemento aos ensaios em laboratório, pode-se analisar a população de rizóbios em solo

tratado com herbicida, através de contagens em meio seletivo (MOORMAN, 1986) ou da determinação do número mais provável por infecção em plantas (KAPUSTA e ROUWENSHORST, 1973).

O presente trabalho teve como objetivo testar a sensibilidade de diferentes estirpes de *Bradyrhizobium* a herbicidas por meio de experimentos *in vitro*, realizados em laboratório, ou com amostras de solo.

MATERIAL E MÉTODOS

Para avaliar a tolerância de estirpes de *Bradyrhizobium* sp. a herbicidas, foram realizados dois estudos em laboratório. Em ambos, foram testadas as estirpes SEMIA 527, SEMIA 566, SEMIA 586 (= CB 1809), SEMIA 587, SEMIA 5019 (= 29 W), SEMIA 5020 (= J 5030), SEMIA 5025 (= TAL 411, THA 3), SEMIA 5039, SEMIA 5061 (= INPA 037), SEMIA 5069 (= 8 W), SEMIA 5070 (= 74 K), SEMIA 5072 (= NC 1005), SEMIA 5073 (= NC 1005 ERY/SPC/A-1), SEMIA 5074 (= USDA 123 ERY/SPC/A-1) e SEMIA 5079 (= CPAC 15, DF 24), pertencentes à Coleção de Culturas de Rizóbio SEMIA da Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária/Microbial Resources Centres. O efeito dos produtos sobre a sobrevivência do rizóbio no solo foi avaliado em um terceiro estudo, realizado em casa de vegetação.

Estudo 1 - Tolerância de *Bradyrhizobium* sp. a herbicidas: foi avaliada *in vitro* pelo método da placa inclinada (SZYBALSKI, 1952). As placas de Petri foram inclinadas e, posteriormente, receberam 20 mL de meio LMA (SOMASEGARAM e HOBEN, 1985). Após a solidificação dessa camada de meio de cultura, a placa foi disposta horizontalmente, recebendo, a seguir, 20 mL de meio LMA contendo o herbicida a ser estudado. O processo de difusão do produto para a camada inferior possibilitou a formação de um gradiente de concentração na placa. Nesse estudo, foram utilizados os herbicidas atrazina e glifosato,

adicionados ao meio LMA na concentração de 1 000 µL/L.

Em cada placa, foram inoculadas cinco estirpes. A inoculação foi feita, com o auxílio de alça de platina, no sentido da menor para a maior concentração. As placas foram incubadas por oito dias a 28 °C, realizando-se a avaliação visual após esse período. Foram consideradas resistentes as estirpes que cresceram até o extremo da placa com maior concentração, moderadamente resistentes as que cresceram até a metade da placa e sensíveis as que apresentaram crescimento apenas no setor com menor concentração de herbicida.

Estudo 2 – Tolerância de estirpes de *Bradyrhizobium* a concentrações extremas de herbicidas: as 15 estirpes de *Bradyrhizobium* foram testadas quanto à sua tolerância a concentrações extremas de herbicidas. Nesse estudo foram utilizados os herbicidas trifluralina (44,5 % de ingrediente ativo), glifosato (48 % i. a.), imazaquin (15 % i. a.), atrazina (50 % i. a.), alaclor (48 % i. a.), metolacoloro (72 % i. a.), metribuzin (48 % i. a.) e linuron (50 % i. a.), todos em suas formulações comerciais. Os tratamentos consistiram na adição de cada herbicida, em doses crescentes, a placas de Petri contendo meio LMA sólido. Aplicaram-se as doses de 50, 100, 200, 500, 1 000, 2 000 e 3 000 µL/L, com duas repetições por tratamento. Após um período de oito dias de incubação a 28 °C, verificou-se o crescimento ou não do rizóbio na placa.

Estudo 3 - Efeito de herbicidas sobre as populações de *Bradyrhizobium* sp. do solo: o efeito da aplicação de herbicidas sobre populações estabelecidas de *Bradyrhizobium* foi avaliado pelo método de diluição e infecção em plantas e estimativa do número mais provável (NMP) (SOMASEGARAM e HOBEN, 1985).

Foram avaliadas as populações de rizóbio das estirpes recomendadas SEMIA 587 (*B. elkanii*) e SEMIA 5079 (*B. japonicum*), estabelecidas no solo de vasos que haviam sido utilizados em um experimento anterior para o cultivo de soja. As estirpes haviam sido inoculadas, em vasos distintos, a

um Argissolo Vermelho-Amarelo, originalmente isento de rizóbios capazes de nodular soja. Os tratamentos usados consistiram da aplicação do herbicida imazaquin ou do metolacoloro, nas doses recomendada (1x) e cinco vezes maior (5x), aos vasos com população estabelecida de cada uma das estirpes. Como testemunha, utilizaram-se vasos sem a aplicação dos herbicidas. O experimento foi conduzido sob um delineamento experimental completamente casualizado, com três repetições para cada tratamento.

As sementes de soja, utilizadas para avaliar a infecção em plantas, foram desinfestadas com álcool 90% por 2 minutos e bicloreto de mercúrio 0,1% (p/v) pelo mesmo tempo, sendo feitas seis lavagens posteriores com água destilada estéril. As sementes foram postas a germinar em papel *germitest* em estufa a 26 °C, até a obtenção de plântulas. Essas foram dispostas duas a duas em bolsas de polietileno contendo papel *germitest* e 150 mL de solução nutritiva sem nitrogênio (SPECHT et al., 1956). As bolsas foram ordenadas em estantes de madeira com suportes de arame.

A coleta das amostras de solo dos vasos para a realização das diluições ocorreu 15 dias após a aplicação dos herbicidas. Com o auxílio de uma espátula, retiraram-se, de cada vaso, 100 g de solo a 20 cm de profundidade. A partir dessas amostras, foram coletadas sub-amostras de 10 g, as quais foram diluídas em série decimal, com diluições entre 10^{-2} e 10^{-8} . Alíquotas de 1,0 mL de cada diluição foram inoculadas em cada bolsa, 5 dias após a colocação das plântulas. O teste do NMP foi realizado com quatro repetições por diluição.

Como controle, foram usadas bolsas com plântulas não inoculadas e outras inoculadas com as estirpes SEMIA 587 e SEMIA 5079. Após a primeira rega, a solução nutritiva foi utilizada com 50% de sua concentração.

As estantes foram colocadas em casa de vegetação e a avaliação efetuada após 45 dias, sendo verificada a presença ou ausência de nodulação.

A estimativa da população de *Bradyrhizobium* foi feita com o uso da tabela de Fisher e Yates (SOMASEGARAM e HOBEN, 1985) a partir do número de amostras positivas para a presença de nódulos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

Estudo 1 - Tolerância de *Bradyrhizobium* sp. a herbicidas: a avaliação realizada pelo método da placa inclinada indicou uma grande variação na sensibilidade das 15 estirpes aos herbicidas (Tabela 1). Apenas a estirpe SEMIA 5069 cresceu até a maior concentração nos dois herbicidas. Por outro lado, as estirpes SEMIA 5020, SEMIA 5070, SEMIA 5072 e SEMIA 5074 cresceram apenas na região com menor concentração nos gradientes, tendo sido sensíveis aos dois herbicidas. Já as estirpes SEMIA 527 e SEMIA 5025 apresentaram resistência a atrazina e sensibilidade a glifosato, enquanto a estirpe SEMIA 5073 apresentou um comportamento inverso.

Resultados semelhantes foram obtidos por ROSLYCKY (1985), que observou diferenças na tolerância a doses de paraquat entre estirpes de *Bradyrhizobium*. A variabilidade na tolerância de rizóbios a compostos xenobióticos pode estar associada a características genéticas intrínsecas a cada estirpe (MALLIK e TESFAI, 1983) ou pode ser desenvolvida a partir da exposição a algum composto, induzindo a formação de mutantes resistentes (ROSLYCKY, 1985). A formação de mutantes que apresentam resistência múltipla a metais, antibióticos e compostos orgânicos está, geralmente, associada a plasmídeos (AHMAD et al., 2001).

A tolerância de algumas estirpes à atrazina também pode ser devida à decomposição da molécula por parte dos rizóbios. Algumas espécies de *Rhizobium* (BOUQUARD et al., 1997) e de *Agrobacterium* (STRUTHERS et al., 1998), gêneros próximos ao *Bradyrhizobium*, mostraram-se capazes de degradar a molécula de atrazina. Consi-

derando-se que os genes que codificam as enzimas responsáveis pelas diversas etapas da degradação de atrazina encontram-se distribuídos em diversos gêneros e espécies (BOUQUARD et al., 1997), é possível que haja ao menos algumas estirpes de *Bradyrhizobium* capazes de proceder a degradação do herbicida.

O herbicida glifosato, por sua vez, inibe a síntese de aminoácidos aromáticos, tendo, portanto, a sua ação revertida pela adição de tais aminoácidos ao

Tabela 1 . Avaliação da tolerância de estirpes de *Bradyrhizobium* sp. aos herbicidas glifosato e atrazina pelo método da placa inclinada

Estirpes	Herbicidas	
	Glifosato	Atrazina
	-----1 000	μL/L -----
SEMIA 527	S 	R _____
SEMIA 566	S 	MR ... _____
SEMIA 586	MR ... _____	R _____
SEMIA 587	R _____	MR ... _____
SEMIA 5019	R _____	MR ... _____
SEMIA 5020	S 	S
SEMIA 5025	S 	R _____
SEMIA 5039	S 	MR ... _____
SEMIA 5061	R _____	MR ... _____
SEMIA 5069	R _____	R _____
SEMIA 5070	S 	S
SEMIA 5072	S 	S
SEMIA 5073	R _____	S
SEMIA 5074	S 	S
SEMIA 5079	MR ... _____	MR ... _____

R |_____| = Resistente: crescimento em todo o gradiente:

MR |... _____| = Moderadamente resistente: crescimento até a metade do gradiente:

S |.....| = Sensível: crescimento no início do gradiente.

meio (PLINE et al., 2001). O extrato de levedura, presente no meio LMA, poderia, em alguns casos, ter suprido os rizóbios com os aminoácidos necessários, revertendo a ação do glifosato (MOORMAN, 1986).

O método da placa inclinada, apesar de seu uso tradicional, mostrou-se problemático em vários aspectos de ordem prática. A formação de gradientes de concentração homogêneos entre as placas pode ser prejudicada por irregularidades no formato das placas, pela maneira como as camadas de meio de cultura são adicionadas ou pela taxa de difusão do herbicida no meio, o que pode interferir nos resultados obtidos. Além disso, a avaliação visual, com atribuição de classes, é subjetiva, pois considera, como indicativo de crescimento, o resultado da multiplicação celular somado com a produção de goma (TRANNIN et al., 2001). Outro inconveniente do método é o fato de não definir com exatidão a concentração tolerada pela estirpe.

Estudo 2 – Tolerância de estirpes de *Bradyrhizobium* a concentrações extremas de herbicidas: a exemplo do verificado no estudo anterior, houve uma grande variabilidade entre as estirpes em relação à tolerância aos oito herbicidas. (Figura 1). A estirpe SEMIA 5074 mostrou-se bastante sensível aos herbicidas, tal como indicava o método da placa inclinada. Essa estirpe, juntamente com a SEMIA 5039, geralmente cresceu em doses mais baixas do que a maioria das estirpes.

Nesse segundo estudo, no entanto, não foi confirmada a tolerância das estirpes SEMIA 587, SEMIA 5019 e SEMIA 5069 a doses elevadas do herbicida glifosato. Dentre essas, a estirpe SEMIA 587 foi a que apresentou maior tolerância, crescendo até a dose de 500 mL/L, metade da concentração máxima utilizada no estudo anterior. Apenas SEMIA 5061 e SEMIA 5073 confirmaram a tolerância ao herbicida, crescendo até as concentrações de 3 000 e 2 000 μ L/L, respectivamente. Tais diferenças entre os dois métodos não foram tão evidentes para o herbicida atrazina. Isso

parece indicar que, no método da placa inclinada, há uma maior dificuldade na formação de gradientes de concentração do herbicida glifosato, possivelmente em função de suas características de difusão no meio. As estirpes SEMIA 5019, SEMIA 586, SEMIA 587 e SEMIA 5061 mostraram-se as mais tolerantes, sendo que as três últimas apresentaram crescimento em todos os herbicidas. A estirpe SEMIA 5019 não apresentou crescimento apenas no meio contendo glifosato.

Pode-se perceber que as estirpes recomendadas SEMIA 587, SEMIA 5019 e SEMIA 5079 apresentaram tolerância elevada a herbicidas comumente utilizados na cultura da soja, como trifluralina e imazaquin, tendo crescido pelo menos até a concentração 2 000 μ L/L desses herbicidas. No entanto, quando expostas ao herbicida alaclor, o qual também é comumente utilizado na cultura da soja, as estirpes SEMIA 587 e SEMIA 5019 apresentaram tolerância apenas até a dose de 200 μ L/L, enquanto a SEMIA 5079 não apresentou crescimento mesmo na dose mais baixa. Esse resultado indica a necessidade de cautela no uso desse herbicida, embora a concentração tolerada pelas estirpes SEMIA 587 e SEMIA 5019 tenha sido mais elevada do que as que normalmente ocorrem no solo.

Dentre os herbicidas estudados, metolacoloro apresentou o maior grau de toxidez, seguido, na ordem, por alaclor, metribuzin, glifosato, atrazina, trifluralina e imazaquin. O efeito tóxico do metolacoloro impede a divisão celular e o crescimento dos microrganismos, em função de sua ação sobre a síntese protéica, a atividade enzimática e a eficiência respiratória (ECHEVERRIGARAY et al., 1999). No caso do metolacoloro, o bloqueio da síntese protéica não pode ser revertido pela adição de aminoácidos ou pela utilização do extrato de levedura, como ocorre com o glifosato, uma vez que o herbicida impede a absorção dos aminoácidos, e não a sua incorporação à proteína (ECHEVERRIGARAY et al., 1999).

A observação de que os herbicidas derivados de amidas e acetanilidas, metolacoloro e alaclor, foram

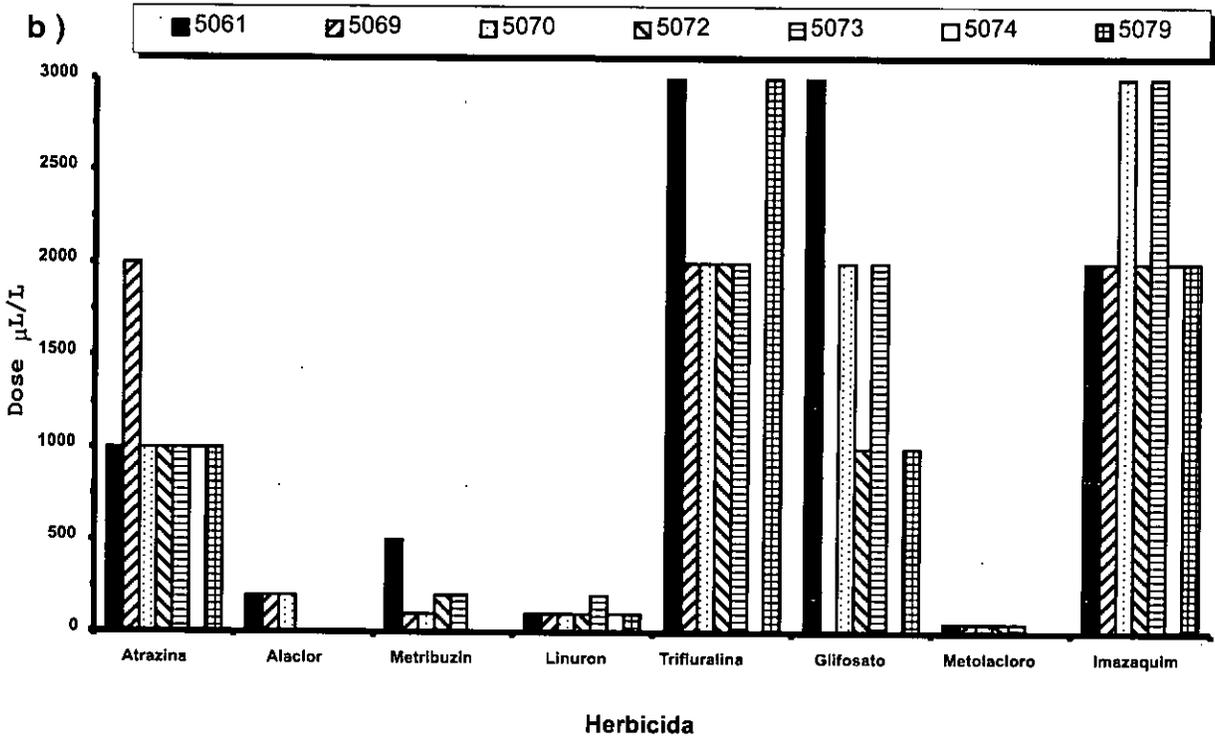
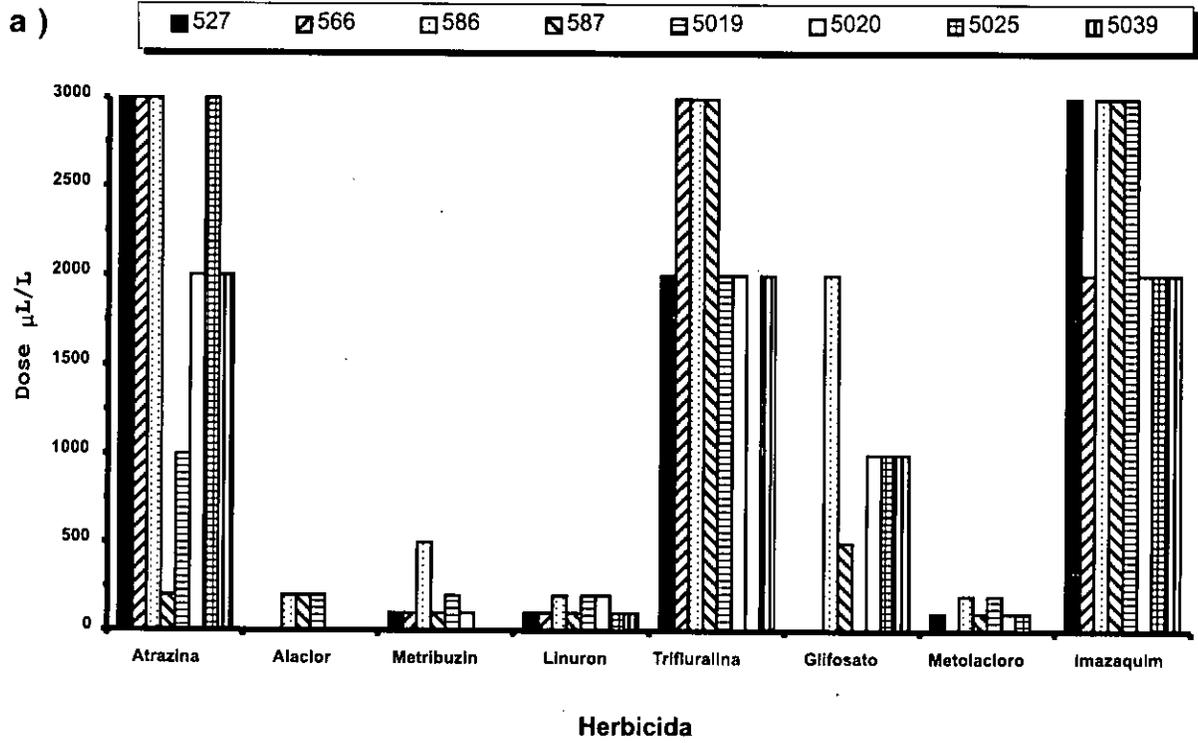


Figura 1 . Tolerância das estirpes de *Bradyrhizobium sp.* SEMIA 527, SEMIA 566, SEMIA 586, SEMIA 587, SEMIA 5019, SEMIA 5020, SEMIA 5025, SEMIA 5039 (a), SEMIA 5061, SEMIA 5069, SEMIA 5070, SEMIA 5072, SEMIA 5073, SEMIA 5074 e SEMIA 5079 (b) a herbicidas em diferentes concentrações, avaliada por crescimento em meio de cultura levedura-manitol-ágãr

os mais tóxicos difere dos resultados obtidos por MALLIK e TESFAI (1983). Os autores encontraram maior efeito tóxico de trifluralina sobre *Bradyrhizobium japonicum*, em comparação com alaclor. Esses resultados divergentes podem ser devidos às estirpes diferentes utilizadas nos experimentos ou à metodologia empregada. Aqueles autores mediram o halo de inibição em meio sólido, método que pode ser influenciado pela solubilidade do herbicida, influenciando na concentração de herbicida que entra em contato com o rizóbio. O herbicida trifluralina, usado pelos autores, pode ter se difundido mais através do meio de cultura do que o alaclor, produzindo um halo de inibição maior, sem ser, contudo, mais tóxico.

Estudo 3 - efeito de herbicidas sobre as populações de *Bradyrhizobium* sp. do solo: Os resultados de contagem do número de células de *B. japonicum* das estirpes SEMIA 587 e SEMIA 5079, em solo submetido à aplicação de herbicidas em diferentes doses, obtidos pelo método de infecção em plantas, podem ser observados na Tabela 2. Nenhuma das causas de variação estudadas apresentou efeito significativo, pelo teste F, ao nível de probabilidade de 5%.

A aplicação dos herbicidas, mesmo em uma dose cinco vezes superior à recomendada, não afetou significativamente a população das duas estirpes. Nem mesmo o herbicida metolacolor, que havia apresentado o maior grau de toxidez quando aplicado em doses crescentes em meio de cultura, mostrou efeito sobre as populações de rizóbios. Diversos autores obtiveram resultados semelhantes em experimentos de campo, nos quais não foram constatadas alterações nas populações de rizóbios no solo (KAPUSTA e ROUWENHORST, 1973; KOOPMAN et al. 1995; SINGH e WRIGHT, 2002). Por outro lado, MOORMAN (1986) encontrou redução significativa na população do rizóbio com a aplicação de Dinoseb em dose equivalente a dez vezes a recomendada, demonstrando que alguns princípios ativos de herbicidas apresentam efeito tóxico.

As diferenças observadas entre os experimentos em laboratório e os de campo tem sido atribuídas às

Tabela 2 . Populações de estirpes de *Bradyrhizobium* sp. em solo com aplicação dos herbicidas metolacolor e imazaquin em duas doses. Médias de três repetições

Herbicidas	Doses L/ha	Estirpes	
		Semia 587	Semia 5079
		log ₁₀ n° células/g solo	
Testemunha	Zero	2,32	2,58
Imazaquin	1,0 (1x)	2,15	2,31
	5,0 (5x)	2,24	2,25
Metolacolor	3,0 (1x)	2,33	2,40
	15,0 (5x)	2,15	1,92

interações que ocorrem entre as moléculas dos herbicidas e o solo. No solo, ao contrário do ocorrido em experimentos *in vitro*, o herbicida está sujeito à dissipação por meio dos processos de fotodegradação, volatilização, lixiviação, adsorção, degradação química e degradação biológica (JAVARONI et al., 1999). Além disso, as doses aplicadas no solo, mesmo quando acima das recomendadas, são significativamente menores do que as concentrações capazes de inibir os rizóbios em meio de cultura (KAPUSTA e ROUWENHORST, 1973; SINGH e WRIGHT, 2002).

No presente experimento, a aplicação superficial do herbicida pode ter afetado mais intensamente a população de rizóbios próxima à superfície, possibilitando, em camadas subsuperficiais, uma sobrevivência de rizóbios suficiente para recompor a população em um nível capaz de garantir a nodulação. Além disso, os herbicidas sofrem processos de degradação físico-químicos logo após a aplicação ao solo, reduzindo a concentração do composto que entra em contato com o rizóbio. Processos como a degradação dos herbicidas por parte da microbiota do solo (KAPUSTA e ROUWENHORST, 1973) ou a fotodecomposição do herbicida Imazaquin, a partir da ação da luz ultra-violeta (BASFIAM e

LAVY, 1986), por exemplo, pode ter reduzido a concentração do produto, atenuando o efeito sobre o rizóbio.

CONCLUSÕES

A avaliação da tolerância de estirpes de *Bradyrhizobium* sp. a herbicidas é influenciada pela metodologia empregada, sendo o método da placa inclinada mais limitado do que a adição de doses crescentes de herbicida em meio de cultura sólido.

Dentre as estirpes avaliadas, SEMIA 586, SEMIA 587, SEMIA 5019 e SEMIA 5061 são as mais tolerantes, enquanto SEMIA 5039 e SEMIA 5074 são as mais sensíveis aos herbicidas utilizados.

Os herbicidas metolaclo e imazaquin apresentam, respectivamente, o maior e o menor grau de toxidez para as estirpes de *Bradyrhizobium*. A aplicação desses dois herbicidas, mesmo em uma dose cinco vezes superior à recomendada, não afeta a densidade populacional das estirpes recomendadas SEMIA 587 e SEMIA 5079 previamente estabelecidas no solo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABD-ALLA, M. H.; OMAR, S. A.; KARANXHA, S. The impact of pesticides on arbuscular mycorrhizal and nitrogen-fixing symbioses in legumes. *Applied Soil Ecology*, Amsterdam, v. 14, n. 1, p. 191-200, 2000.
- AHMAD, I.; HAYAT, S.; AHMAD, A.; INAM, A.; SAMIULLAH Metal and antibiotic resistance traits in *Bradyrhizobium* sp. (cajanus) isolated from soil receiving oil refinery wastewater. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, Oxford, v. 17, n. 3, p. 379-384, 2001.
- ARRUDA, J. S.; LOPES, N. F.; BACARIN, M. A. Nodulação e fixação do dinitrogênio em soja tratada com sulfentrazone. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 36, n. 2, p. 325-330, 2001.
- BASFIAM, G. W.; LAVY, T. L. Microbial and photolytic dissipation of microbial biomass. *Weed Science*, Champaign, v. 35, n. 3, p. 865-870, 1986.
- BOUQUARD, C.; OUZZANI, J.; PROMÉ, J.; MICHEL-BRIAND, Y.; PLÉSIAT, P. Dechlorination of atrazine by a *Rhizobium* sp. isolate. *Applied and Environmental Microbiology*, Washington, v. 63, n. 3, p. 862-866, 1997.
- ECHEVERRIGARAY, S.; GOMES, L. H.; TAVARES, F. C. A. Isolation and characteristics of metolachlor-resistant mutants of *Sacharomices cerevisiae*. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, Oxford, v. 15, n. 5, p. 679-681, 1999.
- JAVARONI, R. C. A.; LANDGRAF, M. D.; REZENDE, M. O. O. Comportamento dos herbicidas atrazina e alaclor aplicados em solo preparado para o cultivo de cana-de-açúcar. *Química Nova*, São Paulo, v. 22, n. 1, p. 58-64, 1999.
- KAPUSTA, G.; ROUWENSHORST, D. L. Interaction of selected pesticides and *Rhizobium japonicum* in pure culture and under field conditions. *Agronomy Journal*, Madison, v. 65, n. 1, p. 112-115, 1973.
- KOOPMAN, D. J.; TOW, P. G.; REEVES, T. G.; GIBSON, A. H. Soil acidification, chlorsulfuron application and *Rhizobium meliloti* as factors in Lucerne yield decline. *Soil Biology and Biochemistry*, Oxford, v. 27, n. 4/5, p. 673-677, 1995.
- MALLIK, M. B. A.; TESFAI, K. Compatibility of *Rhizobium japonicum* with commercial pesticides in vitro. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, New York, v. 31, n. 2, p. 432-437, 1983.
- MOORMAN, T. B. Effects of herbicides on the survival of *Rhizobium japonicum* strains. *Weed Science*, Champaign, v. 34, n. 4, p. 628-633, 1986.
- PLINE, W. A.; LACY, G. H.; STROMBERG, V.; HATZIOS, K. K. Antibacterial activity of the herbicide glufosinate on *Pseudomonas syringae* pathovar glycinea. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, San Diego, v. 71, n.1, p. 48, 55, 2001.
- ROSLYCKY, E. B. Sensitivity and adaptation of selected rhizobia and agrobacteria to paraquat. *Canadian Journal of Soil Science*, Ottawa, v. 65, n. 4, p. 555-562, 1985.
- SINGH, G.; WRIGHT, D. In vitro studies on the effects of herbicides on the growth of rhizobia. *Letters in Applied Microbiology*, London, v. 35, n. 1, p. 12-16, 2002.
- SOMASEGARAM, P.; HOBEN, M. J. *Methods in legume-Rhizobium technology*. Hawaii: NIFTAL, 1985. 367 p.
- SPECHT, A. W.; ERDMAN, L. W.; MEANS, V. M.; RESNICK, J. W. Effect of nutrition on *Trifolium hirtum* inoculated with *Rhizobium trifolii*. *Soil Science Society of America Proceedings*, Madison, v. 29, n. 4, p. 489-495, 1956.
- STRUTHERS, J. K.; JAYACHANDRAN, K.; MOORMAN, T. B. Biodegradation of atrazine by *Agrobacterium radiobacter* J14a and use of this strain in bioremediation of contaminated soil. *Applied and Environmental Microbiology*, Washington, v. 64, n. 9, p. 3368-3375, 1998.
- SZYBALSKI, W. Gradient plate technique for study of bacteria resistance. *Science*, New York, v. 116, p. 46-48, 1952.
- TRANNIN, I. C. B.; MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O.; LIMA, A. Tolerância de estirpes e isolados de *Bradyrhizobium* e *Azorhizobium* a zinco, cádmio e cobre *in vitro*. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 25, n. 2, p. 305-316, 2001.

ANÁLISE AGROCLIMÁTICA DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA PARA A CULTURA DO FEIJOEIRO NA REGIÃO DO PLANALTO MÉDIO DO RIO GRANDE DO SUL

RONALDO MATZENAUER¹, JAIME RICARDO TAVARES MALUF², MÁRCIA DOS REIS SAMPAIO³,
CRISTIANO SCHACKER DOS ANJOS⁴

RESUMO – Determinou-se a disponibilidade hídrica no solo para a cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) na região do Planalto Médio do Rio Grande do Sul, em três épocas de semeadura, durante o período 1975 – 2002, para duas capacidades de armazenamento de água no solo (CAD). As necessidades hídricas da cultura foram estimadas em diferentes subperíodos, utilizando-se coeficientes de cultura obtidos a partir da relação entre a evapotranspiração máxima da cultura (ET_m) e a evapotranspiração de referência calculada pelo método de Penman (ET_o). Os valores médios de evapotranspiração máxima no ciclo completo da cultura variaram de 337 mm na época de semeadura de novembro em Cruz Alta a 384 mm nas semeaduras de setembro e novembro em Júlio de Castilhos. Os maiores valores médios de evapotranspiração máxima foram verificados em Júlio de Castilhos, seguindo-se Passo Fundo e Cruz Alta. Verificou-se ocorrência freqüente de deficiência hídrica para a cultura do feijoeiro, nos três locais avaliados, com valores totais médios no ciclo variando de 38 mm a 97 mm. Os maiores valores médios de deficiência hídrica foram verificados em Júlio de Castilhos para a CAD de 50mm e os menores em Passo Fundo para a CAD de 70mm, com valores intermediários para Cruz Alta. Nas três localidades, as maiores deficiências estimadas correspondem às semeaduras de outubro, sendo os subperíodos de início da floração ao início do enchimento de grãos e deste até a maturação fisiológica os de maior deficiência hídrica. A época de semeadura que apresenta menor risco à produção de grãos é a de setembro.

Palavras-chave: feijoeiro; evapotranspiração; deficiência hídrica.

AGROCLIMATIC ANALYSIS OF WATER AVAILABILITY FOR COMMON BEAN IN PLANALTO MEDIO OF RIO GRANDE DO SUL STATE, BRAZIL

ABSTRACT – The objective of this work was evaluate the water soil availability for common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) crops in the region of Planalto Médio – Rio Grande do Sul, Brazil, in different sowing times, during the period 1975 – 2002, considering different values of water availability in the soil. Crop water requirements were determined at different periods, using crop coefficients obtained from the relation between the maximum crop evapotranspiration (ET_m) and the reference evapotranspiration estimated by penman's formula. The average values of total evapotranspiration in the entire crop cycle ranged from 337 mm, for crops sown in November in Cruz Alta to 384 mm for crops sown in September and November, in Julio de Castilhos. The highest averaged values of evapotranspiration were obtained at Julio de Castilhos, followed Passo Fundo and Cruz Alta. Frequent water deficits were detected in the three localities, with mean total values in the entire cycle ranging from 38mm to 97mm. The highest mean values of water deficiency were verified in Julio de Castilhos for the water availability in the soil of 50mm, and the lowest values occurred in Passo Fundo for a soil water availability of 70mm, with intermediary values in Cruz Alta. For the three places the highest estimated water deficits correspond to the sowing date of October, from the beginning of flowering to the beginning of grain filling stages as well as from the beginning of grain filling to the physiological maturity. The lower risk to grain production was obtained in sowing date of September.

Key words: common bean, evapotranspiration, water deficiency

¹Eng. Agr., Dr., Pesquisador da Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária – FEPAGRO/SCT-RS. E-mail: ronaldo-matzenauer@fepagro.rs.gov.br. Pesquisador do CNPq. Autor para correspondência.

²Eng. Agr., MSc., Pesquisador da Embrapa Trigo. Caixa Postal 569, 99001-970, Passo Fundo, RS.

³Meteorologista, Bolsista do CNPq.

⁴Estudante de Agronomia da UFRGS, estagiário do Laboratório de Agrometeorologia - FEPAGRO/SCT-RS

Recebido para publicação em 31-12-2002

INTRODUÇÃO

O regime de chuvas no Estado do Rio Grande do Sul se caracteriza por apresentar grande variabilidade tanto espacial como temporal. Os valores normais de chuva variam de 60mm no mês de dezembro, em Jaguarão e Rio Grande, a 242mm no mês de setembro, em São Francisco de Paula (INSTITUTO DE PESQUISAS AGRONÔMICAS, 1989). Diversos trabalhos indicam que a baixa disponibilidade hídrica no solo, devido à baixa quantidade e/ou à má distribuição de chuvas, é o principal fator limitante ao rendimento de grãos das culturas de primavera-verão no Estado (BERLATO, 1987; MOTA et al., 1996; CUNHA et al., 1998; MATZENAUER et al., 1998a; MATZENAUER et al., 2002). Segundo ÁVILA et al. (1996), a probabilidade da precipitação pluvial superar a evapotranspiração potencial nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro, é inferior a 60% em praticamente todo o Estado, o que determina a alta frequência de deficiências hídricas e conseqüentes quebras de safras das culturas produtoras de grãos.

Desta forma, a variabilidade climática se caracteriza como o principal fator responsável pelas oscilações e frustrações das safras agrícolas no Rio Grande do Sul. Diversas análises da produção agrícola no Estado apontaram alta correlação entre as variações das safras das principais culturas com as condições meteorológicas e climáticas, sendo a variável hídrica a que, com maior frequência e intensidade, afeta a produção das lavouras. Considerando-se os últimos doze anos, em seis anos agrícolas (1990/91, 1995/96, 1996/97, 1998/99, 1999/2000 e 2001/2002) as safras gaúchas foram reduzidas por estiagens. Na estiagem de 1990/91 as estimativas oficiais do IBGE e EMATER/RS indicaram uma redução na produção de 5,5 milhões de toneladas de grãos (soja, milho e feijão), o que correspondeu a uma quebra de 56 % da safra esperada (BERLATO, 1992).

Segundo BERLATO (1992), em algumas regiões do Estado, como a Campanha e Baixo Vale do Uruguai, a frequência média de anos secos atinge 20%. Os baixos rendimentos médios da cultura da soja, no Rio Grande do Sul, estão relacionados a anos em que ocorreram deficiências hídricas durante os meses de desenvolvimento da cultura. Em anos considerados muito secos, os rendimentos médios estiveram abaixo de uma tonelada por hectare.

A sensibilidade do feijoeiro ao déficit hídrico, em termos de rendimento de grãos, aumenta à medida que a planta avança em seu crescimento e desenvolvimento, apresentando menor sensibilidade durante os períodos de estabelecimento e vegetativo, e maior sensibilidade durante a floração e o crescimento dos legumes e grãos. BERGAMASCHI et al. (1989) determinaram a ET_m (evapotranspiração sem limitação de água no solo) da cultura do feijoeiro em diversos subperíodos, para três épocas de semeadura. Observaram um aumento gradativo da ET_m média diária com o desenvolvimento das plantas. Os valores máximos foram registrados durante os subperíodos do início da floração ao início do enchimento de grãos – média de 5,5mm por dia – e do início do enchimento de grãos até a maturação fisiológica, com uma média diária de 4,8mm. A ET_m total no ciclo, média das três épocas de semeadura, foi de 361mm.

Este trabalho teve como principal objetivo avaliar as condições de disponibilidade hídrica para a cultura do feijoeiro na região do Planalto Médio do Rio Grande do Sul, através da determinação da evapotranspiração máxima (ET_m), da evapotranspiração real (ET_r) e das deficiências hídricas (D), em diferentes subperíodos e no ciclo completo de desenvolvimento, que poderão ter utilidade para o aperfeiçoamento do zoneamento agroclimático, na indicação mais eficiente da época de semeadura e para a recomendação das necessidades de irrigação da cultura.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados os dados de séries decendiais de precipitação pluvial (mm), radiação solar global (cal cm^{-2}), temperatura média do ar ($^{\circ}\text{C}$), umidade relativa média do ar (%) e velocidade média do vento (m s^{-1} ou km dia^{-1}). As informações foram obtidas junto ao banco de dados do Laboratório de Agrometeorologia da Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária, da Secretaria da Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, e do Laboratório de Agrometeorologia da EMBRAPA Trigo.

Os valores de radiação solar foram obtidos a partir da cotação dos gráficos do actinógrafo e integrados pelo método de Simpson. A umidade relativa média diária (%) foi obtida pela equação:

$$UR = (UR_9 + UR_{15} + UR_{21}) / 3$$

Sendo UR_9 , UR_{15} e UR_{21} , a umidade relativa do ar às 9, 15 e 21 horas, respectivamente.

Para o cálculo da temperatura média do ar foi utilizado o método das temperaturas máximas ($T_{\text{máx}}$) e mínimas ($T_{\text{mín}}$), onde a temperatura média diária ($T_{\text{média}}$) é dada por:

$$T_{\text{média}} = (T_{\text{máx}} + T_{\text{mín}}) / 2$$

A velocidade do vento foi calculada a partir das leituras realizadas às 9, 15 e 21 horas em cata-vento tipo Wild ou registrada em anemômetro totalizador. Os dados de precipitação pluvial foram obtidos através da cotação de gráficos de pluviógrafos.

Foram calculados balanços hídricos decendiais pelo método de THORNTHWAITE e MATHER (1955), utilizando-se a evapotranspiração máxima do feijoeiro, para o período de 1975 a 2002, para as localidades de Júlio de Castilhos ($29^{\circ}13'$ de latitude sul, $53^{\circ}40'$ de longitude oeste e 514m de altitude), Passo Fundo ($28^{\circ}15'$ de latitude sul, $52^{\circ}24'$ de longitude oeste e 709m de altitude) e Cruz Alta ($28^{\circ}38'$ de latitude sul, $53^{\circ}36'$ de longitude oeste e 473m de altitude), localizadas

na região do Planalto Médio do Rio Grande do Sul. Para o cálculo do balanço hídrico, utilizou-se dois níveis de capacidade de armazenamento de água disponível no solo (CAD): 50 e 70mm. Salienta-se que, para a localidade de Júlio de Castilhos, os cálculos foram feitos até 1996, devido à falta de dados meteorológicos completos, após esta data.

A evapotranspiração máxima da cultura (ET_m), foi calculada utilizando-se coeficientes de cultura (K_c) ajustados por decêndios (Tabela 1), de acordo com os valores obtidos nos diversos subperíodos por MATZENAUER et al. (1999), segundo a relação:

$$ET_m = K_c \cdot ET_o$$

Sendo ET_o a evapotranspiração de referência estimada pelo método de PENMAN (1956).

Para o cálculo da evapotranspiração de referência, pelo método de Penman, o saldo de radiação (R_n) foi estimado pelo modelo ajustado para a cultura do feijoeiro (BERGAMASCHI et al., 1988) onde R_n é função da radiação solar global. Outros pesquisadores têm utilizado o saldo de radiação estimado sobre a cultura estudada, obtendo melhores resultados do que com R_n estimado sobre superfície gramada (CUNHA, 1991; SANTOS, 1993).

As determinações de evapotranspiração máxima (ET_m), evapotranspiração real (ET_r) e deficiência hídrica (D) foram feitas para as épocas de semeadura de setembro, outubro e novembro, centralizadas no dia 10 de cada mês, utilizando-se a fenologia média de cultivares de feijoeiro de ciclo médio (Tabela 1), nos seguintes subperíodos de desenvolvimento da cultura:

1. Da semeadura até 10 dias após a emergência (S-10E)- estabelecimento da cultura;
2. De 10 dias após a emergência até o início da floração (10E-IF);
3. Do início da floração até o início do enchimento de grãos (IF-IEG);
4. Do início do enchimento de grãos até a maturação fisiológica (IEG-MF)
5. Ciclo completo (S-MF).

Tabela 1. Fenologia média e coeficientes de cultura para três épocas de semeadura do feijoeiro.

Mês	Setembro		Outubro			Novembro			Dezembro			Janeiro			Fev	
Decêndio	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
Época 1	S - 10E		10E - IF			IF - IEG			IEG - MF							
	0,36	0,40	0,46	0,56	0,66	0,76	0,88	0,88	0,86	0,82	0,76					
Época 2			S - 10E		10E - IF			IF - IEG		IEG - MF						
			0,36	0,40	0,50	0,60	0,74	0,88	0,88	0,86	0,82	0,76				
Época 3						S - 10E		10E - IF			IF - IEG		IEG - MF			
						0,36	0,40	0,50	0,60	0,74	0,88	0,88	0,86	0,82	0,76	

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas Tabelas 2, 3 e 4 são apresentados os valores totais em milímetros de evapotranspiração máxima (ET_m), evapotranspiração real (ET_r) e deficiência hídrica (D) para as localidades de Cruz Alta, Júlio de Castilhos e Passo Fundo, respectivamente, em quatro subperíodos da cultura do feijoeiro e no ciclo completo, para as semeaduras de setembro, outubro e novembro, considerando-se as capacidades de armazenamento de água no solo de 50 e 70mm.

Os maiores valores de evapotranspiração máxima (ET_m) total no ciclo foram verificados durante os anos agrícolas de 1978/79, 1985/86 e 1990/91. Foram anos em que ocorreram estiagens no Rio Grande do Sul, e, segundo FARIAS et al. (1993), perdas nas safras de soja que variaram de 38 % a 58 %. A evapotranspiração diária de cada espécie depende do estágio de desenvolvimento das plantas e da demanda hídrica da atmosfera, e seu valor absoluto varia, portanto, em função das condições climáticas de cada região e em função do ano e da época de semeadura na mesma região. Como em anos de estiagem ocorre um maior número de dias claros, com aumento da temperatura do ar e diminuição da umidade relativa, é normal que as condições meteorológicas favoreçam um aumento da capacidade da atmosfera em absorver o vapor

d'água da superfície, portanto, maior consumo de água pelas culturas. Para a localidade de Júlio de Castilhos, por exemplo, os valores de evapotranspiração máxima da cultura se aproximaram de 500mm no ciclo completo, durante o ano agrícola 1985/86, ano que se caracterizou pela ocorrência de forte estiagem, com perdas significativas nas lavouras do Estado.

Os valores médios de ET_m total no ciclo da cultura variaram de 337 mm, na época de semeadura de novembro em Cruz Alta, a 384 mm nas semeaduras de setembro e novembro, em Júlio de Castilhos. Estes valores estão de acordo com a citação de DOORENBOS e KASSAM (1979), os quais relatam que o feijoeiro requer entre 300mm e 500mm de água para atingir seu rendimento máximo, dependendo do clima. Os maiores valores médios de ET_m foram verificados em Júlio de Castilhos, sendo os menores em Cruz Alta. Passo Fundo apresentou valores intermediários. Em Passo Fundo e Cruz Alta foi observada uma pequena redução na ET_m total, com o atraso da semeadura, o que não se verificou em Júlio de Castilhos, que apresentou valores praticamente iguais nas três épocas.

Os subperíodos do início da floração ao início de enchimento de grãos (IF-IEG) e do início de enchimento de grãos à maturação fisiológica (IEG-MF)

apresentaram os maiores valores de ET_m. Durante o período de estabelecimento da cultura a ET_m foi baixa, variando de 23 mm a 41 mm, para os diferentes locais e épocas de semeadura. Com o aumento da área foliar durante o subperíodo vegetativo (10E-IF), os valores médios de ET_m variaram de 85 a 113 mm.

Na média do período estudado os totais de evapotranspiração real (ET_r), durante o ciclo completo da cultura, variaram de 257 mm, na semeadura de outubro em Cruz Alta, a 314 mm, na época de setembro em Passo Fundo, para a CAD de 50mm. Para a CAD de 70 mm a variação foi de 270 a 322 mm. Os maiores valores de ET_r foram verificados em Passo Fundo, sendo intermediários em Júlio de Castilhos e menores em Cruz Alta. A evapotranspiração real de uma cultura depende das condições de disponibilidade hídrica no solo, do estágio de desenvolvimento da cultura e das condições meteorológicas que determinam a capacidade da atmosfera em absorver o vapor d'água da superfície evaporante (demanda hídrica da atmosfera). Em anos de maior disponibilidade hídrica, como ocorrido, por exemplo, durante o ano agrícola 1979/80 em Cruz Alta, os valores de ET_r se aproximaram mais dos valores de ET_m da cultura, acarretando baixos valores de deficiência hídrica. BUNCE (1989) comenta a ocorrência de déficit hídrico na planta como um fenômeno quase diário, sendo observado mesmo em condições de alta disponibilidade hídrica no solo. Ou seja, em condições de alta demanda evaporativa da atmosfera, pode ocorrer déficit hídrico na planta, mesmo que a umidade do solo esteja próximo à capacidade de campo, pelo fato da taxa de absorção de água não acompanhar a taxa de transpiração. Durante o dia a planta perde mais água do que consegue absorver, aumentando o déficit até aproximadamente o meio da tarde. Após, com a diminuição da demanda evaporativa, a planta começa a absorver maior quantidade de água do que a perdida por transpiração, iniciando a recuperação do déficit, ocorrendo um equilíbrio dos potenciais da água du-

rante a noite. Se não houver reposição de água no solo, chegará o momento em que o processo se tornará irreversível. A duração deste período depende da demanda evaporativa da atmosfera, da capacidade de armazenamento de água no solo, das características da cultura e do estágio de desenvolvimento da planta.

Pela análise dos resultados apresentados, verifica-se que é comum a ocorrência de deficiência hídrica para a cultura do feijoeiro, nos locais e épocas de semeadura estudadas (Tabelas 2, 3 e 4). A deficiência total média no ciclo, para a CAD de 50 mm, variou de 46 mm, na semeadura de setembro em Passo Fundo, a 97 mm na época de outubro em Júlio de Castilhos. Para a CAD de 70 mm, houve uma redução na deficiência, com valores de 38 mm e 86 mm, respectivamente. Dos locais avaliados, o que apresentou os maiores valores médios de deficiência hídrica total, no ciclo completo do feijoeiro, foi Júlio de Castilhos. As menores deficiências hídricas foram verificadas em Passo Fundo, com valores intermediários em Cruz Alta. CUNHA et al. (1998) determinaram a perda potencial de rendimento em soja por deficiência hídrica em algumas localidades do Rio Grande do Sul, entre elas Passo Fundo e Cruz Alta. Observaram que a perda potencial de rendimento foi maior para Cruz Alta em relação a Passo Fundo, indicando maior deficiência hídrica em Cruz Alta, estando de acordo com resultados obtidos neste trabalho, com a ressalva que são culturas diferentes.

A época de semeadura de outubro apresentou a maior deficiência hídrica no ciclo completo da cultura, em todos os locais, considerando os valores médios. As maiores deficiências hídricas ocorreram durante os subperíodos do início da floração ao início do enchimento de grãos e deste até a maturação fisiológica, caracterizados como os subperíodos de maior consumo de água pela cultura. BERGAMASCHI et al. (1989) e MATZENAUER et al. (1998b) encontraram maior consumo de água durante estes subperíodos, em trabalhos desenvolvidos respectivamente em Piracicaba, SP e Taquari, RS.

Tabela 2 A. Evapotranspiração máxima (ETm), Evapotranspiração real (ETr) e deficiência hídrica(D), valores totais em mm, em diferentes subperíodos* e no ciclo completo do feijoeiro, para três épocas de semeadura. Cruz Alta, RS, período 1975/76-2001/02. CAD = 50mm.

Ano	Época	ETm					ETr					D				
		S-10E	10E-1F	1F-1E3	1E3-MP	S-MP	S-10E	10E-1F	1F-1E3	1E3-MP	S-MP	S-10E	10E-1F	1F-1E3	1E3-MP	S-MP
75/76	10/00	27	62	103	103	341	22	74	60	113	307	0	0	5	20	33
	10/10	20	66	66	120	323	26	66	62	67	201	2	4	4	23	32
	10/11	37	104	69	110	330	37	62	60	110	316	0	12	0	1	13
76/77	10/00	31	69	110	147	303	30	90	100	140	300	1	1	16	7	24
	10/10	37	60	100	126	302	37	91	64	121	343	0	5	6	6	19
	10/11	42	113	76	127	367	40	112	75	118	345	2	0	0	9	12
77/78	10/00	29	106	110	100	363	29	97	67	103	325	0	7	14	24	37
	10/10	38	95	95	145	373	38	85	76	85	256	1	6	21	60	118
	10/11	39	106	100	130	378	37	83	29	78	227	2	26	72	33	161
78/79	10/00	37	94	90	141	368	34	86	66	98	303	3	0	10	43	64
	10/10	36	63	101	161	362	36	80	60	42	238	0	9	21	120	144
	10/11	34	107	124	149	407	34	90	26	60	233	0	17	64	63	174
79/80	10/00	23	63	107	110	333	23	61	63	100	306	0	2	14	11	27
	10/10	33	63	74	147	345	33	65	74	87	261	0	6	0	61	60
	10/11	37	66	102	136	371	37	66	61	46	220	0	10	61	60	161
80/81	10/00	27	74	61	131	322	27	74	61	126	317	0	0	0	5	8
	10/10	27	77	95	121	321	27	77	69	120	312	0	0	7	1	8
	10/11	32	66	66	111	327	32	66	63	111	326	0	0	2	0	2
81/82	10/00	21	64	101	146	363	21	62	100	130	340	0	14	1	8	23
	10/10	37	66	106	146	376	34	66	100	66	291	3	0	2	60	66
	10/11	36	109	106	126	370	36	106	39	60	262	0	9	66	46	117
82/83	10/00	22	60	64	143	329	22	60	79	110	292	0	0	4	33	36
	10/10	33	71	66	146	340	33	60	72	102	277	0	2	26	44	72
	10/11	31	109	100	114	364	31	104	77	114	326	0	4	24	0	26
83/84	10/00	27	67	110	157	300	27	67	67	76	267	0	0	22	61	103
	10/10	37	63	106	134	370	37	77	61	99	264	0	14	65	35	100
	10/11	41	110	70	130	369	36	62	70	110	317	6	0	0	10	62
84/85	10/00	26	64	111	163	365	26	64	62	71	273	0	0	20	62	111
	10/10	41	63	103	170	406	41	70	46	67	222	0	14	67	114	166
	10/11	42	119	120	122	403	40	69	33	60	231	2	26	67	63	172
85/86	10/00	24	69	148	157	428	24	74	22	11	131	0	25	125	145	206
	10/10	34	127	120	132	413	33	41	7	40	126	1	66	113	67	266
	10/11	33	116	64	121	363	33	10	46	111	190	62	0	46	10	167
86/87	10/00	24	66	121	161	401	24	66	103	66	317	0	0	16	66	64
	10/10	39	69	111	130	366	39	62	66	67	304	0	7	26	62	64
	10/11	46	123	66	126	400	44	67	66	107	324	1	36	0	16	66
87/88	10/00	26	64	107	136	366	27	61	62	69	260	0	2	15	77	96
	10/10	30	61	100	132	363	30	60	40	64	219	0	11	60	66	136
	10/11	40	103	66	126	395	37	67	61	60	245	3	36	43	36	120
88/89	10/00	17	67	111	140	375	17	67	66	63	263	0	10	15	66	61
	10/10	34	66	104	137	372	33	66	46	104	272	1	11	66	32	100
	10/11	36	113	69	106	347	36	60	74	62	266	0	23	15	14	62
89/90	10/00	23	101	117	138	379	23	94	100	73	200	0	7	17	64	60
	10/10	36	101	106	117	362	36	100	66	106	295	2	1	62	12	67
	10/11	41	103	64	120	346	41	69	70	106	306	0	14	14	14	43
90/91	10/00	27	79	69	133	323	27	79	61	64	277	0	0	7	30	46
	10/10	36	76	69	162	340	32	72	60	26	210	0	4	9	126	139
	10/11	33	104	100	160	396	33	75	14	76	198	0	20	64	74	167
91/92	10/00	20	62	110	136	367	20	66	66	103	305	0	6	15	32	62
	10/10	36	64	101	107	366	33	61	76	107	309	2	3	20	16	43
	10/11	39	100	104	107	360	39	64	61	107	320	0	6	23	0	30
92/93	10/00	23	76	102	140	342	23	76	60	102	302	0	0	3	39	40
	10/10	26	66	96	120	330	26	66	63	66	295	0	0	13	21	34
	10/11	37	107	72	119	319	37	66	72	66	262	0	20	0	12	31
93/94	10/00	19	63	97	126	327	19	60	63	112	303	0	3	4	16	24
	10/10	30	66	63	142	340	29	63	63	69	264	1	2	0	74	76
	10/11	33	100	67	90	320	33	66	36	60	244	0	16	61	0	76
94/95	10/00	26	73	102	122	323	26	73	60	66	244	0	0	22	56	79
	10/10	26	66	91	101	305	26	74	36	69	236	0	12	66	1	66
	10/11	39	61	67	107	304	37	71	67	64	239	3	19	0	43	69
95/96	10/00	16	62	120	166	369	16	79	47	44	106	0	13	77	112	203
	10/10	36	106	116	110	360	37	69	16	61	202	1	37	102	36	176
	10/11	46	116	70	100	390	47	60	63	66	247	6	66	26	4	62
96/97	10/00	16	60	66	66	271	16	66	66	66	236	0	2	31	0	34
	10/10	21	63	64	109	277	21	69	64	60	244	0	14	0	19	53
	10/11	37	73	77	60	269	33	73	62	60	248	4	0	15	0	20
97/98	10/00	21	60	69	104	264	21	60	69	61	241	0	0	0	23	23
	10/10	20	70	66	66	264	20	73	60	62	223	0	0	20	6	20
	10/11	35	76	66	72	240	35	66	61	66	229	0	7	7	7	20
98/99	10/00	19	66	110	117	302	19	73	36	106	256	0	12	72	11	66
	10/10	33	63	62	103	311	30	61	71	90	261	3	42	11	4	60
	10/11	41	69	63	69	264	26	69	60	66	266	13	0	6	1	20
99/00	10/00	27	73	60	110	309	27	70	66	74	230	0	3	26	36	66
	10/10	26	60	78	101	266	26	66	60	73	227	0	14	19	27	61
	10/11	36	64	60	60	277	32	72	60	77	241	3	13	6	13	34
00/01	10/00	19	65	65	66	264	19	66	70	76	239	0	0	6	20	26
	10/10	23	73	74	76	244	23	71	62	76	220	0	2	22	0	24
	10/11	30	70	62	70	272	30	64	62	70	216	0	7	0	0	7
01/02	10/00	20	67	116	106	330	20	76	66	77	273	0	9	17	31	67
	10/10	32	66	73	116	318	30	66	66	66	261	2	1	16	46	67
	10/11	40	64	79	66	269	40	76	66	66	240	0	6	40	1	46
Valores médios																
Épocas	10/00	23	66	106	133	347	23	60	64	60	277	0	6	22	43	70
	10/10	32	60	64	127	343	32	76	66	63	267	1	11	29	46	66
	10/11	36	101	67	111	327	36	62	67	60	264	3	10	30	21	73

S- semeadura; 10E- 1ª folha trifoliolada desenvolvida; 1F- início da floração; 1E3- início de enchimento de grãos; MF- maturação fisiológica; ciclo completo S - MF.

ANÁLISE AGROCLIMÁTICA DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA PARA A CULTURA DO FEIJOEIRO NA REGIÃO DO PLANALTO MÉDIO DO RIO GRANDE DO SUL

Tabela 2 B. Cruz Alta. CAD = 70mm

Ano	01/00A	ETm					ETz					D				
		0-10E	10E-1P	1P-1E0	1E0-MP	S-MP	0-10E	10E-1P	1P-1E0	1E0-MP	S-MP	0-10E	10E-1P	1P-1E0	1E0-MP	S-MP
70/76	10/09	82	63	109	133	341	99	77	100	117	316	0	6	0	18	28
	10/10	29	66	66	120	323	26	66	63	101	260	1	0	0	18	28
	10/11	97	104	69	119	300	97	90	88	110	321	0	9	0	1	0
76/77	10/09	91	99	119	147	368	90	98	104	142	374	0	0	12	8	16
	10/10	27	99	100	126	382	97	95	90	122	346	0	6	0	4	14
	10/11	42	119	76	127	307	41	119	70	120	349	0	0	0	7	8
77/78	10/09	29	105	110	129	370	99	99	100	110	330	0	0	10	20	44
	10/10	90	95	95	148	370	96	80	70	65	272	1	0	19	40	101
	10/11	98	100	100	190	379	98	89	97	81	244	1	10	20	00	120
78/79	10/09	27	64	86	141	368	39	88	89	106	216	2	7	7	26	61
	10/10	26	63	101	161	382	39	81	80	80	220	0	2	16	106	129
	10/11	34	107	124	143	407	34	94	40	83	251	0	13	23	60	129
79/80	10/09	20	83	107	119	333	20	82	96	112	212	0	0	11	8	20
	10/10	29	93	74	147	348	29	90	74	87	234	0	4	0	00	04
	10/11	27	85	102	166	371	27	88	60	80	237	0	7	43	64	124
80/81	10/09	27	74	81	121	322	27	74	91	127	316	0	0	0	4	4
	10/10	27	77	86	121	321	27	77	91	120	310	0	0	0	1	4
	10/11	22	98	86	111	327	22	98	84	111	320	0	0	2	0	2
81/82	10/09	21	96	101	146	363	21	85	100	140	346	0	11	1	6	17
	10/10	27	86	106	146	376	26	86	106	79	208	2	0	1	67	71
	10/11	26	109	106	126	379	26	107	60	84	277	0	2	57	42	102
82/83	10/09	29	60	64	148	329	28	60	61	116	299	0	0	3	27	60
	10/10	29	71	90	148	348	28	70	78	107	288	0	1	20	28	60
	10/11	21	109	100	114	354	21	109	81	114	322	0	0	17	72	89
83/84	10/09	27	97	110	107	390	27	87	93	85	301	0	0	17	70	69
	10/10	27	93	105	124	370	27	80	66	102	276	0	12	47	00	61
	10/11	41	119	79	190	389	41	99	79	122	326	4	00	0	8	41
84/85	10/09	20	94	111	190	389	20	94	60	80	280	0	0	23	70	60
	10/10	41	93	109	170	406	41	82	64	68	240	0	10	49	106	106
	10/11	42	119	120	122	403	41	96	48	71	249	2	23	76	61	124
85/86	10/09	24	99	146	157	426	24	79	64	14	101	0	20	114	144	277
	10/10	24	127	120	192	413	24	64	10	47	147	1	72	106	86	286
	10/11	23	116	84	121	383	27	87	48	109	210	2	68	46	12	178
86/87	10/09	24	66	121	161	401	24	66	107	108	223	0	0	14	58	69
	10/10	29	60	111	128	388	29	64	92	94	219	0	0	20	46	70
	10/11	40	123	66	126	388	44	94	66	111	286	1	26	0	13	44
87/88	10/09	29	64	107	126	386	29	62	96	69	276	0	2	11	67	61
	10/10	20	91	100	122	383	20	63	69	69	231	0	6	01	65	122
	10/11	40	103	96	128	360	26	74	66	88	285	2	29	36	30	100
88/89	10/09	17	97	111	146	370	17	90	100	90	300	0	7	11	66	70
	10/10	24	96	104	127	372	25	90	87	107	267	0	8	47	29	64
	10/11	28	113	69	106	347	28	80	77	96	306	0	18	12	11	41
89/90	10/09	23	101	117	126	379	23	90	103	61	303	0	6	14	66	76
	10/10	26	101	106	117	362	27	100	64	106	309	1	1	42	0	50
	10/11	41	103	64	120	346	41	92	73	109	319	0	11	11	11	22
90/91	10/09	22	79	89	123	323	22	78	83	102	267	0	0	0	31	37
	10/10	22	76	89	122	349	22	78	82	41	220	0	7	112	121	121
	10/11	23	104	100	100	393	23	81	24	78	216	0	29	66	72	170
91/92	10/09	20	82	110	136	387	20	86	99	106	316	0	4	11	27	42
	10/10	25	84	101	127	366	24	82	65	123	334	1	8	16	14	29
	10/11	26	100	104	107	360	26	80	66	107	327	0	6	18	0	29
92/93	10/09	23	78	102	140	342	23	78	100	111	311	0	0	2	29	31
	10/10	28	86	96	120	330	28	86	66	109	304	0	0	10	16	26
	10/11	27	107	72	97	313	27	82	72	89	290	0	13	0	6	20
93/94	10/09	19	83	97	128	327	19	81	94	116	310	0	2	3	12	18
	10/10	20	80	89	142	340	20	84	63	61	277	0	2	0	60	64
	10/11	20	100	97	90	320	20	88	46	60	256	0	11	62	0	64
94/95	10/09	25	73	102	122	323	25	72	89	74	257	0	0	17	49	66
	10/10	26	80	91	101	309	26	77	44	69	249	0	6	47	1	67
	10/11	26	91	87	107	304	27	78	67	60	260	2	15	0	26	60
95/96	10/09	16	92	129	169	369	16	82	69	46	206	0	10	67	107	124
	10/10	26	108	118	119	360	27	76	60	62	220	1	29	93	37	160
	10/11	46	116	76	109	339	46	69	67	61	261	6	47	23	8	76
96/97	10/09	18	60	86	96	271	18	69	73	66	249	0	1	20	0	27
	10/10	21	89	64	109	277	21	72	64	66	259	0	10	0	14	26
	10/11	27	70	77	80	268	24	72	66	60	253	3	0	12	0	16
97/98	10/09	21	60	89	104	244	21	60	66	66	246	0	0	0	16	19
	10/10	20	75	69	88	264	20	72	66	68	240	0	0	20	4	23
	10/11	26	73	66	72	249	26	76	63	67	234	0	0	0	0	16
98/99	10/09	16	66	110	117	332	16	76	46	107	250	0	6	62	10	62
	10/10	26	63	82	103	311	21	69	72	100	262	2	24	0	8	49
	10/11	41	89	69	89	264	21	80	62	66	270	10	0	4	1	16
99/00	10/09	27	73	64	110	306	27	71	73	79	260	0	2	21	21	64
	10/10	26	80	79	101	286	26	69	62	77	237	0	11	16	64	61
	10/11	26	64	66	90	277	26	76	61	60	249	2	6	6	10	26
00/01	10/09	19	65	65	95	264	19	60	61	60	244	0	0	4	16	20
	10/10	23	73	74	75	244	23	71	67	76	226	0	1	17	0	19
	10/11	20	70	62	70	222	20	66	62	70	217	0	0	0	0	6
01/02	10/09	20	67	116	106	330	20	60	101	61	262	0	7	14	27	40
	10/10	22	66	78	116	316	21	67	62	74	262	2	1	11	41	50
	10/11	40	64	78	66	260	40	78	46	66	249	0	6	20	1	40
Valores Médios																
01/00A	10/09	20	69	103	120	347	20	61	66	96	288	0	4	18	27	56
	10/10	22	90	94	127	343	22	61	69	66	270	0	6	20	20	74
	10/11	36	101	67	111	327	36	60	61	92	276	2	10	26	18	63

Tabela 3 A. Evapotranspiração máxima (ETm), Evapotranspiração real (ETr) e deficiência hídrica (D), valores totais em mm, em diferentes subperíodos* e no ciclo completo do feijoeiro, para três épocas de semeadura. Júlio de Castilhos, RS, período 1975/76-1995/96. CAD = 50mm.

Ano	Época	ETm					ETr					D				
		S-10E	10E-IF	IF-IEG	IEG-MF	S-MF	S-10E	10E-IF	IF-IEG	IEG-MF	S-MF	S-10E	10E-IF	IF-IEG	IEG-MF	S-MF
75/76	10/09	27	103	124	189	409	27	83	116	140	365	0	20	8	15	44
	10/10	38	107	103	137	380	33	102	102	113	350	5	5	1	24	30
	10/11	44	122	81	138	366	44	112	76	138	370	0	10	5	0	14
76/77	10/09	31	109	126	148	412	30	108	99	70	308	1	0	25	78	106
	10/10	40	106	104	123	373	40	96	64	93	283	0	10	50	30	80
	10/11	45	112	75	134	388	43	91	75	123	333	2	21	0	11	34
77/78	10/09	33	105	112	145	395	32	104	100	93	330	1	1	11	52	85
	10/10	39	95	104	142	379	39	92	72	99	302	0	3	31	43	77
	10/11	40	111	99	134	383	40	82	60	107	309	0	29	19	27	74
78/79	10/09	31	89	100	145	365	29	81	82	90	288	2	6	17	50	77
	10/10	33	87	99	170	389	32	80	69	46	227	1	7	30	124	182
	10/11	35	112	120	150	423	36	91	21	64	201	0	20	105	86	222
79/80	10/09	26	85	103	130	344	20	78	94	105	303	0	7	9	25	41
	10/10	34	90	85	157	388	33	85	81	60	258	2	5	4	87	108
	10/11	37	101	114	164	418	37	84	39	28	188	0	17	75	138	228
80/81	10/09	30	82	110	132	353	29	82	110	125	346	1	0	0	6	7
	10/10	29	93	94	127	342	29	93	86	104	312	0	0	8	23	31
	10/11	40	100	88	114	341	40	100	77	114	329	0	0	11	1	12
81/82	10/09	22	110	108	147	387	22	87	102	122	334	0	23	8	24	63
	10/10	45	93	111	153	401	37	92	106	48	284	7	0	5	105	117
	10/11	39	108	120	135	402	39	101	25	121	285	0	7	95	14	117
82/83	10/09	25	94	108	154	378	25	94	87	129	345	0	0	9	25	35
	10/10	37	89	107	149	383	37	84	90	119	330	0	6	18	30	64
	10/11	39	117	101	133	391	39	113	83	118	354	1	4	18	16	37
83/84	10/09	27	98	120	183	408	27	98	76	124	328	0	0	41	39	80
	10/10	38	103	108	139	387	38	80	69	138	325	0	23	39	0	62
	10/11	45	125	79	129	377	39	118	79	123	358	0	7	0	6	19
84/85	10/09	26	84	120	184	394	26	94	99	108	325	0	0	21	48	89
	10/10	40	98	102	172	411	40	87	68	96	299	0	11	36	76	122
	10/11	47	119	120	101	387	43	106	55	77	280	4	14	65	24	107
85/86	10/09	24	115	181	195	494	22	79	24	42	187	2	38	138	153	327
	10/10	42	135	139	180	497	41	48	39	41	189	1	88	99	140	325
	10/11	59	146	123	181	488	28	50	37	66	180	31	97	88	95	399
86/87	10/09	26	110	107	185	409	26	110	95	90	330	0	0	12	66	79
	10/10	48	88	115	144	394	48	84	78	100	310	0	4	37	43	84
	10/11	40	125	90	145	401	39	92	65	125	341	0	33	5	22	50
87/88	10/09	31	100	111	155	398	31	96	103	82	311	0	4	8	73	85
	10/10	38	94	118	144	393	38	89	59	73	280	0	5	59	70	134
	10/11	41	115	100	145	407	41	91	60	118	310	0	24	45	27	87
88/89	10/09	19	114	122	152	407	19	101	105	61	286	0	13	17	81	121
	10/10	41	105	107	160	403	39	94	51	101	285	2	12	55	40	110
	10/11	42	115	103	130	390	42	74	95	111	321	0	42	8	19	89
89/90	10/09	25	107	116	157	405	25	97	109	105	335	0	10	7	52	89
	10/10	40	101	118	142	399	39	97	73	124	333	1	5	43	17	87
	10/11	41	118	99	150	408	41	105	79	133	358	0	13	20	17	50
90/91	10/09	25	100	102	152	376	25	99	94	144	381	0	1	8	9	18
	10/10	41	87	102	159	399	41	82	82	107	321	0	5	11	63	78
	10/11	38	118	120	149	424	38	114	45	77	274	0	3	74	73	150
91/92	10/09	20	90	103	130	343	20	79	71	113	284	0	11	32	17	59
	10/10	35	88	97	131	352	33	77	84	114	307	2	11	14	18	45
	10/11	37	96	101	111	345	37	95	75	111	320	0	0	25	0	25
92/93	10/09	24	85	102	139	350	24	85	68	112	288	0	0	35	25	82
	10/10	31	86	97	123	337	31	65	79	108	284	0	20	18	14	63
	10/11	36	106	79	118	339	30	103	79	114	326	8	3	0	4	12
93/94	10/09	20	85	95	138	340	20	82	92	137	332	0	4	3	0	8
	10/10	28	85	95	156	355	28	84	95	99	306	0	1	1	57	59
	10/11	32	105	115	113	356	32	105	48	113	298	0	0	68	1	68
94/95	10/09	27	83	105	129	345	27	83	75	90	276	0	0	30	38	69
	10/10	30	89	95	109	323	30	73	78	62	243	0	10	17	47	80
	10/11	39	97	72	106	313	38	88	56	104	285	3	8	16	2	20
95/96	10/09	28	92	107	130	357	28	81	64	45	219	0	11	43	85	139
	10/10	38	92	99	107	335	34	74	19	83	211	2	18	80	24	124
	10/11	38	97	75	97	307	37	65	55	87	258	1	32	19	0	51
Valores médios																
Épocas	10/09	28	98	112	148	384	28	91	89	102	308	0	7	23	48	77
	10/10	37	95	105	144	382	36	84	73	92	285	1	12	31	52	97
	10/11	41	113	99	131	384	38	94	63	103	299	3	18	38	28	85

S - semeadura; 10E - 10 dias após emergência; IF - início da floração; IEG - início de enchimento de grãos; MF - maturação fisiológica; ciclo completo S - MF

ANÁLISE AGROCLIMÁTICA DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA PARA A CULTURA DO FEJJOEIRO NA REGIÃO DO PLANALTO MÉDIO DO RIO GRANDE DO SUL

Tabela 3 B. Júlio de Castilhos. CAD = 70mm.

Ano	Época	ETm					ETi					O				
		S-10E	10E-IP	IP-IEQ	IEQ-MP	S-MP	S-10E	10E-IP	IP-IEQ	IEQ-MP	S-MP	S-10E	10E-IP	IP-IEQ	IEQ-MP	S-MP
75/76	10/00	27	103	124	156	400	27	88	117	144	376	0	15	7	12	33
	10/10	38	107	103	137	366	34	104	102	119	359	4	4	1	19	27
	10/11	44	122	81	138	365	44	114	77	138	374	0	7	3	0	10
76/77	10/00	31	109	125	148	412	31	109	105	79	323	1	0	20	60	60
	10/10	40	106	104	123	373	40	99	62	90	297	0	7	42	27	76
	10/11	46	112	75	134	366	43	96	75	126	341	1	16	0	8	26
77/78	10/00	35	105	112	145	395	32	105	103	101	341	0	1	8	44	54
	10/10	39	95	104	142	379	39	93	79	105	315	0	2	24	37	64
	10/11	40	111	99	134	383	40	99	63	110	321	0	22	16	24	63
78/79	10/00	31	89	100	145	365	30	83	65	102	299	2	6	14	43	66
	10/10	33	67	99	170	369	33	81	75	96	245	0	5	24	114	144
	10/11	35	112	126	150	423	35	96	39	57	220	0	16	94	93	203
79/80	10/00	26	85	103	130	344	26	80	97	110	313	0	6	7	19	31
	10/10	34	90	85	157	366	33	86	62	74	275	1	3	3	64	81
	10/11	37	101	114	164	416	37	88	49	30	207	0	13	66	131	209
80/81	10/00	30	82	110	132	353	30	82	110	127	348	0	0	0	5	5
	10/10	29	93	94	127	342	29	83	66	108	318	0	0	6	18	24
	10/11	40	100	88	114	341	40	100	79	114	333	0	0	8	0	9
81/82	10/00	22	110	108	147	387	22	92	102	125	342	0	18	6	22	45
	10/10	45	93	111	153	401	39	92	108	62	301	5	0	4	91	100
	10/11	39	106	120	136	402	39	103	37	122	301	0	5	63	14	102
82/83	10/00	25	94	105	154	379	25	94	99	133	351	0	0	7	21	28
	10/10	37	89	107	149	383	37	85	93	122	338	0	4	14	26	46
	10/11	39	117	101	133	391	39	115	87	121	362	0	3	14	12	29
83/84	10/00	27	98	120	163	408	27	98	87	129	341	0	0	33	34	67
	10/10	36	103	108	130	387	36	85	74	138	335	0	18	33	0	51
	10/11	45	125	79	129	377	40	120	79	124	363	4	6	0	4	14
84/85	10/00	26	94	120	154	394	26	94	104	112	336	0	0	16	42	68
	10/10	40	98	102	172	411	40	90	74	104	307	0	8	29	66	105
	10/11	47	119	120	101	387	44	109	64	79	296	3	10	50	22	81
85/86	10/00	24	115	101	195	494	23	86	35	44	187	2	29	126	151	308
	10/10	42	136	139	160	497	41	60	44	42	187	1	78	95	138	310
	10/11	59	146	123	161	488	33	68	39	66	196	26	69	63	94	282
86/87	10/00	26	110	107	165	409	26	110	98	110	345	0	0	9	55	64
	10/10	48	88	115	144	394	48	85	65	108	324	0	3	29	38	70
	10/11	40	125	90	146	401	39	99	66	120	350	0	20	4	21	51
87/88	10/00	31	100	111	155	398	31	97	105	92	325	0	3	6	62	71
	10/10	38	94	115	144	390	38	90	60	78	276	0	3	49	65	117
	10/11	41	115	106	145	407	41	95	66	124	328	0	10	40	21	60
88/89	10/00	19	114	122	152	407	19	104	109	73	305	0	10	12	79	101
	10/10	38	94	118	144	393	39	97	60	105	303	1	0	40	65	124
	10/11	42	116	103	130	390	42	82	60	110	335	0	34	7	14	55
89/90	10/00	25	107	116	157	405	25	100	111	112	348	0	7	6	45	57
	10/10	41	106	107	150	403	39	98	82	125	347	1	0	46	44	101
	10/11	41	118	99	150	408	41	109	64	137	370	0	10	15	13	38
90/91	10/00	25	100	109	152	379	25	99	86	146	366	0	1	6	7	13
	10/10	41	87	102	169	389	41	83	94	117	336	1	3	35	13	52
	10/11	35	118	120	149	424	38	115	68	60	291	0	2	62	69	133
91/92	10/00	20	80	103	130	343	20	82	77	115	294	0	8	26	15	49
	10/10	35	88	97	131	352	33	80	67	118	318	2	6	11	13	34
	10/11	37	98	101	111	345	37	86	62	111	326	0	0	19	0	19
92/93	10/00	24	85	102	139	356	24	85	74	116	289	0	0	98	23	51
	10/10	31	86	97	123	337	31	71	62	110	294	0	16	15	12	43
	10/11	38	106	79	116	339	32	104	79	115	330	4	2	0	3	9
93/94	10/00	20	86	95	138	340	20	84	93	138	335	0	3	2	0	5
	10/10	29	85	98	156	365	28	84	65	110	317	0	1	1	47	48
	10/11	32	105	115	113	368	32	105	69	113	310	0	0	56	1	57
94/95	10/00	27	83	105	129	345	27	83	81	95	287	0	0	24	34	57
	10/10	30	89	95	109	323	30	77	81	68	250	0	12	14	41	67
	10/11	39	97	72	106	313	37	91	59	105	292	2	6	12	1	22
95/96	10/00	26	92	107	130	357	26	84	71	53	235	0	8	30	75	122
	10/10	36	92	99	107	335	35	79	29	83	225	1	14	70	24	109
	10/11	36	97	75	97	307	38	72	57	97	264	1	25	17	0	43
Valores médios																
Épocas	10/00	26	98	112	148	384	26	92	93	107	319	0	5	19	41	60
	10/10	37	95	105	144	382	38	85	78	98	299	1	10	28	47	86
	10/11	41	113	99	131	384	39	98	68	105	310	2	16	31	26	74

Tabela 4 A. Evapotranspiração máxima (ETm), Evapotranspiração real (ETr) e deficiência hídrica(D), valores totais em mm, em diferentes subperíodos* e no ciclo completo do feijociro, para três épocas de semeadura. Passo Fundo, RS, período 1975/76-2001/02. CAD = 50mm.

Ano	Época	ETm					ETr					D				
		S-10E	10E-1F	1F-1EG	1EG-MF	S-MF	S-10E	10E-1F	1F-1EG	1EG-MF	S-MF	S-10E	10E-1F	1F-1EG	1EG-MF	S-MF
75/76	10/00	24	64	110	120	349	24	70	100	105	318	0	0	0	20	0
	10/10	29	88	88	123	336	29	94	84	90	306	0	4	2	24	20
	10/11	41	85	64	122	343	41	84	84	105	317	0	12	0	14	29
76/77	10/00	31	102	120	140	403	31	102	110	140	397	0	0	6	1	6
	10/10	38	104	107	117	362	38	104	107	115	360	0	0	0	2	2
	10/11	43	114	90	110	345	43	113	60	115	343	0	0	0	1	2
77/78	10/00	20	65	107	138	367	20	61	107	115	347	0	4	0	20	20
	10/10	34	90	87	137	355	34	90	74	109	307	0	0	22	27	50
	10/11	39	104	97	127	367	39	93	74	101	307	0	12	23	20	51
78/79	10/00	33	66	107	143	379	31	66	102	111	329	2	0	5	32	47
	10/10	33	93	102	105	394	30	90	70	92	284	0	3	24	113	140
	10/11	38	100	127	162	426	38	102	32	74	245	0	6	95	76	170
79/80	10/00	20	65	95	108	316	20	65	98	108	315	0	0	0	0	0
	10/10	33	65	65	130	326	33	65	65	135	322	0	0	0	4	4
	10/11	34	84	102	127	357	34	84	93	124	330	0	0	9	13	22
80/81	10/00	27	63	105	131	347	27	63	90	131	331	0	0	15	0	15
	10/10	29	69	98	124	339	29	62	85	117	323	0	7	1	7	15
	10/11	38	69	88	117	342	38	69	79	117	330	2	0	9	0	11
81/82	10/00	23	85	107	135	380	23	85	100	134	388	0	0	1	0	1
	10/10	37	91	100	140	367	37	91	100	110	337	0	0	0	30	30
	10/11	30	101	107	134	380	30	101	85	66	274	0	0	38	66	106
82/83	10/00	24	88	85	138	333	24	88	79	88	279	0	0	5	48	54
	10/10	37	73	93	133	336	37	69	46	125	277	0	4	47	6	59
	10/11	30	103	90	118	341	30	80	67	91	297	0	14	3	27	44
83/84	10/00	25	93	103	140	362	25	93	81	122	321	0	0	22	16	41
	10/10	35	69	94	128	347	35	75	75	122	313	0	11	15	4	34
	10/11	38	107	79	120	345	38	106	76	112	332	3	1	2	8	13
84/85	10/00	24	87	84	142	348	24	85	35	99	243	0	12	90	40	103
	10/10	40	74	99	164	369	42	52	51	95	250	1	21	37	59	119
	10/11	32	109	111	114	353	27	103	63	94	287	4	5	47	20	78
85/86	10/00	22	103	137	165	420	21	70	65	62	216	0	33	73	94	202
	10/10	38	115	115	145	417	32	63	65	66	237	0	33	69	82	180
	10/11	60	115	104	143	414	47	74	65	47	234	3	44	38	65	180
86/87	10/00	25	103	112	135	376	25	84	60	102	310	0	0	24	35	60
	10/10	43	92	65	122	352	42	80	75	99	296	0	12	20	28	55
	10/11	41	105	77	116	339	37	91	77	104	308	5	14	0	12	31
87/88	10/00	26	87	111	130	354	26	87	63	111	317	0	0	18	10	37
	10/10	30	84	87	133	355	30	85	70	118	312	0	0	19	15	43
	10/11	41	97	101	120	359	39	95	61	89	315	2	2	10	31	44
88/89	10/00	20	108	115	137	360	20	102	110	115	347	0	6	5	22	33
	10/10	38	101	98	124	360	38	97	83	124	342	0	3	15	0	18
	10/11	40	102	83	108	331	40	99	83	104	326	0	4	0	2	5
89/90	10/00	23	89	111	141	375	23	85	102	114	330	0	3	0	25	40
	10/10	36	65	106	112	350	36	68	61	110	323	0	3	15	0	16
	10/11	39	106	73	124	341	30	103	70	118	330	0	3	2	8	11
90/91	10/00	23	79	87	133	332	23	79	85	108	293	0	0	12	27	38
	10/10	31	82	80	153	355	31	74	61	51	237	0	5	9	102	115
	10/11	36	102	111	123	373	34	89	26	97	245	1	13	65	25	126
91/92	10/00	23	91	103	127	345	23	81	84	127	328	0	10	0	0	19
	10/10	36	89	90	136	351	36	87	90	121	331	3	2	0	15	20
	10/11	37	95	100	103	338	37	95	60	102	314	0	0	10	1	21
92/93	10/00	26	65	107	144	362	26	60	104	126	241	0	0	3	19	21
	10/10	31	91	97	132	351	31	91	94	113	328	0	0	3	19	23
	10/11	38	111	82	112	343	38	96	62	112	326	0	14	0	0	14
93/94	10/00	21	65	98	138	353	21	65	60	129	344	0	0	0	9	9
	10/10	27	85	88	163	364	27	65	65	103	314	0	0	0	51	51
	10/11	34	105	103	87	341	34	100	68	70	282	0	5	45	27	70
94/95	10/00	27	75	104	135	341	27	75	95	127	325	0	0	8	8	16
	10/10	29	67	100	105	322	29	83	63	108	310	0	8	7	0	12
	10/11	40	101	68	111	319	40	101	88	101	310	0	0	0	9	9
95/96	10/00	17	90	113	138	357	17	84	87	46	243	0	5	10	81	113
	10/10	34	68	68	132	352	34	92	41	64	250	0	6	97	49	112
	10/11	40	104	91	118	351	40	70	68	116	285	0	54	23	0	58
96/97	10/00	25	87	110	127	359	26	87	74	104	290	1	0	48	23	60
	10/10	31	102	88	148	367	31	75	64	144	314	0	27	22	4	53
	10/11	44	97	105	120	350	37	93	104	120	367	7	4	2	0	12
97/98	10/00	25	71	87	140	323	25	71	97	107	300	0	0	0	33	33
	10/10	27	81	100	121	330	27	61	73	121	302	0	0	37	0	37
	10/11	38	103	91	100	330	38	93	61	99	319	0	9	0	2	11
98/99	10/00	19	85	126	129	360	19	85	61	95	292	0	1	35	33	59
	10/10	33	106	89	134	352	33	91	51	104	280	0	15	28	30	73
	10/11	47	90	94	115	354	43	80	73	115	319	4	6	21	0	35
99/00	10/00	32	83	111	137	363	32	74	82	115	315	0	0	20	19	45
	10/10	34	93	84	130	359	31	85	62	75	284	3	7	2	63	75
	10/11	42	105	94	132	373	40	93	57	95	289	1	12	37	39	53
00/01	10/00	28	89	117	129	360	28	85	65	81	285	0	0	26	48	77
	10/10	32	100	98	110	339	32	65	62	109	279	0	13	46	0	60
	10/11	42	95	78	85	312	41	87	77	95	302	1	5	1	0	10
01/02	10/00	23	89	115	137	374	23	86	97	137	345	0	11	10	0	29
	10/10	30	98	92	144	372	35	95	82	124	347	3	1	0	20	25
	10/11	40	105	95	114	355	40	108	74	108	326	0	0	24	5	30
Valores máximos																
Épocas	10/00	26	91	108	135	350	25	87	82	110	314	0	4	15	25	45
	10/10	34	93	85	134	355	34	85	75	105	302	1	7	15	28	54
	10/11	39	103	83	110	354	35	84	73	100	305	1	8	20	10	45

S- semeadura; 10E- 1ª folha trifoliolada desenvolvida; 1F- início da floração; 1EG- início de enchimento de grãos; MF- maturação fisiológica; ciclo completo S- MF

ANÁLISE AGROCLIMÁTICA DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA PARA A CULTURA DO FEIJOEIRO NA REGIÃO DO PLANALTO MÉDIO DO RIO GRANDE DO SUL

Tabela 4 B. Passo Fundo. CAD = 70mm.

Ano	Eneço	BTM					ET _c					D				
		S-10E	10E-IP	IP-1E0	1E0-MP	S-MP	S-10E	10E-IP	IP-1E0	1E0-MP	S-MP	S-10E	10E-IP	IP-1E0	1E0-MP	S-MP
78/79	10/09	84	84	116	125	349	84	81	111	110	324	0	4	5	10	23
	10/10	89	88	86	123	355	89	88	65	104	313	0	8	1	16	23
	10/11	41	88	84	122	343	41	88	64	111	324	0	9	0	10	19
79/77	10/09	31	109	120	149	403	31	102	116	149	399	0	0	4	0	4
	10/10	85	104	107	117	368	85	104	107	116	361	0	0	0	1	1
	10/11	43	114	88	116	340	43	114	68	118	344	0	0	0	1	1
77/78	10/09	88	85	107	130	367	89	82	107	120	340	0	3	0	19	16
	10/10	84	80	87	137	365	84	80	78	118	317	0	0	18	25	41
	10/11	55	104	87	127	367	55	88	76	104	318	0	8	10	24	51
78/79	10/09	83	85	107	143	378	82	85	103	117	348	0	0	4	26	31
	10/10	88	83	102	135	384	88	81	83	83	271	0	2	16	102	128
	10/11	36	106	127	152	423	36	104	44	77	293	0	4	88	74	151
79/80	10/09	84	85	88	108	318	85	85	88	108	316	0	0	0	0	0
	10/10	33	85	88	139	328	33	85	88	138	323	0	0	0	0	3
	10/11	34	84	102	137	337	34	84	88	137	340	0	0	0	11	17
80/81	10/09	87	83	108	131	347	87	83	84	131	338	0	0	11	0	12
	10/10	89	88	98	124	338	89	84	90	119	328	0	0	0	5	11
	10/11	88	88	88	117	342	88	88	81	117	338	0	0	7	0	8
81/82	10/09	85	85	107	120	365	85	85	107	124	358	0	0	1	0	1
	10/10	87	81	100	140	387	87	81	100	117	344	0	0	0	22	23
	10/11	38	101	107	124	380	38	101	78	78	288	0	0	21	61	91
82/83	10/09	84	88	80	138	338	84	88	80	86	328	0	0	4	40	44
	10/10	37	78	98	123	336	37	78	84	120	348	0	3	28	8	50
	10/11	30	108	90	115	341	30	108	80	118	341	0	11	2	21	34
83/84	10/09	85	88	108	140	382	85	88	88	128	350	0	0	17	18	39
	10/10	38	88	84	128	347	38	81	81	128	350	0	8	15	5	27
	10/11	38	107	78	120	345	38	107	78	114	335	2	1	1	8	0
84/85	10/09	84	87	84	142	348	84	88	48	108	358	0	0	42	40	80
	10/10	43	74	86	164	389	43	87	87	160	388	1	18	22	84	103
	10/11	82	108	111	114	365	82	104	71	88	355	0	5	40	16	68
85/86	10/09	82	100	137	160	420	81	77	78	88	327	0	28	65	82	125
	10/10	38	118	118	148	417	38	88	82	89	354	4	27	58	78	123
	10/11	30	118	104	143	414	30	81	70	81	349	2	37	34	82	148
86/87	10/09	83	103	118	138	376	83	88	84	110	380	0	7	18	26	58
	10/10	43	82	88	122	352	43	82	80	102	388	0	8	18	18	44
	10/11	41	100	77	118	358	41	84	77	107	318	3	11	0	8	28
87/88	10/09	86	87	111	120	384	86	87	88	114	388	0	0	18	18	29
	10/10	30	84	97	123	355	30	88	82	118	318	0	7	10	14	38
	10/11	41	87	101	120	355	41	88	84	86	324	1	2	7	24	34
88/89	10/09	80	108	118	137	380	80	108	118	138	384	0	4	4	18	28
	10/10	38	101	88	124	360	38	88	87	124	347	0	2	11	0	14
	10/11	40	102	83	126	361	40	100	88	104	327	0	3	0	1	4
89/90	10/09	83	88	111	141	375	83	87	105	118	348	0	8	7	23	32
	10/10	38	88	108	112	350	38	88	84	111	387	0	1	11	1	13
	10/11	39	106	78	124	341	39	104	71	118	358	0	8	2	4	8
90/91	10/09	83	78	87	128	382	83	78	88	110	380	0	0	8	28	22
	10/10	81	82	80	128	359	81	78	83	82	352	0	8	7	81	103
	10/11	38	102	111	123	378	38	82	87	103	387	1	10	74	21	108
91/92	10/09	83	81	103	127	385	83	84	86	127	381	0	7	7	0	14
	10/10	38	89	80	136	381	38	88	80	124	388	2	1	0	11	18
	10/11	87	88	100	123	385	87	88	85	102	318	0	0	18	1	18
92/93	10/09	86	88	107	144	388	86	88	108	121	347	0	0	2	13	18
	10/10	31	81	87	122	351	31	81	80	117	324	0	0	2	15	17
	10/11	38	111	82	112	343	38	100	82	112	323	0	11	0	0	11
93/94	10/09	81	88	88	136	358	81	88	86	131	348	0	0	0	6	8
	10/10	37	88	88	123	364	37	88	85	118	323	0	0	0	41	41
	10/11	34	108	103	87	341	34	102	85	73	278	0	8	27	24	68
94/95	10/09	87	78	104	126	341	87	78	88	129	329	0	0	6	6	12
	10/10	29	87	100	108	322	29	84	84	106	318	0	3	8	0	0
	10/11	40	101	88	111	318	40	101	88	104	312	0	0	0	7	7
95/96	10/09	17	80	118	138	387	17	80	108	85	388	0	4	18	81	93
	10/10	34	88	88	122	382	34	88	88	88	388	0	0	48	48	87
	10/11	40	104	81	118	381	40	77	78	116	388	0	27	20	0	48
96/97	10/09	85	87	118	127	389	85	87	83	105	382	1	0	28	28	87
	10/10	31	102	80	148	387	31	81	87	144	384	0	21	18	4	43
	10/11	44	87	108	120	388	44	84	107	120	388	0	2	1	0	8
97/98	10/09	85	71	87	140	388	85	71	87	114	387	0	0	0	28	28
	10/10	27	81	108	121	389	27	81	80	121	310	0	0	20	0	28
	10/11	38	102	81	100	380	38	88	81	89	322	0	7	0	1	8
98/99	10/09	18	83	126	129	380	18	83	88	108	388	0	1	28	28	87
	10/10	33	104	80	134	382	33	88	88	108	388	0	11	28	28	88
	10/11	47	88	84	118	384	44	81	77	118	328	0	7	18	0	28
99/00	10/09	82	88	111	127	388	82	78	88	122	327	0	7	18	18	36
	10/10	34	88	84	139	389	32	88	88	88	388	2	5	1	82	81
	10/11	42	105	84	132	373	41	88	83	105	308	1	8	21	28	67
00/01	10/09	28	88	117	129	380	28	88	84	87	388	0	0	23	42	84
	10/10	32	100	88	110	338	32	80	88	110	280	0	10	28	0	48
	10/11	42	88	78	88	312	42	88	77	88	308	1	8	1	0	7
01/02	10/09	83	88	118	137	374	83	81	101	127	381	0	0	14	0	23
	10/10	39	88	82	144	373	37	87	82	128	383	2	1	0	18	19
	10/11	40	108	88	114	358	40	108	80	102	388	0	0	10	8	23
Valores Médios																
Mês	10/09	85	81	108	136	380	85	88	86	114	322	0	5	13	22	28
	10/10	34	88	84	134	355	34	87	81	108	311	0	8	18	24	48
	10/11	39	108	88	110	364	38	84	76	102	314	1	7	18	18	40

Durante estes subperíodos, as deficiências médias variaram de 16 mm na semeadura de setembro em Passo Fundo, a 52 mm na semeadura de outubro, em Júlio de Castilhos, verificando-se, portanto, grandes diferenças entre locais e épocas de semeadura. Os subperíodos referidos apresentam maior área foliar e alta atividade fisiológica, apresentando, desta forma, elevado consumo de água. Os menores valores de deficiência hídrica ocorreram durante o subperíodo da semeadura a 10 dias após a emergência. Este subperíodo se caracteriza pelo baixo índice de área foliar, sendo este o principal fator responsável pelo baixo consumo de água, ocorrendo, desta forma, baixos valores de deficiência hídrica. Em períodos de forte estiagem, como ocorreu durante o ano agrícola 1985/86, foram observados valores de deficiência hídrica total no ciclo superiores a 300 mm, conforme verificado em Júlio de Castilhos (Tabela 3). Em trabalho realizado para a cultura da soja, MATZENAUER et al. (1998a), encontraram valores de deficiência superiores a 500 mm, para a localidade de Júlio de Castilhos, no mesmo ano agrícola.

Os resultados indicam que a deficiência hídrica é um fator limitante à obtenção de elevados rendimentos de grãos na cultura do feijoeiro e de safras agrícolas estáveis no Rio Grande do Sul. Os dados apresentados podem ser utilizados em trabalhos de zoneamento agroclimático para a cultura do feijoeiro na região do Planalto Médio do Rio Grande do Sul e na indicação da época de semeadura, visando diminuir os riscos da cultura ao fator hídrico.

CONCLUSÕES

Para as condições e locais em que foi desenvolvido este trabalho, pode-se concluir que:

1. Os maiores valores de evapotranspiração máxima do feijoeiro ocorrem em Júlio de Castilhos, sendo menores para Cruz Alta e intermediários para Passo Fundo;

2. É freqüente a ocorrência de deficiência hídrica durante o ciclo de desenvolvimento do feijoeiro;

3. O aumento na capacidade de armazenamento de água disponível no solo de 50mm para 70 mm, reduz a deficiência hídrica em torno de 15%.

4. Os valores mais elevados de deficiência hídrica ocorrem entre o início da floração e a maturação fisiológica.

5. A época de semeadura de setembro, é a que apresenta menor risco à produção de grãos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ÁVILA, A. M. H. de; BERLATO, M. A.; SILVA, J. B. da et al. Probabilidade de ocorrência de precipitação pluvial mensal igual ou maior que a evapotranspiração potencial para a estação de crescimento das culturas de primavera-verão no Estado do Rio Grande do Sul. *Pesquisa Agropecuária Gaúcha*, Porto Alegre, v.2, n.2, p. 149-154, 1996.

BERGAMASCHI, H.; OMETTO, J. C.; VIEIRA, H. J. et al. Deficiência hídrica em feijoeiro. II. Balanço de energia. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 23, n. 7, p. 745-757, 1988.

BERGAMASCHI, H.; VIEIRA, H. J.; LIBARDI, P.L. et al. Deficiência hídrica em feijoeiro. III. Evapotranspiração máxima e relações com a evapotranspiração calculada pelo método de Penman e com a evaporação do "Tanque Classe A". *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 24, n. 4, p. 387-392, 1989.

BERLATO, M. A. *Modelo de relação entre o rendimento de grãos da soja e o déficit hídrico para o Estado do Rio Grande do Sul*. São José dos Campos, 1987. 93 p. Tese (Doutorado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1987.

BERLATO, M. A. As condições de precipitação pluvial no Estado do Rio Grande do Sul e os impactos das estiagens na produção agrícola. In: BERGAMASCHI, H. (Coord.) *Agrometeorologia aplicada à irrigação*. Porto Alegre: Editora da Universidade-UFRGS, 1992. p.11-24.

BUNCE, J. A. Water stress as an almost everyday phenomenon. In: CONFERÊNCIA MUNDIAL DE INVESTIGACION EN SOJA, 4., 1989, Buenos Aires. *Actas...* Brasília, 1989. p. 232-237.

CUNHA, G. R. *Evapotranspiração e função de resposta à disponibilidade hídrica em alfafa*. Porto Alegre: UFRGS, 1991. 198 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Departamento de Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, UFRGS.

CUNHA, G. R.; HAAS, J. C.; DALMAGO, G. A. et al. Perda de rendimento potencial em soja no Rio Grande do Sul por deficiência hídrica. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v. 6, n. 1, p. 111-119, 1998.

- DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Yield response to water**. Fao: Roma, 1979. 179 p. (FAO Irrigation and Drainage Paper, 24)
- FARIAS, J. R. B.; NEUMAIER, N.; NEPOMUCENO, A. L. Impactos da seca na produção de soja. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL. 20., 1992. Chapecó, SC. **Ata e Resumos....** Chapecó: EPAGRI. 1993. p. 186.
- INSTITUTO DE PESQUISAS AGRONÔMICAS. IPAGRO. **Atlas agroclimático do Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura e Abastecimento. 1989. v. 1, 102 p.
- MATZENAUER, R.; BARNI, N. A.; MACHADO, F. A. et al. Análise agroclimática das disponibilidades hídricas para a cultura da soja na região do Planalto Médio do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 6, n. 2, p. 263-275, 1998a.
- MATZENAUER, R.; MALUF, J. R. T.; BUENO, A. C. Evapotranspiração da cultura do feijão e sua relação com a evaporação do Tanque Classe "A". **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 4, n. 2, p. 101-106, 1998b.
- MATZENAUER, R.; MALUF, J. R. T.; BUENO, A. C. Relações entre a evapotranspiração máxima do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) com a evapotranspiração de referência e com a radiação solar global. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 7, n. 2, p. 173-178, 1999.
- MATZENAUER, R.; BERGAMASCHI, H.; BERLATO, M. A. et al. **Consumo de água e disponibilidade hídrica para milho e soja no Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: FEPAGRO. 2002. 105 p. (Boletim Fepagro. 10).
- MOTA, F. S.; AGENDES, M. O. O.; ALVES, E. G. P.; SIGNORINI, E. Análise agroclimatológica da necessidade de irrigação da soja no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 4, n. 1, p. 133-138, 1996.
- PENMAN, H. L. Evaporation: and introductory survey. **Netherland Journal of Agricultural Science**, Wageningen, v. 4, p. 9-29, 1956.
- SANTOS, A.O. **Evapotranspiração máxima da alfafa na Depressão Central do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: UFRGS, 1993. 106 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, UFRGS.
- THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. The water budget and its use in irrigation. **Yearbook of Agriculture**, Washington, 1955. p. 346-358.

COMPOSIÇÃO BOTÂNICA E QUALIDADE DE UMA PASTAGEM DE MILHETO EM PASTEJO SOB DOSES DE NITROGÊNIO¹

INGRID HERINGER², EDUARDO LONDERO MOOJEN³

RESUMO- O pastejo e adubação são fatores determinantes de modificações na composição botânica e qualidade da pastagem. Um experimento com milheto (*Pennisetum americanum* (L.) Leeke) em pastejo contínuo foi conduzido no Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Santa Maria, RS, para avaliar os efeitos de doses de nitrogênio (0, 150, 300, 450 e 600 kg ha⁻¹) sobre a composição botânica e a qualidade dos componentes da pastagem. A pastagem foi utilizada por novilhas de sobreano, com uma oferta de forragem de 10 kg MS 100 kg PV dia⁻¹, de acordo com a técnica "put-and-take" (MOTT e LUCAS, 1952), num delineamento completamente casualizado com duas repetições. As avaliações da pastagem foram feitas a cada 28 dias, com corte da pastagem rente ao solo, e posterior separação manual dos componentes. Não houve efeito dos níveis de nitrogênio sobre a composição botânica da pastagem, a qual apresentou expressiva contribuição de *Digitaria adscendens* e *Brachiaria plantaginea*. O nitrogênio aumentou o teor de proteína bruta dos componentes (P<0,001) e reduziu a digestibilidade "in vitro" da matéria orgânica (P<0,05).

Palavras-chave: composição botânica, milheto, nitrogênio, pastejo

BOTANICAL COMPOSITION AND QUALITY OF PEARL MILLET PASTURE UNDER GRAZING WITH NITROGEN LEVELS

ABSTRACT- Grazing and fertilization are determinant factors that modify botanical composition and quality of pasture. A grazing experiment with pearl millet grass (*Pennisetum americanum* (L.) Leeke) was conducted at Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brazil, to evaluate the effects of nitrogen levels (0, 150, 300, 450 e 600 kg ha⁻¹) on botanical composition and quality of pasture components. It was used beef heifers in grazing to maintain the intended forage offer of 10 kg DM 100 kg⁻¹ LW⁻¹, according the put-and-take technique (MOTT and LUCAS, 1952), in an completely randomized design with two replication. Pasture evaluation were made every 28 days, with cut of pasture at soil level, and subsequent hand separation of components. The nitrogen levels no had effect about botanical composition, that showed expressive contribution of *Digitaria adscendens* and *Brachiaria plantaginea*. Nitrogen increase crude protein (P<0,001) and decrease "in vitro" organic matter digestibility of components (P<0,05).

Key words: botanical composition, grazing, nitrogen, pearl millet

¹Parte da Dissertação de Mestrado do primeiro autor apresentada ao curso de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, RS

²Zootecnista, aluna do PG em Zootecnia, UFSM, bolsista do CNPq. E-mail: renato@prezzotto.com.br

³Engenheiro agrônomo, Dr., Professor Titular do Departamento de Zootecnia, CCR, UFSM. E-mail: moojenel@terra.com.br

Recebido para publicação em 16-06-2001

INTRODUÇÃO

A adubação nitrogenada, além de aumentar a produtividade das pastagens provoca mudanças na composição botânica (GOMIDE, 1984), tanto relativas a população como à produtividade das espécies componentes (ANDREW e JOHANSEN, 1978). As modificações na composição botânica, causadas pela adição de nitrogênio (N) na pastagem, podem também ser em função do aumento no nível de carga animal, alterando o microclima do solo, bem como a ciclagem de nutrientes (CARRILO, 1986).

As forrageiras que expressam maior contribuição na pastagem são, conforme CARRILO (1986), aquelas que melhor se adaptam morfológica e fisiologicamente às condições do meio ambiente. O pastejo afeta a participação das espécies devido ao hábito seletivo dos animais, retorno das excretas e pisoteio (ARNOLD, 1981). Em pastagens de gramíneas adubadas com nitrogênio, LUDLOW (1978) comenta que a composição botânica é determinada principalmente pela competição por luz. Assim, as espécies mais eretas apresentam vantagem, e tendem a suprimir as espécies mais prostradas da pastagem (ANDREW e JOHANSEN, 1978). Também as gramíneas de bom valor nutritivo possuem vantagens sobre espécies de baixa qualidade (LUDLOW, 1978), normalmente menos responsivas ao nitrogênio (DOUGHERTY e RHYKERD, 1985).

Conforme observações de COOK et al. (1978), a adição de N em uma mistura de forrageiras temperadas tendeu a aumentar a contribuição de gramíneas espontâneas, e reduzir as espécies indesejáveis. Relato semelhante foi feito por MOOJEN (1993), em pastagem tropical de milheto sob pastejo e adubação nitrogenada.

Este trabalho foi conduzido com o objetivo de avaliar a relação entre níveis de N e a com-

posição botânica e qualidade dos componentes de uma pastagem de milheto.

MATERIAL E MÉTODOS

Um experimento de pastejo foi conduzido no Departamento de Zootecnia da UFSM, RS, para avaliar a composição botânica de uma pastagem de milheto (*Pennisetum americanum* (L.) Leeke) sob doses de nitrogênio (0, 150, 300, 450 e 600 kg ha⁻¹) em pastejo contínuo. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado com duas repetições.

O preparo do solo foi o convencional e a semeadura em linhas espaçadas em 40 cm. A adubação nitrogenada foi subdividida em quatro aplicações à lanço e em cobertura, sob a forma de uréia.

A pastagem foi utilizada em pastejo contínuo, durante 106 dias (30/12/93 a 16/04/94), por novilhas de sobreano, visando manter uma oferta de forragem de 10 kg MS 100 kg PV⁻¹ dia⁻¹, utilizando-se a técnica "put-and-take" para manter a oferta de forragem pretendida (Mott e Lucas, 1952).

A composição botânica foi determinada a cada 28 dias através da coleta de uma amostra composta do resíduo de matéria seca (MS) da pastagem, oriunda de seis cortes feitos rente ao solo, numa área de 0,25 m². Os componentes foram separados manualmente em lâmina foliar (corte na altura da lígula) e colmo + bainha de milheto, papuã (*Brachiaria plantaginea*), milhã (*Digitaria adscendens*), outras gramíneas, plantas daninhas e material morto. Posteriormente os componentes foram secos em estufa de ar forçado a uma temperatura média de 65°C até peso constante, sendo os seus valores expressos em percentagem.

O teor de N total das amostras foi obtido através do método semi-micro Kjeldahl (AOAC, 1984), e o valor obtido foi multiplicado pelo fator 6,25 e expresso em proteína bruta (PB). A digestibilidade "in vitro" da matéria orgânica (DIVMO) foi determinada pelo método de TILLEY e TERRY (1963).

Foram feitas análises de regressão entre doses de N e as demais variáveis estudadas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A participação dos componentes na pastagem de milheto é apresentada na Tabela 1, não se observando efeito dos níveis de N sobre a composição botânica. Entretanto, ressalta-se a expressiva contribuição de papuã nas unidades experimentais que receberam 300 e 450 kg N ha⁻¹, principalmente. A maior participação desta espécie nestes tratamentos deve-se, provavelmente a existência de um significativo banco de sementes de papuã no solo destas unidades experimentais. Como ao final do ciclo de produção das pastagens de verão o resíduo final de MS, em pleno florescimento, é incorporado ao solo, este permite a manutenção de um banco de sementes no local. Apesar da contribuição expressiva de papuã e milhã, o milheto foi o componente de maior participação, de 42,9 a 66,5% da matéria seca (MS) total produzida. Entretanto, o milheto teve sua contribuição reduzida no decorrer do ciclo de produção, variando de 84,2 a 23,9%, no início e fim do experimento, respectivamente. Como papuã e milhã desenvolvem-se mais próximo à superfície do solo, apresentando bom enraizamento e perfilhamento, possuem maior proteção e capacidade de tolerar o pastejo e pisoteio mais intensos. Além disso, estas espécies apresentam melhor distribuição da produção de forragem ao longo do ciclo de desenvolvimento. Sob condições similares a este trabalho, MOOJEN (1993) observou aumento significativo na participação destas gramíneas, de 24,1 para 38,9%, com o aumento da adubação nitrogenada de zero para 300 kg ha⁻¹, ao mesmo tempo em que houve redução de 14,5 para 8,7% na contribuição de espécies indesejáveis. Conforme observação do autor, as gramíneas que surgem espontaneamente na área, já apresentavam boa contribuição desde o início do pastejo, sendo que sua participação praticamente dobrou do início ao final do período de pastejo.

Tabela 1. Composição botânica em percentual dos componentes de uma pastagem de milheto sob níveis de adubação nitrogenada. Santa Maria, 1994.

Níveis de N (kg/ha)	COMPONENTES					
	Milheto	Papuã	Milhã	Outras gramíneas	Indesejáveis	Material morto
	----- % -----					
0	66,5	12,8	6,5	0,7	1,2	12,4
150	54,6	12,0	17,6	1,1	1,5	12,7
300	56,2	22,8	7,0	0,3	1,5	11,4
450	42,9	26,7	8,4	4,6	0,6	16,9
600	64,5	6,6	10,7	-	1,0	17,4

A tendência de maiores percentuais de material morto (MM) nos níveis mais elevados de N explica-se pela danificação da pastagem pelo pisoteio mais intenso decorrente das maiores cargas animais nestas áreas.

A percentagem de PB presente nos componentes lâmina foliar e colmo + bainha de milheto, papuã e milhã é apresentada na Figura 1. O teor de PB de lâmina foliar apresentou relação quadrática com os níveis de N ($P < 0,001$), e linear positiva para os demais componentes ($P < 0,0006$). Embora alguns autores ressaltam que o aumento no teor de PB com a adubação nitrogenada deve-se a maior proporção de folhas no perfil da pastagem (STOBBS, 1975; CORSI, 1986; CORSI e NUSSIO, 1992), isto não foi observado no presente experimento, onde a relação lâmina foliar/colmo + bainha manteve-se inalterada. Esta observação também foi feita por MINSON (1981), que com níveis alto e baixo de N obteve aumento de 9,9 para 14,1% no teor de PB, apesar da proporção de folhas ser reduzida de 55 para 48%.

A resposta quadrática do teor de PB de folhas em relação aos níveis de N é devido, provavelmente, por ser nesta fração da planta onde primeiro ocorre saturação do nutriente, quando há sobrecarga da capacidade metabólica da planta.

Os níveis de PB das folhas de milheto foram muito semelhantes àqueles observados nos compo-

nentes papuã e milhã, destacando-se o bom valor nutritivo destas espécies. MORAES e MARASCHIN (1988), avaliando milheto em pastejo com níveis de oferta de forragem, levantaram teores de PB de folha e colmo de 11,60 e 7,95%, respectivamente, similares àqueles do tratamento 0 kg N ha⁻¹ do presente experimento.

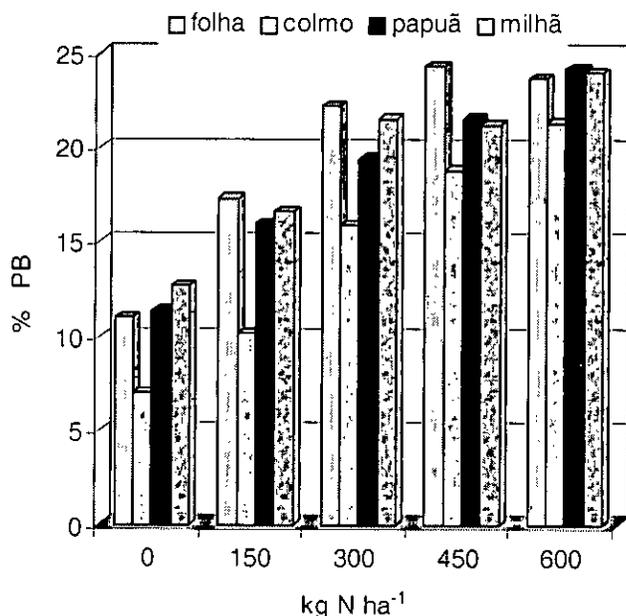


Figura 1. Percentagem de proteína bruta (PB) nos componentes folha e colmo de milheto, papuã e milhã, na pastagem de milheto sob níveis de adubação nitrogenada. Santa Maria, 1994.

Os valores de DIVMO dos componentes da pastagem (Figura 2), apresentaram relação linear negativa com os níveis de N ($P < 0,05$). Já a DIVMO de papuã e milhã foi relativamente maior do que a de lâmina foliar e colmo + bainha de milheto, novamente ressaltando que estas espécies tem importante valor agrônômico na pastagem.

A diferença na DIVMO entre lâmina foliar e colmo + bainha foi pequena, discordando da bibliografia (HACKER e MINSON, 1981). Isto pode ser decorrente da grande quantidade de afilhos e material jovem da planta no momento da avaliação, que contribuíram para elevar a qualidade da fração colmo + bainha.

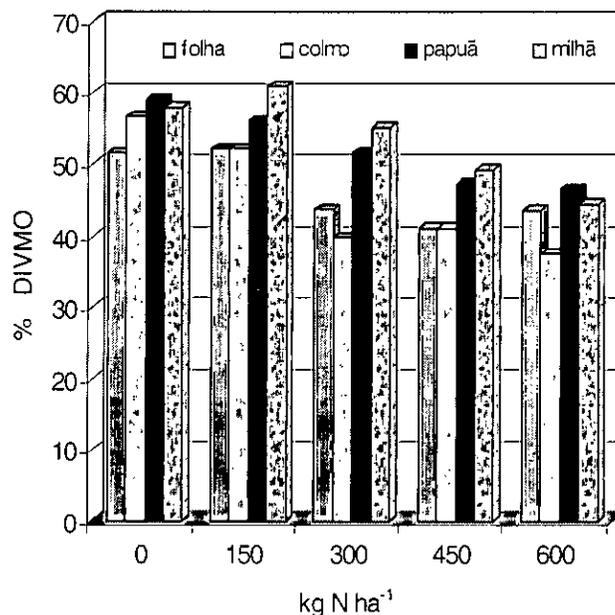


Figura 2. Percentagem de digestibilidade “in vitro” da matéria orgânica (DIVMO) nos componentes folha e colmo de milheto, papuã e milhã, na pastagem de milheto sob níveis de adubação nitrogenada. Santa Maria, 1994.

A redução na DIVMO com o acréscimo da adubação pode ser devido ao aumento na quantidade de material estrutural, e lignificação dos tecidos vegetais para suportar o maior crescimento da pastagem.

CONCLUSÕES

Os níveis de nitrogênio não interferem na composição botânica da pastagem de milheto. As gramíneas que surgem espontaneamente na pastagem contribuem para aumentar a produção e qualidade do milheto.

A adubação nitrogenada eleva o teor de proteína bruta e reduz a digestibilidade dos componentes da pastagem.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDREW, C. S.; JOHANSEN, C. Differences between pasture species in their requirements for nitrogen and phosphorus. In:

- WILSON, J. R. **Plant relations in pastures**. Melbourne, 1987. p. 111-127.
- AOAC. ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. **Official Methods Analysis**. Washington: WILLIAMS, S., 1984. 1141 p.
- ARNOLD, G. W. Grazing behavior. In: MORLEY, F. H. W. **Grazing animals**. Amsterdam, 1981. p. 79-104.
- CARRILO, J. **Interrelaciones pastura-animal, su manejo**. Balcarce: INTA-EEA, 1986. 18 p.
- CORSI, M. Adubação nitrogenada das pastagens. In: PEIXOTO, A. M.; MOURA, J. C. de; FARIA, V. P. de. **Pastagens: fundamentos da exploração racional**. Piracicaba: FEALQ, 1986. p. 109-132.
- CORSI, M.; NUSSIO, L. G. Manejo de capim elefante: correção e adubação do solo. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 10, 1992, Piracicaba. **Anais ...** Piracicaba: FEALQ, 1992. p. 87-117.
- DOUGHERTY, C. T.; RHYKERD, C. L. The role of nitrogen in forage-animal production. In: HEATH, M. E.; BARNES, R. F.; METCALFE, D. S. **Forages: the science of grassland agriculture**. Ames, 1985. p. 318-325.
- GOMIDE, J. A. Adubação de pastagens estabelecidas. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 7, 1984, Piracicaba. **Anais ...** Piracicaba: FEALQ, 1984. p. 33-60.
- HACKER, J. B.; MINSON, D. J. The digestibility of plant parts. **Herbage abstracts**, Hurley, n.9, p.459-482, 1981.
- LUDLOW, M. M. Light relations of pasture plants. In: WILSON, J. R. **Plants relations in pasture**. Melbourne, 1978. p. 35-49.
- MINSON, D. J. Nutritional differences between tropical and temperate pastures. In: MORLEY, F. H. W. **Grazing animals**. Amsterdam, 1981. p. 143-158.
- MOOJEN, E. L. **Avaliação de milheto (*Pennisetum americanum* (L.) Leeke) sob pastejo com níveis de nitrogênio**. Santa Maria - RS. 39p. Tese (Progressão a Professor Titular) - Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria, 1993.
- MORAES, A.; MARASCHIN, G. E. Pressões de pastejo e produção animal em milheto cv. Comum. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 2, p. 197-205, 1988.
- MOTT, G. O.; LUCAS, H. L. The design, conduct and interpretation of grazing trials on cultivated and improved pastures. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 6, 1952, Pennsylvania. **Proceedings ...** Pennsylvania: State College Press, 1952. p. 1380-1385.
- STOBBS, T.H. The effect of plant structure on the intake of tropical pasture. III- Influence of fertilizer nitrogen on the size of bite harvested by jersey cows grazing *Setaria anceps* cv. Kazungula swards. **Australian Journal of Agricultural Research**, Victoria, v. 26. p. 997-1007, 1975.
- TILLEY, J. M. A.; TERRY, R. A. A two-stage technique for the "in vitro" digestion of forage crop. **Journal of British Grassland Society**, Hurley, v. 18, n. 2, p. 104-111, 1963.

SOBRE-SEMEADURA DE AVEIA PRETA (*Avena strigosa*) + AZEVÉM ANUAL (*Lolium multiflorum*) EM CAMPO NATURAL COM E SEM O USO DE HERBICIDAS¹

ADROVANY TEIXEIRA CARVALHO², EDUARDO LONDERO MOOJEN³, RODRIGO JOSEMAR SEMINOTI JACQUES⁴

RESUMO - Este trabalho objetivou avaliar uma pastagem de aveia preta (*Avena strigosa*) + azevém (*Lolium multiflorum*) introduzida por sobre-semeadura em campo natural sem (testemunha) e com herbicidas, e observar o efeito dos herbicidas na sucessão vegetal. Os herbicidas usados foram glyphosate (540, 1080 e 1620 g/ha de i.a.), diuron + paraquat (300 g/ha de i.a. + 600 g/ha de i.a.) e paraquat (600 g/ha de i.a.). A produção de matéria seca foi maior nos tratamentos com herbicidas, mas os teores médios de proteína bruta e digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica foram similares. Os tratamentos não afetaram a presença de *Desmodium incanum*. O aumento da dose de glyphosate elevou a participação de *Vernonia nudiflora*, *Eryngium horridum*, solo descoberto e mantilho, e reduziu a de *Paspalum notatum*. Os herbicidas diuron + paraquat e paraquat causaram elevação na ocorrência do *Paspalum notatum*, diminuíram a presença do solo descoberto e mantilho, e mantiveram a de *Eryngium horridum*. Paraquat reduziu a ocorrência de *Vernonia nudiflora*.

Palavras-chave: Digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica, diuron, glyphosate, matéria seca, paraquat, proteína bruta, sobre-semeadura.

SODSEEDING BLACK OATS (*Avena strigosa*) + ANNUAL RYEGRASS (*Lolium multiflorum*) IN A NATURAL PASTURE WITH AND WITHOUT HERBICIDES APPLICATION

ABSTRACT - The objective of this work was to evaluate a pasture of Black Oats (*Avena strigosa*) + annual ryegrass (*Lolium multiflorum*) introduced by sodseeding in a native pasture with and without herbicide application, and to observe the effect of the herbicides on plant succession. The herbicides used were glyphosate (540, 1080, and 1620 g/ha a.i.) diuron + paraquat (300 g/ha a.i. + 600 g/ha a.i.) and paraquat (600 g/ha a.i.). The dry matter production (DM) was higher in the treatments with herbicides, and mean crude protein content and *in vitro* organic matter digestibility (IVOMD) were similar. The treatments did not affect the occurrence of *Desmodium incanum*. The higher doses of glyphosate increased the participation of *Vernonia nudiflora*, *Eryngium horridum*, uncovered soil and litter, and reduced *Paspalum notatum*. The herbicides diuron + paraquat, and paraquat increased the presence of *Paspalum notatum*, decreased uncovered soil and litter, and maintained *Eryngium horridum*. Paraquat decreased the occurrence of *Vernonia nudiflora*.

Key words: *In vitro* organic matter digestibility, diuron, glyphosate, dry matter, paraquat, crude protein, sodseeding.

¹Extraído da Dissertação de Mestrado apresentado pelo autor à UFSM, Santa Maria, RS

²Zootecnista, Mestre em Zootecnia

³Eng. Agrôn., Doutor, Professor Titular, Departamento de Zootecnia, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), CEP 97119-900, Santa Maria RS, E-mail: moojen1@creta.ccr.ufsm.br. Autor para correspondência

⁴Eng. Agrôn., Aluno de Mestrado em Microbiologia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa, MG
Recebido para publicação em 12-07-2001

INTRODUÇÃO

As pastagens naturais do Rio Grande do Sul constituem-se no principal recurso forrageiro utilizado pelos rebanhos bovino e ovino do Estado, ocupando uma área de cerca de 10 500 000 hectares (IBGE, 1996).

A maioria das espécies componentes da pastagem natural são de crescimento estival, ocasionando flutuações acentuadas de disponibilidade e qualidade de forragem durante as estações climáticas do ano. Esta estacionalidade determina uma abundância de produção na época quente do ano e um acentuado declínio quanti-qualitativo na época fria.

A pesquisa tem apresentado diversas alternativas para suprir a deficiência do campo natural na estação fria do ano, tais como, o diferimento de espécies forrageiras estivais e da pastagem natural, conservação da forragem via fenação e ensilagem, arraçoamento e, estabelecimento de pastagens de estação fria na forma convencional ou por sobre-semeadura em campo natural.

Entre as alternativas para compensar a estacionalidade dos campos naturais, a prática do estabelecimento por sobre-semeadura de forrageiras (gramíneas e leguminosas) de estação fria tem se mostrado um eficiente sistema de cultivo. Há mais de duas décadas, pesquisas como as realizadas por SCHOLL et al. (1976), BARRETO et al. (1974) e COELHO FILHO e QUADROS (1995), entre outras, vêm demonstrando o grande valor desta prática.

As vantagens apresentadas pela sobre-semeadura quando comparada ao sistema convencional de estabelecimento são referentes à redução no custo e tempo de implantação, menor mão-de-obra, maior conservação do solo, em especial naqueles leves e declivosos, e maior sustentabilidade da pastagem natural. Em relação ao cultivo convencional, outra grande vantagem é a manutenção da pastagem natural o que possibilita o seu uso pós-cultura hibernal.

Uma possível desvantagem é o fato da pastagem natural, muitas vezes por influência climática, paralisar o crescimento já bastante tarde no outono, dificultando e retardando o estabelecimento e, provavelmente, impedindo a máxima exploração potencial da pastagem introduzida. Devido a este problema, produtores do RS estão utilizando herbicidas para antecipar e garantir o estabelecimento. Esta prática carece ainda de informações científicas, particularmente sobre a dinâmica da vegetação natural após o seu uso.

O presente trabalho objetivou avaliar o efeito dos herbicidas no estabelecimento e produção de uma pastagem de aveia preta (*Avena strigosa*) + azevém anual (*Lolium multiflorum*) introduzida em campo natural por sobre-semeadura, bem como avaliar a sucessão vegetal na estação quente seguinte.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em área de campo natural do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Santa Maria, localizada no Município de Santa Maria, região fisiográfica da Depressão Central do RS. O clima da região é subtropical úmido, do tipo Cfa 2 e o solo pertence à Unidade de Mapeamento São Pedro, classificado como Argissolo Vermelho (EMBRAPA, 1999). O trabalho realizou-se em pastagem natural que vinha sendo utilizada sob pastejo contínuo de bovinos. A pastagem foi roçada com roçadeira mecânica em 28/11/95. A área foi vedada ao pastejo em 24/02/97.

Os tratamentos constaram da introdução, por sobre-semeadura, de aveia preta + azevém anual com renovadora de pastagens marca Fundiferro, modelo RP 101, em campo natural com e sem a aplicação de herbicidas sistêmico (glyphosate) e de contato (diuron + paraquat e paraquat), assim discriminados: SH - Testemunha, sem herbicida; GLA - 1,5 l/ha de glyphosate (540 g/ha de i.a.); GLB - 3,0 l/ha de glyphosate (1080 g/ha de i.a.);

GLC - 4,5 l/ha de glyphosate (1620 g/ha de i.a.); DPQ - 3,0 l/ha de diuron + paraquat (300 + 600 g/ha de i.a., respectivamente); PQ - 3,0 l/ha de paraquat (600 g/ha de i.a.). A aplicação dos herbicidas foi realizada no dia 17/04/96, nas seguintes condições meteorológicas: temperatura do ar de 23°C, umidade relativa do ar de 60%, velocidade do vento entre 1,4 a 2,0 m/s e céu com pouca presença de nuvens. A adubação no estabelecimento constou de 130 kg/ha de P₂O₅, 120 kg/ha de K₂O e 30 kg/ha de N, sendo que mais três aplicações de 60 kg/ha de N (uréia) foram realizadas em cobertura em 12/06, 15/08 e 17/09/96.

O delineamento experimental utilizado foi o de Blocos Inteiramente Casualizados com seis tratamentos e quatro repetições. O experimento foi instalado em uma área de 2,0 ha, dos quais 990 m² definidos como área experimental, sendo a mesma subdividida em 24 unidades experimentais, com 41,25 m² cada. Antecedendo a aplicação dos tratamentos, foi realizado o primeiro levantamento botânico (L1) em 08/04/96 pelo método do ponto (LEVY e MADDEN, 1933). A semeadura e adubação ocorreram em 03/05/96. O segundo levantamento (L2) foi executado em 24/02/97.

Para avaliar a produção de matéria seca (MS) da pastagem cultivada, foram efetuados três cortes na área útil das parcelas (14,57 m²) em intervalos médios de 33 dias, com tesoura de esquila, a uma altura aproximada de 7 cm acima da superfície do solo. Para estimar os teores de N total, com posterior cálculo dos teores de proteína bruta, foi usado o método de BREMNER (1965), e para estimar a digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica (DIVMO), usou-se a técnica de TILLEY e TERRY (1963), modificada por PIRES et al. (1979). Para estas análises laboratoriais, foi usado o material verde das amostras cortadas para as avaliações de produção de forragem, de onde foram retiradas duas sub-amostras. Uma foi conduzida a estufa de ar forçado à 60°C, até peso constante, para determinação da MS. a outra foi acondicionada em con-

gelador, a qual foi separada manualmente em seus componentes e seca em estufa nas mesmas condições, estimando-se assim o rendimento de MS dos componentes em cada corte, sendo posteriormente, moída em moinho Willey com peneira de 1 mm.

Os parâmetros avaliados foram submetidos a análise da variância utilizando o programa computacional SAS versão 1990. Quando o efeito dos tratamentos foi significativo, foi aplicado o teste t de Student (PDIFF) com níveis variados de significância para a comparação entre as médias.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve diferença significativa de produção de MS nos dois primeiros cortes e no total, entre os tratamentos com herbicidas e testemunha (Tabela 1). Entre os tratamentos com herbicidas, observa-se que não houve diferença significativa na produção total de MS, demonstrando que, para as condições em que foi conduzido o experimento, não houve influência do modo de ação dos herbicidas (sistêmico e contato) e nem influência das doses do produto glyphosate. Estes resultados evidenciam o efeito positivo dos herbicidas sobre a produção de MS da pastagem introduzida, atribuído à menor competição exercida pelo campo natural nestes tratamentos.

Observações feitas por CARÁMBULA (1992) e MARASCHIN (1993), também atribuem boa parte do sucesso na introdução de espécies cultivadas à redução da competição exercida pelo campo natural, demonstrando que o herbicida é uma ferramenta que pode ser usada com sucesso. Resultados semelhantes foram obtidos por GOMAR et al. (1996) no Uruguai, onde avaliaram a produção de MS de uma mistura de aveia + azevém sobre-semeada em campo natural, comparando herbicidas de contato e sistêmico. Estes autores observaram que a produção de MS foi superior nos tratamentos com herbicida, e quando usou-se o glyphosate houve tendência de aumento da produção à medida em que se elevou a dose.

Tabela 1. Produção de matéria seca (kg/ha) da pastagem de aveia (*Avena strigosa*) + azevém (*Lolium multiflorum*) sobre-semeada em campo natural com e sem a aplicação de herbicidas

Tratamentos	Datas dos cortes			Total
	31/07/96	04/09/96	17/10/96	
Sem herbicida (testemunha)	257c ¹	1686c	2829a	4772b
Glyphosate (540 g/ha de i.a.)	594ab	2723ab	2668a	5986a
Glyphosate (1080 g/ha de i.a.)	598ab	2698ab	2745a	6042a
Glyphosate (1620 g/ha de i.a.)	678a	2804a	2795a	6278a
Diuron + paraquat (300 + 600 g/ha de i.a.)	510b	2348b	2827a	5686a
Paraquat (600 g/ha de i.a.)	688a	2307b	2849a	5843a
P	0,0008	0,0005	0,8075	0,0012
CV (%)				14,70

¹ Médias na mesma coluna seguidas de letras diferentes, diferem significativamente pelo teste t de Student (PDIF).

Quanto à produção de MS das espécies introduzidas, a aveia preta foi responsável por cerca de 49% e o azevém, do restante. Ao longo do experimento, houve queda na contribuição da aveia, que no primeiro corte chegou a representar 95%, em média da MS, e no último somente 15%. O azevém comportou-se de forma inversa, sendo sua contribuição crescente ao longo do tempo.

Com relação ao teor de proteína bruta (PB) e digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica (DIVMO) da forragem produzida, não houve diferença significativa entre os tratamentos. O teor de PB foi, em média, de 13,5%, tendo decrescido de 17,4% na média do primeiro corte, para 8,4% no último. A DIVMO da forragem foi de 53,3%, em média, e tal como o parâmetro anterior, decresceu de 67,0 para 43,1%, do primeiro para o terceiro corte, respectivamente. POLI (1995) e FONTANELLI e FREIRE (1991), encontraram para a mistura aveia preta + azevém, valores médios de 15,5 % de PB, sendo estes próximos aos obtidos no presente trabalho.

Na Tabela 2 são apresentados os valores referentes às contribuições percentuais dos principais componentes da pastagem natural, antes (08/04/96) e após (24/02/97) a aplicação dos tratamentos., sendo que juntos estes componentes representaram 70 % da contribuição no primeiro levantamento. Ao analisar o componente *Paspalum notatum*, observa-se que não houve diferença significativa entre os tratamentos no primeiro levantamento, mas no segundo, os tratamentos influenciaram significativamente ($P < 0,0036$) na percentagem de ocorrência desta espécie. Os tratamentos testemunha, diuron + paraquat e paraquat apresentaram a maior contribuição de *P. notatum*, comportamento inverso apresentado pelos tratamentos com glyphosate.

O mantilho (MS em processo de reciclagem) não apresentou diferença significativa entre os tratamentos no primeiro levantamento, tendo frequência média de 19,3 % (Tabela 2). Já no segundo levantamento, a contribuição do mantilho

Tabela 2. Contribuição percentual dos principais componentes da pastagem natural nos levantamentos botânicos realizados antes (L.1) e após (L.2) a aplicação dos herbicidas

Tratamentos	Componente					
	<i>P. notatum</i>		Mantilho		<i>V. nudiflora</i>	
	L.1	L.2	L.1	L.2	L.1	L.2
Sem herbicida (testemunha)	51,2bc ¹	60,6a	15,9abc	13,4bc	2,2bc	1,2bc
Glyphosate (540 g/ha de i.a.)	46,9c	33,7d	19,4ab	15,0abc	4,1bc	3,7bc
Glyphosate (1080 g/ha de i.a.)	47,5bc	15,0e	21,2a	21,2a	2,8	5,3
Glyphosate (1620 g/ha de i.a.)	47,2bc	13,0e	20,6a	21,2a	5,6b	12,5a
Diuron + paraquat (300 + 600 g/ha de i.a.)	45,0c	65,9a	16,6a	10,6c	3,1	1,1
Paraquat (600 g/ha de i.a.)	44,4c	58,7a	21,9abc	9,1c	4,4bc	1,1c
Média	47,0	41,1	19,3	15,1	3,7	4,2
P	0,0036		0,1203		0,0256	

¹ Médias nas colunas, por componente, seguidas de letras diferentes, diferem significativamente pelo teste t de Student (PDIFF).

foi modificada pela aplicação dos tratamentos. Em relação ao percentual de mantilho, observou-se que as doses do herbicida sistêmico não diferiram entre si, sendo que as maiores doses apresentaram uma maior contribuição do mantilho que os demais tratamentos. Entre os herbicidas de contato não houve diferença e ambos não diferiram da menor dose de glyphosate e da testemunha. À medida em que se aumentou a dose do herbicida sistêmico, houve tendência de aumentar-se o controle sobre a vegetação natural, aumentando, conseqüentemente o mantilho. Já para os herbicidas de contato, verifica-se que isto não ocorreu, havendo queda na contribuição deste componente. No primeiro levantamento, os valores do mantilho foram elevados em virtude do manejo aplicado à pastagem natural antes da aplicação dos tratamentos, quando foram executadas duas roçadas a uma altura média de 7 cm.

Observações semelhantes para o glyphosate, e diferentes para o paraquat, foram feitas por

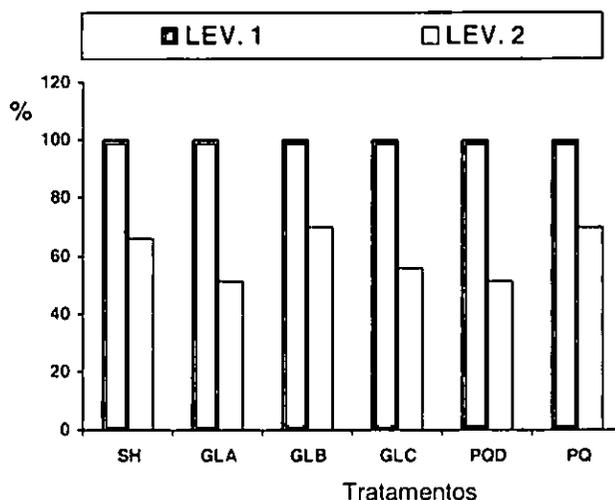
GOMAR et al. (1996), ao estudarem o efeito das doses desses herbicidas em uma pastagem natural do Uruguai sobre-semeada com aveia + azevém, uma vez que, o mantilho teve sua contribuição aumentada com ambos herbicidas, e que entre estes, na mesma dosagem, o glyphosate foi superior.

Os valores da contribuição percentual da *Vernonia nudiflora* (Tabela 2) permitem descrever esta espécie como oportunista, pois a abertura da comunidade, provocada pela maior dose do glyphosate, proporcionou condições favoráveis para o seu crescimento. Condição inversa foi observada para o paraquat, que provocou redução na participação desta espécie. Atribui-se a isto, a manutenção e ao aumento da densidade de espécies naturais na área, densidade esta influenciada não somente pelas características do herbicida, como também pela adubação utilizada. Não foi possível estimar se houve alterações na frequência deste componente nos tratamentos 1080 g/ha

de i.a de glyphosate e diuron + paraquat pelo teste de Student (PDIFF), ainda que percentualmente tais alterações podem ser verificadas. CARÁMBULA et al. (1994), observaram que o glyphosate (2,5 l/ha) afeta as espécies estivais produtivas, substituindo-as por gramíneas hibernais de baixa produção, além de elevar a população de espécies indesejáveis, ao passo que o paraquat, na mesma dose, não interfere na composição florística do campo natural.

Apesar da impossibilidade de analisar a evolução do *Desmodium incanum*, *Eryngium horridum* e solo descoberto pelo teste estatístico proposto, devido ao elevado nível de significância para uma diferenciação entre as médias, é feita uma análise comparando a evolução percentual destes componentes nos dois levantamentos. A contribuição dos componentes no primeiro levantamento é considerada como 100%. Em todos os tratamentos ocorreu uma queda percentual na frequência do *D. incanum*, observada do primeiro para o segundo levantamento (Figura 1). No entanto, comparando-se os outros tratamentos com a testemunha, verifica-se que as diferenças são pequenas, tendo ocorrido um pequeno aumento percentual nos tratamentos com paraquat e glyphosate na maior dosagem, e queda nos demais. desta forma, observa-se que o *D. incanum* apresentou comportamento indiferente aos herbicidas e doses usadas neste experimento.

Os tratamentos testemunha e diuron + paraquat apresentaram leve decréscimo na frequência do *Eryngium horridum*, ao passo que os demais condicionaram uma elevação (Figura 2). Este aumento foi de 3,4 pontos percentuais no tratamento com paraquat e tendeu a elevar-se com o aumento das doses do herbicida sistêmico. Foi notável o favorecimento do glifosato ao *Eryngium*. Este comportamento pode ser explicado pela menor densidade de plantas e cobertura do solo, condições estas que vêm, a exemplo do que ocorreu com a *V. nudiflora*, favorecer o aumento na sua frequência. A resposta observada confirma as observações feitas por GIMENES e RÍOS (1991), que concluíram que o *E. horridum*,

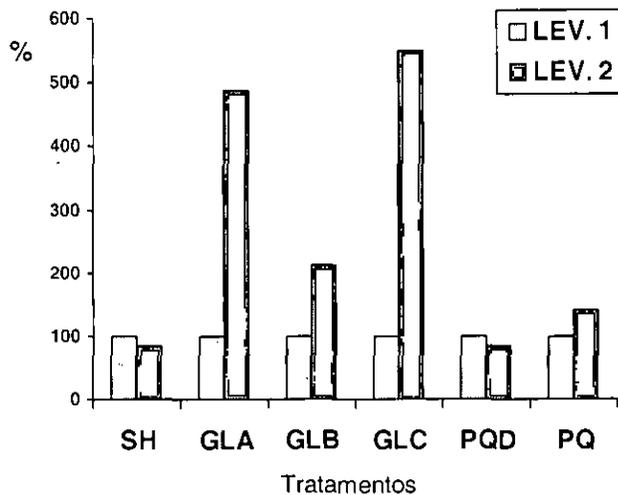


SH - sem herbicida (testemunha)
 GLA - glyphosate na dose de 540 g/ha de i.a.
 GLB - glyphosate na dose de 1080 g/ha de i.a.
 GLC - glyphosate na dose de 1620 g/ha de i.a.
 DPQ - diuron + paraquat na dose de 300+600 g/ha de i.a...respectivamente
 PQ - paraquat na dose de 600 g/ha de i.a.

Figura 1. Evolução percentual do *Desmodium incanum* nos levantamentos botânicos realizados antes (L.1) e após (L.2) a aplicação dos herbicidas na pastagem natural

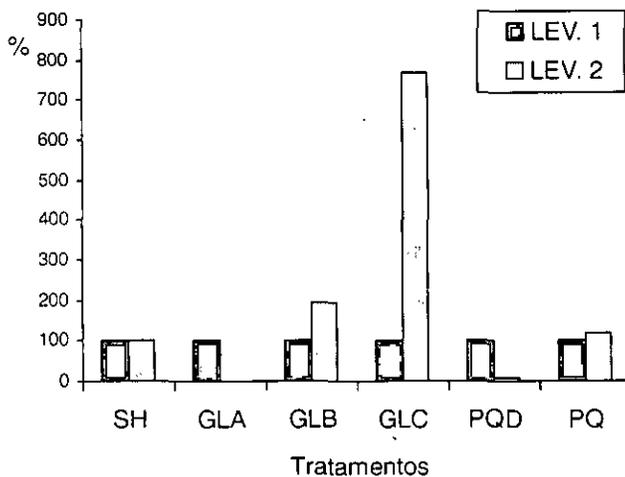
apresenta grande resistência a estes produtos químicos, necessitando a integração de outras práticas de manejo para o seu controle.

Com relação ao solo descoberto, quando comparados os dois levantamentos, observa-se que a frequência foi mantida na testemunha (Figura 3); já nos tratamentos 540 g/ha de i.a. e 1620 g/ha de i.a. de glyphosate e diuron + paraquat verificou-se quedas de 100 e 90 %, respectivamente. Nos tratamentos paraquat, 1080 e 1620 g/ha de i.a. de glyphosate foram evidenciados aumentos, respectivamente de 19,94 e 777 %. Estes dados demonstram que o componente solo descoberto apresenta tendência a aumentar sua frequência à medida em que aumenta-se a dose do herbicida sistêmico. Examinando-se os herbicidas de contato, nota-se tendência de se manter a contribuição do solo descoberto e até mesmo diminuí-lo.



SH - sem herbicida (testemunha)
 GLA - glyphosate na dose de 540 g/ha de i.a.
 GLB - glyphosate na dose de 1080 g/ha de i.a.
 GLC - glyphosate na dose de 1620 g/ha de i.a.
 DPQ - diuron + paraquat na dose de 300+600 g/ha de i.a., respectivamente
 PQ - paraquat na dose de 600 g/ha de i.a.

Figura 2. Evolução percentual do *Eryngium horridum* nos levantamentos botânicos realizados antes (L.1) e após (L.2) a aplicação dos herbicidas na pastagem natural



GLA - glyphosate na dose de 540 g/ha de i.a.
 GLB - glyphosate na dose de 1080 g/ha de i.a.
 GLC - glyphosate na dose de 1620 g/ha de i.a.
 DPQ - diuron + paraquat na dose de 300+600 g/ha de i.a., respectivamente
 PQ - paraquat na dose de 600 g/ha de i.a.

Figura 3. Evolução percentual do solo descoberto nos levantamentos botânicos realizados antes (L.1) e após (L.2) a aplicação dos herbicidas na pastagem natural

CONCLUSÕES

1. Os herbicidas glyphosate, diuron + paraquat e paraquat, nas dosagens utilizadas, em sobre-semeadura de gramíneas de estação fria em campo natural, favorecem a produção de forragem das espécies introduzidas, sem afetar a sua qualidade.
2. Os herbicidas testados, em suas respectivas dosagens, modificam a contribuição relativa de ocorrência de espécies importantes do campo natural.
3. Os herbicidas atuam diferencialmente sobre a vegetação natural.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARRETO, I.L.; SCHOLL, J.M.; LOBATO, J.F.P. Aveia e trevo branco introduzidos em pastagens permanentes de estação quente como forma de produção de forragem durante o período invernal. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 11, 1974, Fortaleza, Anais... Fortaleza: SBZ, 1974. p.316-317.
- BREMNER, J.M. Total nitrogen. In: BLACK, C.A. (Ed.) *Methods of soil analysis*. Madison, ASA, 1965. Pl.2, chap. 83, p. 1149-1178. (Agronomy, 9).
- CARÁMBULA, M. Mejoramientos extensivos en la región este: Resultados experimentales. Treinta y Tres: INIA, Uruguay, 1992. p. 12 -16.
- CARÁMBULA, M.; AYALA, W.; CORRIQUIRY, E.; BERMÚDEZ, R. Siembra de mejoramientos en cobertura. INIA, 1994. 20 p. (INIA, Boletim de Divulgación, 46).
- COELHO FILHO, R.C.; QUADROS, F.L.F. de. Produção animal em misturas forrageiras de estação fria semeadas em uma pastagem natural. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.25, n.2, p.289-293, 1995.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília, 1999. 412p.
- FONTANNELLI, R.S.; FREIRE JÚNIOR, N. Avaliação da consorciação de aveia e azevém anual com leguminosas de estação fria. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.26, n.5, p.623-630, 1991.
- GIMÉNEZ, A.; RIOS, A. Control de malezas en campo natural en pasturas y producción animal en áreas de ganadería extensiva. La Estanzuela: INIA Uruguay, Serie Técnica n.13, 1991. 134p.

- GOMAR, E.R.; PRÉCHAC, F.G.; MARCHESI, C. Siembra directa en sistemas basados en producción de forraje: Región Noreste. In: CURSO DE ATUALIZACIÓN SOBRE MANEJO Y CONSERVACION DE SUELOS, 1996, Montevideo. *Anais...* Montevideo: INIA Uruguai, 1996.p.101-121.
- IBGE - 1996. <http://www1.ibge.gov.br/ibge/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/43/utiliza.shtm>.
- LEVY, E.B.; MADDEN, E.A. The point method of pasture analysis. *New Zealand Journal of Agriculture*, Wellington, v.46, p.267-279, 1993.
- MARASCHIN, G.E. Pastagens melhoradas via cultivo mínimo ou associação. In: PASTAGENS - Fundamentos da exploração racional, 1993, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: ESALQ, 1993, p. 275-308.
- PIRES, M.B.G.; FREITAS, E.A.G.; TRINDADE, D.C. Estabelecimento de um sistema de digestibilidade *in vitro* no laboratório de pesquisa em produção animal da Secretaria da Agricultura. *Anuário Técnico do IPZFO*, Porto Alegre, v.6, p. 345-385, 1979.
- POLI, C.H.E. Cadeias forrageiras para o Planalto-Missões. In: FEDERACITE - CADEIAS FORRAGEIRAS REGIONAIS. Esteio, RS. *Anais...*Porto Alegre: Caramuru, 1995, p.160-178.
- SAS INSTITUTE. *SAS/STAT>User's guide: statistics*. Version 6, v.2, 4 ed. Cary, 1996.
- SCHOLL, J.M.; LOBATO, J.F.P.; BARRETO, I.L. Improvement of pastures by direct seeding into native grass in Southern Brazil with oats, and with nitrogen supplied by fertilizer or arrowleaf clover. *Turrialba*, San Jose, vol. 26, n.2, p. 144-149, 1976.
- TILLEY, J.M.A.; TERRY, R.A. A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crop. *Journal of the British Grassland Society*, Hurley, v. 18, n.2, p. 104-111, 1963.

COMPORTAMENTO DE LEGUMINOSAS FORRAGEIRAS TROPICAIS SOB SOMBREAMENTO

FÁBIO LUIZ DE OLIVEIRA¹, SEBASTIÃO MANHÃES SOUTO²

RESUMO - Grande relevância é dada aos estudos sobre o grau de tolerância das leguminosas ao sombreamento, em sistemas agrossilvipastoris. Por isso, foi feito um estudo do comportamento das leguminosas *Arachis pintoi* (Arachis), *Cratylia argentea* (Cratília), *Macroptilium atropurpureum* (siratro) e *Pueraria phaseoloides* (Kudzu Tropical), nos níveis de 25%, 50% e 75% de sombreamento, que foram obtidos artificialmente utilizando armações com telas de sombrite instaladas na área da Embrapa Agrobiologia, em Seropédica-RJ. O sombreamento no 1º corte (105 dias após o plantio) aumentou o comprimento da haste do Kudzu Tropical e do Siratro, já a matéria seca foliar do Kudzu Tropical foi maior no nível 25 % de sombra. No 2º corte (70 dias após o 1º corte), o Kudzu Tropical e o Siratro apresentaram maiores produções de matéria seca de raízes com 25 % de sombreamento, o Arachis com 0 % e Cratília foi indiferente ao sombreamento. A matéria seca de haste (MSH) no 2º corte do Kudzu Tropical, Siratro e Cratília não foi afetada pelo sombreamento, enquanto o Arachis apresentou produções de MSH nos níveis 25 e 50 % iguais a testemunha, porém apresentou uma queda de 94 % na MSH com aumento do sombreamento de 50 para 75.

Palavras-chave : *Arachis pintoi*, *Cratylia argentea*, *Macroptilium atropurpureum*, *Pueraria phaseoloides*.

BEHAVIOR OF THE TROPICAL LEGUMES FORAGE UNDER SHADING

ABSTRACT- Great relevance on the studies regarding the degree of tolerance of the legumes to shading in the Ley Cropping Systems. The behaviour of the legumes *Arachis pintoi* (Arachis), *Cratylia argentea* (Cratília), *Macroptilium atropurpureum* (Siratro) and *Pueraria phaseoloides* (Kudzu Tropical) was evaluated under 3 levels of shading 25%, 50% and 75%. The shading effect was obtained by using nylon screens for covering cubic frames settled over the legume plots. The experiment was carried out at Embrapa Agrobiologia experimental area at Seropédica, RJ. Shading increased the length of the stems of Kudzu and Siratro in the first cut while leaf dry matter only increased for Kudzu in the shade level of 25%. In the 2nd cut, Kudzu and Siratro presented the higher root dry matter production at 25% shading, Arachis at 0% and Cratília presented no response to shading. In the 2nd cut dry matter of stems of Kudzu Tropical, Siratro and Cratília were not affected by shading, but Arachis presented a reduction of stem dry matter of 94% when shading increased from 50 to 75%.

Key words: *Arachis pintoi*, *Cratylia argentea*, *Macroptilium atropurpureum*, *Pueraria phaseoloides*.

¹Lic. em Ciências Agrícolas, doutorando em Fitotecnia na UFRuralRJ, Bolsista da CAPES;

²Eng. Agr., Ph.D., Pesquisador da Embrapa Agrobiologia, Caixa Postal 74505, CEP 23890-000, Seropédica, RJ. e-mail: smsouto@cnpab.embrapa.br

Recebido para publicação em 18-08-2001

INTRODUÇÃO

Em uma área onde são estabelecidas leguminosas e gramíneas em consorciação, a competição pela luz é frequentemente um fator importante no rendimento e qualidade da pastagem. Nos últimos anos, a área cultivada com sistemas agrossilvipastoris tem apresentado grande expansão pelo Brasil. A exploração econômica da seringueira, do pinus e de essências frutíferas e florestais estabelecidas em áreas de pastagens (YOON, 1971; CHEE e WONG, 1990; ORTEGA et al., 1992; NG et al., 1997) são exemplos da diversidade de produtos agrícolas obtidos com a implantação de sistemas agrossilvipastoris.

A aplicação de fertilizantes nitrogenados em pastagens extensivas pode ser, na maioria das vezes economicamente inviável e, a introdução de árvores não fixadoras de nitrogênio (N) nesta situação representará uma demanda adicional de N. Neste caso, torna-se incontestável a importância das leguminosas herbáceas como uma fonte economicamente viável para o aporte de N ao sistema solo-planta, em pastagens consorciadas com gramíneas forrageiras, via fixação biológica (FBN). Ainda, deve-se considerar que a leguminosa, por ser excelente fonte protéica, pode contribuir significativamente para o ganho de peso dos animais, notadamente durante o período seco do ano (THOMAS et al., 1995; BODDEY et al., 1997). Salienta-se que o sistema simbiótico que se forma nas leguminosas forrageiras é bem eficiente, com contribuições da FBN que variam, frequentemente, entre 70 e 90% do N acumulado pela planta e podem representar uma adição de N na pastagem entre 50 e 100 kg/ha (GILLER e WILSON, 1993).

O uso de leguminosas sob árvores, com duplo propósito (cobertura do solo e forrageira) é promissor, porém, a persistência da leguminosa frente ao sombreamento proporcionado pelas árvores pode comprometer o sucesso do sistema. A produção de matéria seca pelas leguminosas pode decrescer com o aumento da intensidade de sombreamento (LUDLOW et al., 1974), porém a magnitude desse efeito depende do estágio de crescimento da planta

e da interação dos efeitos de sombreamento com a temperatura e umidade. O microclima gerado pelo sombreamento certamente reduzirá os efeitos negativos das variáveis climáticas sobre a planta, e, principalmente, sobre o sistema simbiótico responsável pela FBN (GILLER e WILSON, 1993). A princípio, as leguminosas podem ter reduzida a sua produção de matéria seca, a FBN e o conteúdo de nutrientes nas plantas em condições de sombreamento, conforme resultado obtido por SOUTO et al. (1970), WONG e WILSON (1980), trabalhando com siratro (*Macroptilum atropurpureum*), FUJITA et al. (1993) com centrosema (*Centrosema pubescens*), siratro (*M. atropurpureum*), soja (*Glycine max*) e kudzu (*Pueraria lobata*), e IZAGUIRRE-MAYORAL et al. (1995) com *Desmodium barbatum*. Entretanto, quando o sombreamento é menos intenso, a sombra pode beneficiar o desenvolvimento e a FBN das plantas de leguminosas, conforme o resultado de ERIKSEN e WHITNEY (1982) trabalhando com centrosema (*Centrosema pubescens*), siratro (*M. atropurpureum*), greenleaf (*Desmodium intortum*), estilosantes (*Stylosanthes guyanensis*), nas quais o sombreamento, até o nível de 73%, não alterou o teor de N das plantas.

NG et al. (1997) trabalhando com *Arachis repens*, *A. pintoi*, *Stylosanthes scabra*, cv. Seca e *S. guyanensis* CIAT 184, sob seringueira, encontraram elevado rendimento e persistência inicial das espécies de estilosantes, mas ao final de um ano as espécies de *Arachis* foram as mais persistentes. JOHNSON et al. (1994) verificaram que o *Arachis glabrata*, cv. Florigraze, quando em condições de 22% de sombra, apresentou rendimento de 90% do encontrado nas plantas crescendo a pleno sol. Segundo MUIR e PITMAN (1990) a *Galactia elliottii* teve rendimento menor a pleno sol do que com 25% de sombreamento. IZAGUIRRE-MAYORAL et al. (1995) verificaram que as espécies nativas *Chamecrista tetraphila*, *Aeschynomene brasiliiana*, *Eriosema simplicifolia*, *Galactia jussieuana*, *Indigofera lespedezioides*, *Stylosanthes guianensis*, *Mimosa camporum* e

Mimosa debilis se beneficiaram do sombreamento, tendo em vista que este incrementou a "RAU" (abundância relativa de ureídeos) das plantas.

Face ao exposto, objetivou-se no presente trabalho avaliar o efeito do sombreamento artificial sobre algumas características fitotécnicas das espécies *Arachis pintoi* (Arachis; amendoim-forrageiro), *Pueraria phaseoloides* (Kudzu Tropical), *Macroptilium atropurpureum* (Siratro) e *Cratylia argentea* (Cratilia).

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área da Embrapa Agrobiologia, Seropédica-RJ, no período de julho a dezembro. Usou-se o solo predominante na região, Argissolo, coletado a profundidade de 0 - 20 cm, seco ao ar e passado em peneira com 5 mm de abertura, que apresentava a seguinte característica química (pH-4,6, Al-0,0 cmol_c/dm³, Ca-1,5 cmol_c/dm³, Mg-1,3 cmol_c/dm³, K-14 mg/kg e P-19 mg/kg). Foi aplicada a dosagem de 1 t/ha de calcário dolomítico, 100 kg/ha de P₂O₅ na forma de super fosfato simples, 100 kg/ha de K₂O, na forma de cloreto de potássio, e 40 kg/ha de fritas BR-12, misturados uniformemente ao solo. Posteriormente, o solo foi acondicionado em vasos de plástico com capacidade de 4 dm³. O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso, disposto em parcelas divididas 4x4, com três repetições. Os tratamentos constituíram-se de quatro níveis de sombreamento (0, 25, 50 e 75%), representando as parcelas, e quatro leguminosas herbáceas perenes (*Arachis pintoi* (Arachis), de hábito de crescimento rastejante, *Pueraria phaseoloides* (Kudzu Tropical) e *Macroptilium atropurpureum* (Siratro) de hábito volúvel, e *Cratylia argentea*), representando as sub-parcelas. O sombreamento artificial foi obtido com a utilização de armações galvanizadas, de 1,5 m de altura, revestidas de sombrite, sendo que o tratamento testemunha (0%) foi mantido em ambiente externo a pleno sol. Para se assegurar de que não haveria interferência de outra fonte de sombreamento

sobre as parcelas, estas foram instaladas em local isento de obstáculos, como árvores e construções, e a uma distância de 10 m entre elas. Para alcançar maior uniformidade no desempenho das plantas, as sementes foram pré-germinadas em casa de vegetação, sendo transplantadas duas plântulas para cada vaso, aos 15 dias após a germinação. Foi garantido o fornecimento de água diário ao ponto de capacidade de campo nos vasos.

Foram feitas avaliações em dois cortes à altura de 10 cm do solo; no primeiro, realizado aos 90 dias após o transplante, determinou-se o comprimento da haste principal, área foliar específica, que é a razão entre a área foliar e o peso seco das folhas (BEADLE, 1988), e produção de matéria seca de haste e folhas. No segundo corte, realizado aos setenta dias após o primeiro, além de determinar a produção de matéria seca de haste, folhas e raízes, também determinou-se o peso de nódulos secos. O teor de nitrogênio das raízes, hastes e folhas foi determinado usando a metodologia descrita por ALVES et al. (1994). O material colhido nos dois cortes, foi secado em estufa a 65° C, até alcançar massa constante.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise da variância indicou que houve interação entre os tratamentos, no primeiro corte (105 dias após o plantio), para o comprimento de haste (CH), matéria seca da folha (MSF) e matéria seca da haste (MSH).

Os resultados do CH nesse corte (Tabela 1), mostram que o Arachis e a Cratilia não foram afetados pelo sombreamento, ao passo que, as plantas do Kudzu Tropical e do Siratro tiveram seu CH aumentado com o aumento do sombreamento. Uma planta crescida em uma situação com um espectro de luz rico no vermelho extremo, como é o caso dos ambientes sombreados, os entrenós expandem-se longitudinalmente, como uma reposta de escape da planta à situação que desfavorece a atividade fotossintética (TAIZ e ZEIGER, 1998). ERIKSEN

Tabela 1. Comprimento de haste de *Arachis*, Kudzu Tropical, Siratro e *Cratilia* submetidas a níveis de sombreamento, no primeiro corte.

Sombreamento (%)	Comprimento (cm)			
	Arachis	Kudzu tropical	Cratilia	Siratro
0	46,6 a ¹	74,5 c	8,8 a	47,3 b
25	63,8 a	106,3 b	22,1 a	58,1 b
50	68,3 a	101,6 b	18,6 a	79,6 ab
75	66,6 a	144,3 a	22,5 a	94,1 a

¹Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

e WHITNEY (1982), verificaram que leguminosas (*Centrosema pubescens*, *Macroptilium atropurpureum* cv. Siratro, *Desmodium intortum* cv. Greenleaf, *Leucena leucocephala*, *Stylosanthes guyanensis* cv. Schofield e *Desmodium canum*), crescendo na sombra foram mais altas quando comparadas com plantas crescendo sem sombra. BHATT et al. (2002) também encontraram o mesmo efeito do sombreamento no CH em plantas de *Macroptilium atropurpureum* e *Stylosanthes humilis* e em gramíneas dos gêneros *Brachiaria*, *Panicum*, *Pennisetum*, *Setaria* e *Cenchrus*.

A produção de matéria seca de haste (MSH) dessas leguminosas foram diferentes, sendo que o *Arachis* foi a espécie em que foram encontrados os maiores valores de MSH, apresentando-se 32, 145 e 510 % superiores aos do Kudzu Tropical, do Siratro e da *Cratilia*, respectivamente, durante o primeiro corte (Tabela 2). O *Arachis* foi a única espécie que teve a MSH afetada pelo sombreamento, sendo que o efeito foi detectado somente a partir do nível de 50 % de sombreamento. Resultado semelhante a este também foi encontrado por ANDRADE & VALENTIN (1999) que observaram o *A. pintoi* apresentava menores rendimento nesta fase inicial de crescimento, quando submetido a fortes níveis de sombreamento.

A reação da MSH das leguminosas ao sombreamento não foi a mesma do CH, exceto para

o *Cratilia*. O maior CH encontrado no maior nível de sombreamento não foi diretamente proporcional a hastes mais grossas (MSH), o que resultaria em uma maior relação de massa/volume das plantas sombreadas, quando comparadas com plantas crescendo sem sombra, conforme observado por ERIKSEN e WHITNEY (1982).

Quanto a produção de matéria seca das folhas (MSF), assim como para as hastes (MSH), observou-se que as leguminosas foram diferentes, sendo que as espécies *Arachis* e Kudzu Tropical foram as que apresentaram maiores valores para MSF, em média 2,29 g/planta, apresentando-se 79 e 154 % superiores aos da *Cratilia* e do Siratro, respectivamente, durante o primeiro corte (Tabela 3).

Observou-se que o Kudzu Tropical apresentou maiores valores de MSF ao nível 25 % de sombreamento (Tabela 3), demonstrando que esta espécie pode se encontrar em um estágio mais avançado de adaptação a estas condições. Estes resultados são concordantes com os encontrados por FUJITA et al. (1993), trabalhando com *Pueraria lobata*, e com os do France Institut de Recherche (1978) onde a *P. phaseoloides* demonstrou uma boa adaptação as condições com uma certa restrição de luz. Já o *Arachis* apresentou maiores valores de MSF na testemunha, sofrendo queda nos níveis de sombreamento, enquanto o Siratro e a *Cratilia* apre-

Tabela 2. Produção de matéria seca de hastes de *Arachis*, Kudzu Tropical, Siratro e *Cratilia* submetidas a níveis de sombreamento, no primeiro corte.

Sombreamento (%)	Matéria seca de hastes (g/planta)			
	Arachis	Kudzu tropical	Cratilia	Siratro
0	2,60 a ¹	1,45 a	0,25 a	1,15 a
25	1,86 a b	1,61 a	0,33 a	0,61 a
50	1,45 a b	1,12 a	0,26 a	0,48 a
75	1,17 b	1,17 a	0,33 a	0,63 a

¹Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

sentaram comportamento similares, não apresentando influência dos níveis de sombreamento (Tabela 3).

A área foliar específica (AFE), avaliada no 1º corte, não foi afetada pelo sombreamento, porém nota-se que a AFE das espécies foram diferentes, sendo que o Siratro e Kudzu Tropical apresentaram valores médios em torno de 380 cm²/g, sendo 37 e 44 % maiores que os encontradas para o Arachis e a Cratília, respectivamente.

Tabela 3 . Produção de matéria seca de folhas de Arachis, Kudzu Tropical, Siratro e Cratília submetidas a níveis de sombreamento, no primeiro corte.

Sombreamento (%)	Matéria seca de folhas (g/planta)			
	Arachis	Kudzu tropical	Cratília	Siratro
0	2,97 a ¹	2,42 b	1,24 a	1,04 a
25	2,02 c	2,99 a	1,28 a	0,75 a
50	2,26 b	2,15 bc	1,23 a	0,89 a
75	1,70 c	1,79 c	1,28 a	0,93 a

¹Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (p < 0,05).

A análise da variância indicou que houve interação entre os tratamentos, no segundo corte (70 dias após o 1º corte), para matéria seca de raiz (MSR), matéria seca de nódulos (MSN) e matéria seca haste (MSH).

Observando os resultados de MSR (Tabela 4), nota-se que o Arachis (7,7 g/planta) foi, estatisticamente, igual ao Siratro (5,25 g/planta) e ambos superiores a Cratília (3,18 g/planta) e ao Kudzu (3,03 g/planta).

O Siratro e o Kudzu Tropical tiveram a MSR favorecida com 25 % de sombreamento, sendo que com o Kudzu isso já havia sido observado com a MSF. Isso demonstra que essas espécies não tem restrições ao desenvolvimento seu sistema radicular até esse nível de sombreamento, o que favorece a sua utilização em sistemas silvopastoris, já que o bom

desenvolvimento do sistema radicular de uma forrageira, com ou sem sombra, reflete na sua persistência e no seu sucesso nas pastagens (GUEDES, 1992). Esses resultados são concordantes com os de LIZIEIRE et al. (1994) na observação feita aos 250 dias após o plantio em *Centrosema pubescens* cv. Itaguaí, *Stylosanthes guyanensis* cv. Bandeirantes e *Desmodium ovalifolium* cv. CEPLAC.

Por outro lado, o Arachis decresceu os valores de MSR à medida que se aumentou os níveis de sombreamento, sendo a espécie que apresentou a redução mais abrupta (415 %) na produção de MSR, quando comparou-se a testemunha (pleno sol) com o nível de 75 % de sombra, enquanto a Cratília foi indiferente ao sombreamento (Tabela 4).

Tabela 4 . Produção de matéria seca de raízes de Arachis, Kudzu Tropical, Siratro e Cratília submetidas a níveis de sombreamento, no segundo corte.

Sombreamento (%)	Matéria seca de raízes (g/planta)			
	Arachis	Kudzu tropical	Cratília	Siratro
0	13,40 a	3,30 ab	2,30 a	4,50 b
25	8,50 b	5,10 a	4,00 a	7,30 a
50	6,30 b	2,20 b	3,80 a	5,90 b
75	2,60 c	1,50 b	2,70 a	3,30 b

¹Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (p < 0,05).

A matéria seca de nódulos (MSN) do Kudzu Tropical produziu, em média, 0,52 g/planta de MSN, sendo 48 % maior que o encontrado para Cratília e Arachis, que não diferenciaram entre si, e 420 % maior que o Siratro (Tabela 5).

O sombreamento também influenciou a MSN das espécies (Tabela 5), sendo que a Cratília foi a que melhor se beneficiou com o sombreamento, pois apresentou maiores valores de MSN quando se encontrava sob 25 e 50% de sombreamento. Enquanto que, o Kudzu Tropical e o Arachis apresentaram redução na MSN quando se aumentou o nível de sombreamento, o que deve comprometer a capaci-

dade dessas espécies em realizar a FBN, pois segundo WHITEMAN e LULHAM (1970), o sombreamento provocou efeitos deletérios na FBN, com o decréscimo da atividade de nitrogenase, que é atribuído à diminuição do peso de nódulos, e não ao decréscimo de sua atividade específica.

O Siratro mostrou-se, estatisticamente, indiferente ao sombreamento quanto a MSN aos 175 dias após o plantio. Esse resultado contrasta com o obtido por SOUTO et al. (1976), que detectaram um decréscimo da nodulação do Siratro com 75 % de sombreamento, sendo esse decréscimo maior que nas leguminosas *S. guyanensis*, *Centrosema pubescens* e *Neonotonia wightii*. WONG e WILSON (1980), também observaram o decréscimo da nodulação do Siratro, porém com 60 % de sombreamento. Por outro lado, na observação aos 250 dias após o plantio, LIZIEIRE et al. (1994) não encontraram efeito do sombreamento (até o nível de 75 %) na nodulação de *Centrosema pubescens* cv. Itaguaí, *Desmodium ovalifolium* cv. CEPLAC e *Stylosanthes guyanensis* cv. Bandeirantes.

Foram observadas diferenças na produção de matéria seca de haste (MSH) entre as espécies, no segundo corte, sendo que o Arachis apresentou valores, em média (14,2 g/planta), três vezes maiores que o Kudzu Tropical (5,5 g/planta) e cinco vezes maiores que o Siratro (3,1 g/planta) e a Cratília (3,2 g/planta) (Tabela 6). Contudo, o efeito do sombreamento quase não foi notado, pois o Siratro, a Cratília e o Kudzu Tropical não apresentaram diferenças na MSH com o aumento do nível de sombreamento e o Arachis somente apresentou queda na MSH no nível mais alto de sombreamento (Tabela 6). O mesmo ocorreu com a produção matéria seca da folha (MSF), sendo que o Arachis (7,21 g/planta) foi, estatisticamente, igual ao Kudzu Tropical (5,75 g/planta) e ambos superiores a Cratília (4,14 g/planta) e ao Siratro (3,09 g/planta). Porém o Arachis foi o único que apresentou redução na MSF, que ocorreu somente no nível mais alto de sombreamento (Tabela 6).

O teor de nitrogênio nas hastes, folhas e raízes das plantas, no segundo corte, não foi afetado pelos

níveis de sombreamento, resultado esse concordante com o encontrado por SILLAS (1967), que não detectou influência do sombreamento no teor de N da raiz de *Stylosanthes humilis*, e com os de BATHURST e MITCHELL (1958), BURTON et al. (1959), SOUTO et al. (1970) e ERIKSEN e WHITNEY (1982) onde o teor de N da parte aérea das leguminosas não foi fortemente afetado pelo sombreamento, em contraste com as gramíneas, as

Tabela 5 - Produção de matéria seca de nódulos de Arachis, Kudzu Tropical, Siratro e Cratília submetidas a níveis de sombreamento, no segundo corte.

Sombreamento (%)	Matéria seca de nódulos (g/planta)			
	Arachis	Kudzu tropical	Cratília	Siratro
0	0,673 a ¹	0,616 ab	0,37 b	0,193 a
25	0,258 b	0,850 a	0,47 a	0,107 a
50	0,248 b	0,351 b	0,47 a	0,068 a
75	0,123 b	0,277 b	0,22 b	0,028 a

¹Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (p < 0,05).

Tabela 6 - Produção de matéria seca de hastes e folhas de Arachis submetidas a níveis de sombreamento, no segundo corte.

Sombreamento (%)	Matéria seca de hastes	Matéria seca de folhas
	(g/planta)	
0	19,10 a	9,03 a
25	14,90 a	7,84 a b
50	14,90 a	7,37 a b
75	7,70 b	4,60 b

¹Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (p < 0,05).

quais normalmente aumentam o teor de N da parte aérea quando sombreadas.

O teor de N nas raízes (TNR) e hastes (TNH) das plantas, no segundo corte, foi diferente entre as leguminosas. As leguminosas *Arachis*, Kudzu Tropical e *Cratilia*, que apresentaram valores de TNR, em média, 1,47 %, 1,38 % e 1,33 %, respectivamente, foram maiores que o *Siratro* (0,67 %). Para o TNH, o *Arachis* (1,60 %) não foi diferente do Kudzu Tropical (1,45 %), mas ambos foram superiores à *Cratilia* (1,13 %) e ao *Siratro* (1,12 %). Não foram encontrados valores diferentes no teor de N nas folhas, entre as leguminosas estudadas.

Um fato interessante é que em ambos os cortes, a produção de MSH e de MSF do *Arachis* foi superior as demais leguminosas e o efeito da redução na produção de MSH e da MSF ocorreu somente a partir do nível de 75 % de sombreamento. Isso demonstra que o uso dessa espécie, com duplo propósito (cobertura do solo e forrageira) é promissor, porém deve-se atentar a situações de sombreamento mais denso que podem dificultar o estabelecimento e persistência da espécie. WONG et al. (2000) já haviam observado que plantas de *Arachis* sombreadas entre fileiras de dendê, com 15 anos de idade, estabeleceram lentamente no sombreamento mais denso, mas gradualmente aumentaram seu crescimento. ANDRADE & VALENTIN (1999) também observaram que o *Arachis* apresentou um menor rendimento na fase inicial de crescimento, quando submetido a fortes níveis de sombreamento.

CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos, pode-se concluir que o uso do *Arachis*, com duplo propósito (cobertura do solo e forrageira) é promissor, porém deve-se atentar a situações de sombreamento mais denso que podem dificultar o estabelecimento da espécie. A *Cratilia* mostrou-se indiferente ao sombreamento, porém foi a espécie que apresentou os menores valores em todos os parâmetros avaliados. O Kudzu Tropical e o *Siratro* apresentaram

comportamentos semelhantes, se beneficiando da situação de restrição de luz amena (25%), como no caso da produção de matéria seca de raízes, ou alterando seu comportamento, como o aumento no comprimento das hastes em função da elevação dos níveis de sombreamento, e as vezes sendo indiferentes ao sombreamento, como no caso da produção de matéria seca de hastes e folhas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, B.J.R.; SANTOS, J.C.F.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R.M. Métodos de determinação do nitrogênio em solo e planta. In: ARAUJO, R.S.; HUNGRIA, M. (Eds) *Manual de métodos empregados em estudos de microbiologia agrícola*. Brasília: Embrapa, 1994. p.449-469.
- ANDRADE, C.M.S.; VALENTIM, J.F. Adaptação, rendimento e persistência do *Arachis pintoi* sob diferentes níveis de sombreamento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.28, n.3, p.439-445, 1999.
- BATHURST, N.O.; MITCHELL, K.J. The effect of light and temperature on the chemical composition of pasture plants. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, Wellington, v.1, p.540-552, 1958.
- BEADLE, C.L. Analisis del crecimiento vegetal. In: COOMBS, J.; HALL, D.O.; LONG, S.P.; SCURLOCK, J.M.O. Eds. *Técnicas en fotosíntesis y bioproduktividad*. México, 1988. 256 p.
- BHATT, R.K.; MISRA, L.P.; TIWARI, H.S. Growth and biomass production in tropical range grasses and legumes under light stress environment. *Indian Journal of Plant Physiology*, v.7, n.4, p.349-343, 2002.
- BODDEY, R. M.; SÁ, J. C. de M.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S. The contribution of biological nitrogen fixation for sustainable agricultural systems in the tropics. *Soil Biology and Biochemistry*, Oxford, v.29, n° 5/6, p.787-799, 1997.
- BURTON, G.W.; JACKSON, J.C.; KNOX, F.E. Influence of light reduction upon the production, persistence and chemical composition of coastal bermuda grass (*Cynodon dactylon*). *Agronomy Journal*, Madison, v.52, p.537-542, 1959.
- CHEE, Y. K.; WONG, C. C. Centrosema in plantation agriculture. In: SCHULTZE-KRAFT, R.; CLEMENT, R. S. *Centrosema: Biology, Agronomy and utilization*. Cali, 1990. 666 p.
- ERIKSEN, F. I.; WHITNEY, A. S. Growth and fixation of some tropical forage legumes as influenced by solar radiation regimes. *Agronomy Journal*, Madison, v. 74, n. 4, p. 703-709, 1982.

- FRANCE INSTITUT DE RECHERCHES. Improvement of pasture under coconuts in the of pastures under coconuts in the new híbrides. *Tropical Agriculture*. London, n. 5, p. 127-128, 1978.
- FUJITA, K.; MATSUMOTO, K.; OFOSU-BUDU, G. K.; OGATA, S. Effect of shading on growth and fixation of kudzu and tropical pasture legumes. *Soil Science and Plant Nutrition*, Tokyo, v.39, n. 1, p.43-54, 1993.
- GUEDES, F.M. Informações práticas sobre formação de pastagens consorciadas em unidades montanhosas. In: CURSO SOBRE BIOLOGIA DO SOLO AGRÍCOLA, 1., Itaguaf. *Anais...* Itaguaf: CNPDS. 1992. p.23-29.
- GILLER, K. E.; WILSON, K. F. **Nitrogen fixation in tropical cropping systems**. Wallingford, CAB-International Eds, 1993. 245p.
- IZAGUIRRE-MAYORAL, M. L.; VIVAS, A. I.; OROPEZA, T. New insights into the symbiotic performance of native tropical legumes : 1. Analysis of the response of thirty-seven native legumes especies to artificial shade *Indigofera hirsuta* a neotropical savanna. *Symbiosis (Rehovot)*, v.19, n. 2/3, p.111-129, 1995.
- JOHNSON, S. E.; SOLLENBERGER, L. E.; BENNETT, J. M. Yield and reserve status of rhizoma peanut growing under shade. *Crop Science*, Madison, v. 34, n. 3, p. 757-761, 1994.
- LIZIEIRE, R.S.; DIAS, P.F.; SOUTO, S.M. Desempenho de leguminosas forrageiras tropicais na sombra In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 31., 1994. Maringá. *Anais...*Maringá: SBZ. 1994, p.283-284.
- LUDLOW, M. M.; WILSON, G. L.; HESLEHURST, M. R. Studies on the productivity of tropical pasture plants: effect of shading on growth, photosynthesis and respiration in two grasses and two legumes. *Australian Journal of Agricultural Research*, Victoria, v. 25, p. 425-433, 1974.
- MUIR, J. P.; PITMAN, W. D. Response of the Florida legumes *Galactia elliptica* to shade. *Agroforestry Systems*, n. 9, p. 233-239, 1990.
- NG, K. F.; STUR, W.W.; SHELTON, H. M. New forage species for integration of sheep *Indigofera hirsuta* rubber plantations. *Journal of Agricultural Science*, Cambridge, v. 128, n. 3, p. 347-355, 1997.
- ORTEGA-S, J. A.; SOLLENBERGER, L. E.; QUESENBERRY, K. H.; CORNELL, J. A.; JONES Jr., C. S. Productivity and persistence of rhizoma peanut pasture under different grazing managements. *Agronomy Journal*, Madison, v. 84, p. 799-804, 1992.
- SILLAS, D.I. Effect of shade on growth of Townsville lucerne. *Queensland Journal of Agricultural and Animal Sciences*. Brisbane, v.24, n.2, p.237-240, 1967.
- SOUTO, S.M.; CARVALHO, S.R.; FRANCO, A. A. Comportamento de leguminosas forrageiras em diferentes níveis de sombreamento. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 13., 1976. Salvador. *Anais...*Salvador: SBZ. 1976, p.283-284.
- SOUTO, S. M.; FRANCO, A. A.; DÖBEREINER, J. Influência da intensidade da luz solar na simbiose e desenvolvimento de "Siratro" (*Phaseolus atropurpureus* D. C.) In: REUNIÃO LATINO AMERICANA DE RHIZOBIUM, 5, 1970. Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro: DNPEA-MA / IPEACS, 1970, p. 55-65.
- TAIZ, L. e ZEIGER, E. Phytochrome. In: TAIZ, L. e ZEIGER, E. *Plant physiology*. Sinauer Associates, Inc., Publishers Sunderland, Massachusetts, USA. 2ª edição. p. 483-516, 1998.
- THOMAS, R. J.; FISHER, M. J.; AYARZA, M. A.; SANZ, J. I. The role of forage grasses and legumes in America. In: LAL, R.; STEWART, B. A. **Soil management: experimental basis for sustainability and environmental quality**. Boca Raton. CRC Press, 1995. p.61-83.
- WHITEMAN, P.C.; LULHAM, A. Seasonal changes in growth and nodulation of perennial tropical pasture legumes in the field. I. The influence of planting date and grazing and cutting on *Desmodium uncinatum* and *Phaseolus atropurpureus*. *Australian Journal of Agricultural Research*, Victoria, v.21, p.195-206, 1970.
- WONG C.C.; CHIN, F.Y.; MIRZAMINS, S. Growth performance of *Arachis pintoi* under shade of dense oil palm plantation. In: PROCEEDINGS OF NA INTERNATIONAL WORKSHOP HELD IN CAGAYAN OF ORO CITY, 2000. Mindanao. *Proceedings...*Mindanao: ALIAR, 2000. p.207-210.
- WONG, C. C.; WILSON, J. R. Effects of shading 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*, Victoria, v 31, p. 269-285, 1980.
- YOON, P. K. **Assimilation and productivity in tropical plants**. Singapore, 1971, 503p. Tese (Doutorado) University of Singapore, 1971.

NÍVEIS DE ALUMÍNIO EM SOLUÇÃO NUTRITIVA PARA SELEÇÃO DE PLANTAS TOLERANTES DE ALFAFA E DE TREVO VERMELHO

JOÃO HENRIQUE SILVA CAETANO¹, DANIEL PORTELLA MONTARDO¹, MIGUEL DALL'AGNOL²

RESUMO - O objetivo deste trabalho foi determinar níveis de Al em solução nutritiva para seleção de plantas de alfafa e de trevo vermelho tolerantes à acidez do solo, e comparar essas espécies nas concentrações de Al testadas. Avaliou-se oito concentrações de Al: 0, 0,2, 0,3, 0,4, 0,6, 0,9, 1,2, e 1,5 mg/L em uma solução nutritiva completa, com 10 % da força iônica normalmente utilizada e pH ajustado em 4,5. Avaliou-se o comprimento final das raízes e da parte aérea das plântulas. A avaliação das raízes mostrou-se mais eficiente do que a da parte aérea na seleção de plantas para tolerância à toxicidade do Al. As plantas de trevo vermelho mantiveram maior crescimento de raízes que as de alfafa até o nível 0,6 mg/L de Al. O nível mais adequado para seleção em ambas as espécies esteve entre 0,4 e 0,6 mg/L de Al. O método foi considerado rápido (13 dias) e de fácil execução.

Palavras-chave: *Medicago sativa* L., *Trifolium pratense* L., Melhoramento vegetal, Forrageiras.

ALUMINUM LEVELS IN NUTRIENT SOLUTION TO SELECT ALFALFA AND RED CLOVER TOLERANT PLANTS

ABSTRACT - The objective of this work was to assess different Al levels in nutrient solution to select Al tolerant alfalfa and red clover to acid soils and to compare them in different Al levels. Eight Al levels were tested: 0; 0,2; 0,3; 0,4; 0,6; 0,9; 1,2; 1,5 mg/L in nutrient solution continuously aerated, with 10 % of original ionic strength and pH 4.5. The length of roots and shoots were measured to assess the response to the Al solution. The evaluation of the root growth was more effective than that of the shoot in selecting Al tolerant plants. The red clover showed a better root growth up to 0,6 mg/L Al. The best Al level to select both species was between 0,4 and 0,6 mg/L Al. The selection method used was fast (13 days) and simple.

Key words: *Medicago sativa* L., *Trifolium pratense* L., Breeding, Forage Crops.

¹Eng. Agr., Mestre em Zootecnia, Dep. de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia, Faculdade de Agronomia, UFRGS. Av.Bento Gonçalves 7712. Caixa Postal 776 CEP. 91501-970. Porto Alegre, RS

²Eng. Agr., PhD, Prof.Adjunto Dep. de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia, Faculdade de Agronomia, UFRGS. Av.Bento Gonçalves 7712. Caixa Postal 776 CEP, 91501-970. Porto Alegre, RS
Recebido para publicação em 06-09-2001

INTRODUÇÃO

A demanda de informações relativas à produção de forragem de qualidade vem sendo intensificada no Rio Grande do Sul, principalmente em relação à bacia leiteira, que vem sendo ampliada na região do Planalto do estado. Leguminosas como a alfafa (*Medicago sativa* L.) e o trevo vermelho (*Trifolium pratense* L.), quando bem manejadas, podem fornecer forragem de qualidade e promover aumento na produtividade do rebanho, bem como melhoria das características físicas e químicas do solo. Entretanto, estas espécies são muito dependentes de fertilidade do solo, exigindo investimentos na correção da acidez e adubação para minimizar os efeitos do alumínio tóxico (Al^{+3}) e a baixa disponibilidade de nutrientes, especialmente do fósforo. Os solos do Rio Grande do Sul são predominantemente ácidos e pobres em fósforo, o que justifica a procura por plantas mais tolerantes à solos ácidos.

Recentemente tem sido dado ênfase à sustentabilidade dos sistemas agrícolas. Em decorrência, um esforço cada vez maior tem sido feito para a obtenção de plantas mais adaptadas a características específicas dos solos. A tolerância a níveis tóxicos de Al ou de manganês e a reduzida disponibilidade de fósforo no solo, têm sido estudada em vários centros de pesquisa do mundo (BAHIA FILHO et al., 1997; CARE, 1995). Em função disso, a busca de métodos para seleção de plantas para essas características passa a ser estratégica nos programas de melhoramento.

São muitas as técnicas testadas na seleção de plantas para produção em solos ácidos (VOIGT et al., 1997). Segundo CARADUS (1989), há duas metodologias básicas: uma em solo e a outra em solução nutritiva. A solução nutritiva não expressa fielmente o ambiente em que a planta vive, pois desconsidera o "complexo" solo e suas múltiplas interações. Pesquisadores criticam seu uso exclusivo, acreditando que o método possibilita a seleção de plantas com mecanismos de tolerância não efetivos em solo (CAMPBELL et al., 1988, CARADUS, 1989). Estudos comparando a tolerância ao Al em solo e solução tem obtido correlações entre 0,36 a 0,75 entre os métodos (CARADUS, 1989).

Apesar das restrições levantadas por alguns autores, a seleção de plantas em solução nutritiva é preferida pela rapidez e por não ser destrutiva, possibilitando a manutenção das plantas selecionadas. A solução nutritiva possibilita ainda, a avaliação de um grande número de plantas.

O primeiro passo para se utilizar qualquer um dos métodos de seleção citados anteriormente é definir o nível de estresse que provoca a expressão da variabilidade entre os genótipos. Para isso, deve-se considerar a padronização do meio de crescimento e os parâmetros de avaliação e utilizar-se pelo menos três níveis de Al, que permitam respostas variáveis e comparações com dados encontrados em casa de vegetação (FAGERIA et al., 1988).

O uso de parâmetros de avaliação na escolha de genótipos de plantas mais tolerantes são bastante discutidos na literatura. Devido a alta correlação entre o crescimento da parte aérea e das raízes de plantas submetidas a estresses por Al, alguns autores consideram efetiva a seleção com base na parte aérea da planta, o que torna o trabalho mais rápido e fácil (DEVINE et al., 1976; HOWELER, 1991). Entretanto, há relatos demonstrando a ação do Al primordialmente nas raízes (KOCHIAN, 1995; CARVER e OWNBY, 1995), o que justifica o fato da maioria dos trabalhos de melhoramento para tolerância à toxicidade do Al utilizarem aferições em raízes como parâmetro de avaliação.

Ultimamente tem-se observado tendência de redução nas concentrações de elementos em solução nutritiva completa e, até mesmo, a utilização de soluções que contenham apenas cálcio e alumínio sob pH baixo (NOVAIS et al. 1991; MENOSSO, 1994). Essas mudanças se baseiam no fato de que no solo as plantas não têm acesso a concentrações de nutrientes tão grandes quanto as normalmente utilizadas nas soluções e, principalmente, na maior facilidade e controle sobre o fator estresse, no caso, o alumínio (NOVAIS et al. 1991).

É importante o registro de que na seleção de plantas tolerantes ao Al em espécies como a alfafa e trevo vermelho não se busca um alto grau de tolerância, de maneira que sejam capazes de crescer em solos sem a mínima aplicação de corretivos, mas plantas com uma

melhor ajuste a um ambiente mais próximo da realidade brasileira, que é de solos ácidos e com variações de pH no perfil em decorrência das práticas de manejo e natureza própria dos solos. Programas bem sucedidos já foram conduzidos, como no caso do milho (BAHIA FILHO et al., 1997) e do trigo (HOWELER, 1991) mas programas de melhoramento e seleção de leguminosas temperadas são ainda escassos (CAETANO, 1998; MILAN et al., 1990). Uma vez definidas as concentrações de Al na solução e a metodologia, torna-se necessário que trabalhos de seleção em si comprovem, através de testes a campo e/ou laboratório, os ganhos genéticos na seleção. Assim, a definição da metodologia de trabalho consiste no primeiro passo, em um programa de melhoramento, para a obtenção de genótipos tolerantes.

Este estudo foi conduzido com o objetivo de determinar o nível de Al em solução nutritiva que permita a seleção de plantas de alfafa e de trevo vermelho mais adaptadas à presença desse elemento em nível tóxico, bem como comparar a resposta destas duas espécies sob as mesmas condições de seleção.

MATERIALE MÉTODOS

Um experimento foi realizado no laboratório de fisiologia vegetal do Departamento de Plantas de Lavouras da Faculdade de Agronomia da UFRGS, no período de 05/08 a 18/08/1997.

O trabalho foi composto com uma população de alfafa crioula, material de ampla base genética representada por 240 genótipos (10 plantas x 3 repetições x 8 tratamentos).

As sementes foram previamente escarificadas com água quente, a 70 °C, por 5 minutos. Após a escarificação as sementes foram colocadas sobre papel germinador umedecido e levadas à câmara de germinação, mantendo-se a temperatura em 25 °C. As plântulas utilizadas no experimento foram escolhidas pela similaridade em tamanho (radícula em torno de 1 cm), cor (claras) e formação de órgãos (normais).

O meio utilizado para o crescimento das plantas foi uma solução nutritiva completa (CAMARGO e OLI-

VEIRA, 1981), com 1/10 da força iônica presente nas soluções nutritivas normalmente descritas na literatura (Tabela 1). Os níveis de alumínio testados no experimento foram: 0, 0,2, 0,3, 0,4, 0,6, 0,9, 1,2 e 1,5 mg/L. A fonte de Al utilizada foi $AlCl_3 \cdot 16H_2O$. O pH da solução foi ajustado em 4,5 a cada dois dias, com HCl 0,5 N ou NaOH 0,25 N.

Os vasos utilizados possuíam um volume de 8,3 L com dimensões de 0,20 x 0,20 x 0,28 m. Todos os materiais (vasos, mangueiras, telas, etc.) foram lavados com hipoclorito de sódio (10 % da solução comercial) e, posteriormente, com água destilada. Os vasos foram postos num tanque de metal (2 x 1 x 0,4 m) com uma lâmina de água de 30 cm e aquecimento em torno de 25 °C para controlar variações na temperatura da solução. O sistema de iluminação foi feito com duas lâmpadas incandescentes de 100 W e duas fluorescentes de 40 W.

Tabela 1. Fontes de nutrientes, quantidade de produto e concentração nas soluções utilizadas no experimento. UFRGS, Porto Alegre, 1997

Fonte de nutrientes	Quantidade do produto ----- g/L -----	Concentração molar da solução ----- M -----
$Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$	9,44/10 ²	3,99/10 ⁴
$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	4,93/10 ²	2,00/10 ⁴
KNO_3	4,036/10 ²	3,99/10 ⁴
$(NH_4)_2SO_4$	5,66/10 ³	4,28/10 ⁵
$MnSO_4 \cdot H_2O$	4,46/10 ⁸	2,95/10 ¹⁰
$CuSO_4 \cdot 5H_2O$	7,51/10 ⁹	3,01/10 ¹¹
$ZnSO_4 \cdot 7H_2O$	2,296/10 ⁹	0,80/10 ¹⁰
NaCl	1,75/10 ⁶	2,99/10 ⁸
$Na_2MoO_4 \cdot 2H_2O$	2,42/10 ⁹	1,00/10 ¹¹
H_3BO_3	6,2/10 ⁷	9,87/10 ⁹
$FeSO_4 \cdot 7H_2O$	2,9/10 ⁴	1,04/10 ⁶

Cada vaso possuía um sistema de aeração contínua, através de mangueiras ligadas a compressores de ar utilizados em aquários, com capacidade de 40 L cada. As mangueiras foram introduzidas nos vasos através de pequenos orifícios feitos nas tampas, e eram furadas para a saída do ar, cuidando-se para manter uniforme a aeração dos vasos.

As plântulas foram colocadas diretamente sobre telas plásticas com malhas de diâmetro aproximado de 1,5 mm, evitando danificar as pontas das raízes. As telas foram coladas em tubos de PVC e estes, por sua vez, foram encaixados nas tampas dos vasos. Tanto as tampas como as telas eram removidas com facilidade, permitindo a visualização das raízes e o controle do pH da solução.

Após 13 dias de cultivo as medidas de comprimento foram realizadas colocando-se as plantas sobre uma superfície plana e com auxílio de uma régua graduada milimetrada. Foram tomados individualmente o comprimento total da planta e o da raiz principal; O comprimento da parte aérea foi calculado pela diferença entre os dois dados. Com estes dados, pela média do com-

primento (radicular ou aéreo) em cada nível, calculou-se a percentagem do desenvolvimento das plantas nos meios com Al em relação ao meio sem Al (nível 0), calculando-se o crescimento da raiz e o da parte aérea, o que caracteriza uma medida relativa de desenvolvimento. Utilizou-se o delineamento experimental completamente ao acaso, com 3 repetições e 16 tratamentos (2 espécies e 8 níveis de Al). Cada parcela (vaso) correspondia a um nível de Al (tratamento) testado e a uma repetição. Cada parcela (vaso) continha cinco plantas de trevo vermelho e dez de alfafa. A análise estatística dos dados compreendeu a análise da variância e a aplicação do teste de regressão polinomial.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O comprimento das raízes de alfafa e trevo vermelho foi afetado significativamente ($P < 0,05$) com o incremento na concentração de Al na solução. O modelo linear foi o que melhor se ajustou aos dados obtidos (FIGURA 1).

Tabela 2. Crescimento (cm), porcentagem (%) de crescimento em relação ao tratamento sem Al e teste F para regressão linear em raízes e parte aérea de trevo vermelho e alfafa submetidas a diferentes concentrações de Al (média = 3 repetições). UFRGS, Porto Alegre, 1997

Níveis de Al	Raízes				Parte Aérea			
	trevo		alfafa		trevo		alfafa	
--(mg/L)--	--cm--	--%--	--cm--	--%--	--cm--	--%--	--cm--	--%--
0,0	6,7	100	5,1	100	4,0	100	5,1	100
0,2	9,7	145	4,4	86	3,6	90	4,0	78
0,3	6,5	97	4,3	84	3,7	92	3,8	74
0,4	4,4	66	3,4	66	3,9	97	3,6	70
0,6	2,0	30	2,3	45	2,4	60	2,7	53
0,9	1,2	18	1,5	29	2,1	52	2,2	43
1,2	1,5	22	1,6	31	2,7	67	3,1	61
1,5	1,3	19	1,3	25	2,3	57	2,4	47
P <	0,047	-	0,035	-	0,058	-	0,052	-
CV %	44,8	-	24,4	-	18,1	-	20,1	-

As raízes de trevo apresentaram um aumento no crescimento no nível 0,2 mg/L de Al (TABELA 2) relativamente ao tratamento sem Al (45 % de aumento), seguido de uma pequena redução até o nível 0,3 mg/L de Al (3 %). A partir daí, houve uma acentuada redução no crescimento das raízes com o aumento na concentração de Al, sendo que, nos níveis 0,9, 1,2 e 1,5 mg/L, não se observou diferenças visuais claras entre as plantas (TABELA 2). Nesses níveis, o crescimento relativo das raízes atingiu aproximadamente 20 % do crescimento observado sem alumínio.

Aumentos no crescimento das plantas em resposta a pequenas doses de Al são relatados na literatura para diferentes espécies. O mecanismo pelo qual o Al se torna um estimulador de crescimento não é ainda bem esclarecido e pode ser diferente para espécies e ambientes distintos (FOY et al., 1978). MARTINS et al. (1993) observaram que alguns ecótipos de estilosantes (*Stylosanthes* spp.) eram mais produtivos em solos com saturação de Al de 61 % quando comparado a ecótipos que cresceram em solos com saturação de Al de 27 %. CAMPBELL et al. (1988) avaliaram populações de alfafa que produziram de 1 a 6 % a mais de matéria seca (MS) quando cultivada em solução nutritiva contendo 111 mM de Al em relação a plantas que cresceram em solução sem Al. Por sua vez, em soluções simples com Ca e Al, MENOSSO (1994) observou em alguns genótipos de soja um crescimento de raízes de 2 a 69 % maior quando submetidos a um estresse de 0,2 mg/L de Al, com uma concentração de cálcio de 50 mg/L em comparação a soluções sem presença de Al. Estes mecanismos podem estar relacionados com o aumento da solubilidade de ferro, ao bloqueio de cargas negativas nas paredes celulares e, desta forma, a promoção da absorção do fósforo, retardando a deterioração das raízes em soluções com baixa disponibilidade de Ca, entre outros efeitos (FOY et al., 1978).

As raízes de alfafa apresentaram uma redução gradativa no crescimento com o aumento das concentrações de alumínio na solução, diferindo do ob-

servado com o trevo vermelho. O maior decréscimo ocorreu a partir do nível 0,4 mg/L, sendo que praticamente não se constatou crescimento nos níveis com concentrações superiores a 0,6 mg/L de Al na solução (TABELA 2). Muitos trabalhos confirmam as respostas apresentadas, demonstrando a alta sensibilidade da alfafa ao Al (BOUTON, 1996; CAMPBELL et al. 1988). No entanto, apesar da sensibilidade da espécie, a seleção de plantas tolerantes têm demonstrado haver variabilidade genética para a tolerância ao Al, possibilitando progressos na seleção de alfafa para solos ácidos (CAETANO, 1998; CAMPBELL et al., 1988; DALL'AGNOL et al., 1996). Por outro lado, BOUTON (1996) resalta que dificilmente se encontrará germoplasma de alfafa com excepcional tolerância, por se tratar de uma espécie muito sensível a esse elemento em níveis tóxicos.

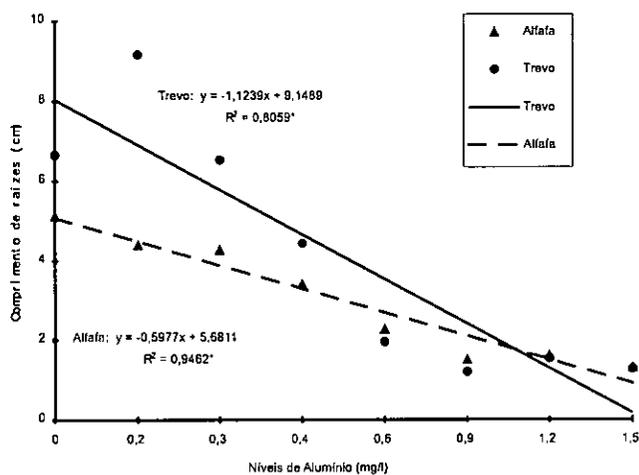


Figura 1. Crescimento de raízes das plantas de alfafa e de trevo vermelho submetidas a níveis crescentes de alumínio em solução nutritiva, UFRGS, Porto Alegre, 1997

O trevo vermelho, quando selecionado para tolerância a acidez do solo, demonstra mecanismo de resposta diferenciado da alfafa. A alfafa possui tendência em melhorar o aproveitamento de elementos como o P, Ca, S e K, enquanto que o trevo vermelho tem sua eficiência de aproveitamento destes ele-

mentos praticamente inalterada (BALIGAR e FAGERIA, 1997). MACKAY et al. (1991) avaliaram diversas espécies quanto a sensibilidade e persistência em solos ácidos e, dentre os grupos observados, o grupo composto por alfafa, trevo vermelho e *Trifolium dubium* ficou entre os mais sensíveis. Contudo, MILAN et al. (1990) testando, em casa de vegetação, espécies forrageiras quanto a tolerância ao alumínio e a eficiência na utilização de P, observaram que o trevo vermelho foi tolerante a baixos níveis de P no solo e eficiente na utilização desse nutriente. O trevo vermelho ainda se mostrou mais produtivo que espécies reconhecidamente tolerantes a solos ácidos, como o cornichão (*Lotus corniculatus* L.) e o *Lotus uliginosus* cv. Maku. Estes resultados demonstram que existia variabilidade genética na população de trevo vermelho avaliada, possibilitando a seleção de genótipos mais tolerantes a solos ácidos e/ou aos baixos níveis de P no solo.

No início do experimento, o comprimento das raízes tanto de trevo vermelho como de alfafa era em torno de 1 cm. Entretanto, verifica-se que o trevo apresentou crescimento maior sob concentrações mais baixas de Al, enquanto que a partir do nível 0,9 mg/L de Al, praticamente não houve crescimento, desaparecendo as diferenças entre plantas em virtude do pequeno comprimento das radículas (TABELA 2). Esta resposta das raízes demonstra que sob este nível de Al, a sua toxidez não permitiu o desenvolvimento das plantas. Nas concentrações mais baixas de Al, o trevo vermelho apresentou maior crescimento e tolerância nas raízes em relação a alfafa. Apesar das diferenças nas respostas entre as espécies, os níveis mais adequados para seleção foram semelhantes, ficando entre 0,4 e 0,6 mg/L, pois foram aqueles que permitiram uma maior variação de crescimento entre as plantas e um desenvolvimento médio das raízes e parte aérea.

A alfafa e o trevo vermelho possuem um sistema radicular semelhante, todavia, é importante lembrar que as respostas das plantas em solo e solução podem ser variáveis e muitas vezes não correlacionadas podendo envolver diferentes mecanismos fisiológi-

cos de tolerância (CAMPBELL et al., 1988). Além disso, em solução nutritiva as plantas são submetidas a um ambiente uniforme quando comparado ao solo, onde há enormes variações na rizosfera de cada planta em pH, nutrientes, matéria orgânica, etc. Alguns autores atribuem à essas razões as respostas não correlacionadas entre solo e solução (HOWELER, 1991; CARVER e OWNBY, 1995). Por outro lado, provavelmente genótipos que apresentam um maior crescimento radicular podem suportar melhor o estresse imposto pelo Al (CARE, 1995), o que poderia explicar as respostas encontradas para o trevo nesse trabalho. O decréscimo no desenvolvimento da parte aérea do trevo vermelho e alfafa começou a partir do nível 0,2 mg/L, mantendo-se semelhante até o nível 0,4 mg/L. Esse decréscimo foi mais acentuado em alfafa, com reduções médias de 25 % no seu desenvolvimento, sendo que, em trevo vermelho esse decréscimo foi bem menor, em torno de 7 %.

Da mesma forma que nas raízes, a partir do nível 0,4 mg/L, a redução no crescimento foi mais evidente, com valores praticamente constantes até o nível

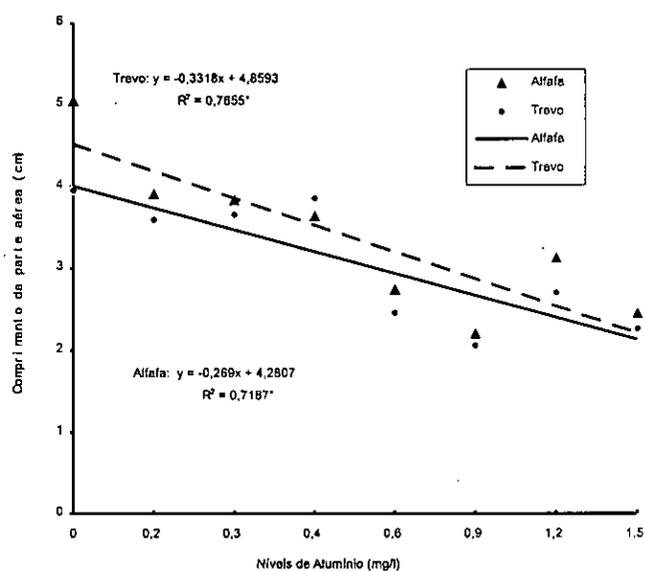


Figura 2. Crescimento da parte aérea das plantas de alfafa e de trevo vermelho submetidas a níveis crescentes de alumínio em solução nutritiva. UFRGS, Porto Alegre, 1997

1,5 mg/L (TABELA 2 e FIGURA 2). No entanto, quando se comparam os percentuais de redução no crescimento da parte aérea e das raízes, nota-se uma redução mais intensa no crescimento das raízes (TABELA 2), demonstrando resposta mais evidente em relação à parte aérea.

As respostas encontradas possibilitam a utilização do crescimento da parte aérea como parâmetro de seleção de plantas em solução de cultura, através de escores visuais ou de pesagem. A utilização do desenvolvimento da parte aérea como bom parâmetro na seleção alfafa mais tolerante ao Al são relatadas em alguns trabalhos (SIMPSON et al., 1977; DEVINE et al. 1976), já para outras espécies, como o trigo, as respostas em raízes e parte aérea não possuem boa correlação (CARVER e OWNBY, 1995).

A correlação entre o comprimento das raízes e da parte aérea foi significativa ($P < 0,05$) pelo teste T, com coeficientes de 0,67 para trevo vermelho e de 0,80 para alfafa (Dados não apresentados em tabela). Isto permite concluir que há possibilidade de selecionar plantas mais tolerantes ao Al tóxico através da avaliação apenas da parte aérea, facilitando o trabalho de seleção.

A regressão linear do comprimento da parte aérea em relação aos níveis de Al foi significativa em ambas as espécies com $P < 0,052$ e $0,058$ para alfafa e trevo, respectivamente (TABELA 2). Observa-se também um alto coeficiente de determinação para a resposta da parte aérea em relação ao Al 0,76 e 0,72 para trevo e alfafa, respectivamente (FIGURA 2), corroborando com a possibilidade de realização de seleções com base na parte aérea.

No entanto, uma vez que a seleção de plantas apenas através da parte aérea ainda é controversa, é necessário cautela na análise dos dados e na escolha da melhor forma de seleção. A maioria dos pesquisadores utilizam a avaliação de raízes como o melhor parâmetro de indicação de tolerância (HOWELER, 1991; VOIGT et al., 1997). Os trabalhos recentes de fisiologia tem sido voltados aos efeitos do Al nas extremidades das raízes e não nas raízes como um todo, e muito menos na parte

aérea (KOCHIAN, 1995). Desta forma, as raízes são o ponto primordial de ação do Al, onde seus efeitos são primeiramente notados.

Além disso, a análise dos percentuais de redução no crescimento da parte aérea (TABELA 2) mostra que esta apresentou um decréscimo no desenvolvimento bem menos evidente do que as raízes. Isto dificulta a escolha da concentração de Al em solução mais adequada para seleção, sendo essa dificuldade acentuada mesmo quando são utilizados um grande número de plantas e de maiores concentrações.

As raízes obtiveram coeficientes de determinação mais acentuado em relação a parte aérea (0,80 para trevo e 0,94 para alfafa) e, levando-se em consideração a facilidade de seleção e a segurança quanto ao melhor nível de Al, a avaliação do crescimento de raízes é o meio mais ajustado para se selecionar as plantas em um programa de melhoramento de alfafa e de trevo vermelho realizada em solução nutritiva.

Finalmente, pela complexidade existente na produção de vários litros de solução, com diferentes concentrações, dentro e entre as etapas de seleção em um programa de melhoramento, bem como na manipulação do material utilizado e o tempo gasto na maioria dos trabalhos tradicionais com solução nutritiva, as simplificações adotadas neste experimento, como a redução da concentração dos produtos e o crescimento das plantas diretamente na solução com alumínio, foram coerentes e adequadas, apresentando bons resultados na avaliação do crescimento de raízes e da parte aérea de plantas de alfafa e de trevo vermelho para tolerância ao alumínio.

CONCLUSÕES

1- O trevo vermelho é mais tolerante ao Al^{+3} que a alfafa, especialmente sob níveis mais baixos de Al^{+3} em solução;

2- Nas condições estudadas e para ambas as espécies, os níveis de Al entre 0,4 e 0,6 mg/L foram adequados para a seleção de plantas tolerantes com base nas raízes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAHIA FILHO, A.F.C.; MAGNAVACA, R.; SCHAFFERT, R.E.; ALVES, V.M.C. Identification, utilization and economic impact of maize germplasm tolerant to low levels of phosphorus and toxic levels of exchangeable aluminum in Brazilian soils. In: **Plant-soil interaction at low ph: sustainable agriculture and forestry production**, 1997, Belo Horizonte. *Anais...Belo Horizonte:: SBSC*, 1997. p. 59-72.
- BALIGAR, V.C.; FAGERIA, N.K. Nutrient use efficiency in acid soils: nutrient management and plant use efficiency. In: **PLANT-SOIL INTERACTION AT LOW PH: SUSTENABLE AGRICULTURE AND FORESTRY PRODUCTION**, 1997, Belo Horizonte. *Anais...Belo Horizonte: SBSC*, 1997. p. 75-96.
- BOUTON, J.H. Screening the alfalfa core collection for acid soil tolerance. **Crop Science**, Madison, v.36, n.1, p. 198-200, 1996.
- CAETANO, J.H.S. **Seleção de alfafa para solos ácidos**. Porto Alegre, 1998. 129 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia – Plantas Forrageiras) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1998.
- CAMARGO, C.E.O.; OLIVEIRA, O.F. Tolerância de cultivares de trigo a diferentes níveis de alumínio em solução nutritiva e no solo. **Bragantia**, Campinas, v. 40, n. 1, p. 21-31, 1981.
- CAMPBELL, T.A.; ELGIN, J.H.; FOY, C.D. et al. Selection in alfalfa for tolerance to toxic levels of aluminum. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 68, n.3, p. 743-753, 1988.
- CARADUS, J.R. Breeding temperate forage legumes for tolerance to aluminum toxic and low phosphorus soils. In: **REUNIÃO DO GRUPO TÉCNICO REGIONAL DO CONE SUL EM MELHORAMENTO E UTILIZAÇÃO DOS RECURSOS FORRAGEIROS DAS ÁREAS TROPICAIS E SUBTROPICAIS**, 11., 1989, Lages. *Anais... Lages: (S.n.)*, 1989. p. 76-126.
- CARE, D.A. The effect of aluminum concentration on root hairs in white clover (*Trifolium repens* L.). **Plant and Soil**, Norwell, v. 171, n.1, p. 159-162, 1995.
- CARVER, B.F.; OWNBY, J.D. Acid Soil Tolerance In Wheat. **Advances in Agronomy**, New York, v. 64, n. 1, p. 117-171, 1995.
- DALL'AGNOL, M.; BOUTON, J.H.; PARROTT, W.A. Screening methods to develop alfalfa germplasm tolerant to acid, aluminum toxic soils. **Crop Science**, Madison, v. 36, n.1, p. 64-70, 1996.
- DEVINE, T.E.; FOY, C.D.; FLEMING, A.L. et al. Development of alfalfa strains with differential tolerance to aluminum toxicity. **Plant and Soil**, Norwell, v. 44, n. 1, p. 73-79, 1976.
- FAGERIA, N.K.; BALIGAR, V.C.; WRIGHT, R.J. Aluminum toxicity in crop plants. **Journal of Plant Nutrition**, [S.L.], v. 11, n. 3, p. 303-319, 1988.
- FOY, C.D.; CHANEY, R.L.; WHITE, M.C. The physiology of metal toxicity in plants. **Annual Review of Plant Physiology**, Rockville, v. 29, n. 1, p. 511-566, 1978.
- HOWELER, R.H. Identifying plants adaptable to low pH conditions. In: **PLANT SOIL INTERACTIONS AT LOW pH**, 1991, Beckley. *Anais... Beckley: Kluwer Academic Publishers*, 1991. p. 885-904.
- KOCHIAN, L.V. Cellular mechanisms of aluminum toxicity and resistance in plants. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Rockville, v. 46, n. 1, p. 237-60, 1995.
- MACKAY, A.D.; CARADUS, J.R.; WEWALA, S. Aluminum tolerance of forage species. In: **PLANT SOIL INTERACTIONS AT LOW pH**, 1991, Beckley. *Anais... Beckley: Kluwer Academic Publishers*, 1991. p. 925-930.
- MARTINS, C.E.; AMARAL, F. de A.L. do; COSER, A.C. Comportamento de espécies e ecótipos de estilosantes submetidos a diferentes níveis de saturação de alumínio. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 22, n. 2, p. 194-204, 1993.
- MENOSSO, O.G. **Toxicidade do alumínio em soja: tolerância de genótipos e mecanismos**. Porto Alegre, 1994. 113 f. Tese (Doutorado em Agronomia-Fitotecnia) - Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1994.
- MILAN, P.A.; RITTER, W.; DALL'AGNOL, M. Seleção de leguminosas forrageiras tolerantes a alumínio e eficientes na utilização de fósforo. II. Leguminosas exóticas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 12, p. 1739-1746, 1990.
- NOVAIS, R.F.; NEVES, J.C.L.; BARROS, N.F. Ensaio em ambiente controlado. In: OLIVEIRA, A.J. (Ed.) **Métodos de pesquisa em fertilidade de solo**. Brasília: Embrapa-SEA, 1991. p. 189-253.
- SIMPSON, J.R.; PINKENTON, A.; LAZDOVSKIS, J. Effects of subsoil calcium on the root growth of some Lucerne genotypes (*Medicago sativa* L.) in acid soil profiles. **Australian Journal Agricultural Research**, v. 28, p. 629-638, 1997.
- VOIGT, P.W.; MORRIS, D.R.; GODWIN, H.W. A soil-on-agar method to evaluate acid-soil resistance in white clover. **Crop Science**, Madison, v. 37, n. 5, p. 1493-1496, 1997.

ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DE RENDIMENTO DE GRÃOS EM AVEIA HEXAPLÓIDE

CLAUDIR LORENCETTI¹, FERNANDO IRAJÁ FÉLIX DE CARVALHO², JULIANO L. ALMEIDA³,
VOLMIR SERGIO MARCHIORO⁴, GIOVANI BENIN¹, IRINEU HARTWIG⁵

RESUMO - Dez constituições genéticas de aveia (*Avena sativa* L.) e doze ambientes foram utilizados para o estudo de adaptabilidade e estabilidade de rendimento de grãos, visando discriminar os genótipos conforme seu comportamento e sua utilização em programas de melhoramento. O método estatístico adotado foi à regressão linear bissegmentada. A análise dos dados revelou significância da interação genótipo x ambiente e permitiu verificar que a variação entre ambientes contribuiu com maior parcela do que a variabilidade entre genótipos para a significância desta interação. Os resultados evidenciaram que o comportamento dos genótipos analisados foi diferenciado para os distintos ambientes, revelando existência de variabilidade genética entre os genótipos testados. Com exceção da UFRGS 7, todos os demais genótipos revelaram instabilidade de rendimento de grãos.

Palavras-chave: *Avena sativa* L., regressão linear bissegmentada, interação genótipo x ambiente.

GRAIN YIELD ADAPTABILITY AND STABILITY IN HEXAPLOID OAT

ABSTRACT - Ten oat genotypes (*Avena sativa* L.) and twelve environments were tested to evaluate adaptability and stability of grain yield, to discriminate genotypes on different environments to utilize in plant breeding programs. The bissegmented linear regression was adopted as statistical method. The analysis showed not only that genotype x environment interaction was significant, as well that the environment variation contributed with larger portion than the variability among genotypes for the significance of this interaction. The results showed that the behavior of the analyzed genotypes was differentiated for the different environments, accepting existence of genetic variability among the tested genotypes. Except for UFRGS 7, all the other genotypes expressed grain yield instability.

Keys words: *Avena sativa* L., bissegmented linear regression, genotype x environment interaction.

¹Eng. Agr^o., Doutorando em Agronomia (Fitomelhoramento), Universidade Federal de Pelotas (UFPEL). Bolsista CNPq. E-mail: claudir@ufpel.tche.br/lorencetti@zipmail.com.br; bening@ufpel.tche.br

²Eng. Agr^o., (Ph.D.), Prof. do Depto. de Fitotecnia da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel (FAEM/UFPEL), Campus Universitário, Cx. Postal: 354, Cep: 96001-970, Pelotas/RS. E-mail: carvalho@ufpel.tche.br (Autor para correspondência)

³Eng. Agr^o., MSc., Pesquisador da Fundação Agrária do Paraná (FAPA), Entre Rios, Guarapuava/Paraná. E-mail: juliano@agraria.com.br.

⁴Eng. Agr^o., Doutor em Fitomelhoramento, Pesquisador da COODETEC

⁵Estudante do Curso de Agronomia da UFPEL - Bolsista CNPq. E-mail: iriwig@ufpel.tche.br

Recebido para publicação em 17-01-2002

INTRODUÇÃO

A aveia é o quinto cereal mais cultivado no Brasil (FAOSTAT, 2001). Seu cultivo se estende de São Paulo e parte do Mato Grosso ao extremo sul do estado do Rio Grande do Sul. É uma cultura sensível a adversidades de ambientes, tanto abióticos como bióticos (solos pobres, deficiência hídrica, ataque de moléstias, principalmente a ferrugem da folha, entre outras). Tal característica tem resultado em baixas produtividades e grande instabilidade ao longo dos anos, acarretando desestímulo por parte dos produtores, desabastecimento e oscilação de preços.

Entre outras razões, essa sensibilidade da cultura pode ser associada à grande variabilidade das condições edafoclimáticas e ao uso de cultivares de baixa adaptabilidade aos diversos microclimas em que o cultivo da aveia é submetido nessas regiões.

A agricultura moderna demanda cultivares que, além de rendimento médio satisfatório, manifestem conveniente sensibilidade de resposta a variação de ambiente. É especialmente desejável uma cultivar que tenha capacidade não apenas de tirar proveito de ambientes melhorados ou mais favoráveis, mas, também, de produzir razoavelmente bem em ambientes adversos. Uma medida de resposta da produtividade ao ambiente que exprima esse conceito de ampla adaptabilidade é de elevada importância. Tal medida deveria ser utilizada como um critério adicional na avaliação de cultivares para recomendação, com vistas a diminuir os riscos e elevar o lucro dos agricultores (NOR e CADY, 1979). Para EAGLES e FREY (1977), a interação genótipo x ambiente (GxE) é um dos principais problemas para os programas de melhoramento por restringir e dificultar o progresso de seleção. A adaptabilidade e estabilidade de produtividade são fatores controlados geneticamente, medidos através da interação GxE e, portanto, tem merecido atenção especial dos melhoristas.

Para se estimar a presença e também a magnitude da interação é necessário avaliar os genótipos em vários ambientes. Contudo, é possível reduzir os custos e o tempo de experimentação simulando variações de ambiente por meio de níveis de insumos e

épocas de semeadura além de outros fatores que podem ser controlados. Uma vez detectada a interação, há alternativas para se atenuar os seus efeitos. Entre essas alternativas, a mais empregada é a identificação de genótipos com ampla adaptabilidade (RIBEIRO et al., 2000).

Para TAI (1971) duas estratégias podem ser utilizadas para contornar esse problema: a) a divisão de áreas heterogêneas em subáreas homogêneas, cada uma tendo suas cultivares específicas; e b) o uso de genótipos de alta estabilidade de rendimento em ambientes variáveis. Entretanto o mesmo autor julgou a segunda estratégia mais eficaz, já que a primeira não permite reduzir a interação GxE pela simples estratificação do ambiente. Outros autores também discutiram este aspecto. EBERHART e RUSSELL (1966) consideraram que, mesmo com a divisão de ambientes com base em diferenças macro-ambientais, a interação de genótipos entre locais dentro de uma sub-região e entre ambientes do mesmo local correspondentes a anos diferentes, freqüentemente, permanecem alta.

Em estudos com trigo CARVALHO et al. (1983) comparando modelos de estabilidade encontraram resultados equivalentes estimados através do modelo de EBERHART e RUSSELL (1966) e TAI (1971) em relação aos parâmetros média ($\hat{\beta}_{0i}$), coeficiente de regressão ($\hat{\beta}_{1i}$ ou $\hat{\alpha}_i$) e desvios da regressão ($\hat{\sigma}_{si}$ ou $\hat{\lambda}_i$).

CARVALHO et al. (1982) trabalhando com aveia em diferentes locais e anos, concluíram que o fator ano foi de maior importância para a estabilidade desta cultura, sendo o fator local de pequena contribuição. Por outro lado, FEDERIZZI et al. (1993) encontraram resultados diferentes, revelando grande contribuição de locais na modificação do comportamento dos genótipos estudados.

Atualmente, há mais de uma dezena de técnicas de análise de adaptabilidade e estabilidade destinadas à avaliação de um grupo de constituições genéticas testadas em diversos ambientes. Tais metodologias são fundamentadas na existência de interação, porém são diferenciadas quanto aos conceitos de estabilidade adotados e de certos princípi-

os estatísticos empregados. A escolha entre eles depende dos dados experimentais, principalmente os relacionados com o número de ambientes disponíveis, da precisão requerida e do tipo de informação desejada (CRUZ e REGAZZI, 1997). A esse respeito VENCOVSKY e BARRIGA (1992) comentam que para um número pequeno de ambientes (não superior a sete) é recomendado utilizar o modelo de EBERHART e RUSSELL (1966) e com um número de ambiente igual ou superior a oito é possível utilizar um modelo bissegmentado, como o de CRUZ et al. (1989).

Os métodos de FINLAY e WILKINSON (1963) e EBERHART e RUSSELL (1966) tem por base análises de regressão linear, que medem resposta de cada genótipo às variações de ambientes. As duas técnicas são bem semelhantes, no que se refere aos aspectos de análise e parâmetros estimados, diferindo em alguns conceitos de estabilidade e adaptabilidade adotados (CRUZ e REGAZZI, 1997).

O método de FINLAY e WILKINSON (1963) determina a adaptabilidade de cada genótipo através da regressão linear de rendimento em relação ao rendimento médio dos genótipos do experimento. Para esses autores o genótipo ideal era aquele que apresentasse média alta e coeficiente de regressão igual a zero (NODARI et al., 1981).

EBERHART e RUSSELL (1966) expandiram o modelo proposto por FINLAY e WILKINSON (1963) considerando a variância do desvio da regressão como um parâmetro de estabilidade adicional. Assim, um genótipo com coeficiente de regressão superior a 1,0 tem comportamento consistentemente melhor em ambientes favoráveis, enquanto que o que apresenta coeficiente de regressão inferior a 1,0 é tido como de desempenho relativamente melhor em ambientes desfavoráveis. A magnitude e a significância da variância dos desvios da regressão dão uma estimativa da previsibilidade da constituição genética. Para esses autores o genótipo ideal é aquele que apresenta alta produtividade média, coeficiente de regressão igual a 1,0 e desvios da regressão não diferindo de zero.

VERMA et al. (1978) propuseram uma nova estratégia de análise de estabilidade e adaptabilidade. Para eles, o genótipo ideal era aquele com alta capacidade produtiva, grande estabilidade, pouco sensível às condições adversas de ambientes, mas capaz de responder satisfatoriamente à melhoria de ambiente. Para reconhecer este genótipo recomendam uma dupla análise de regressão linear, em cada uma, utilizando um modelo semelhante ao de EBERHART e RUSSELL (1966), no qual se mede a respostas dos genótipos a dois tipos de ambientes caracterizados por serem favoráveis e desfavoráveis (CRUZ e REGAZZI, 1987).

SILVA e BARRETO (1985) baseados na crítica de que o método de análise de estabilidade e adaptabilidade proposto por VERMA et al. (1978) evidencia impraticabilidade ou proporciona testes estatísticos questionáveis, propuseram uma análise alternativa, em que os parâmetros de adaptabilidade e estabilidade seriam estimados por uma única equação, representada por uma reta bissegmentada. Visando tornar a metodologia operacionalmente mais simples e com propriedades estatísticas mais adequadas aos propósitos do melhoramento, CRUZ et al. (1989) apresentaram uma extensão da metodologia proposta por SILVA e BARRETO (1985). Essa técnica tem por base a análise de regressão bissegmentada e tem como parâmetros de adaptabilidade a média ($\hat{\beta}_{0i}$), a resposta linear aos ambientes desfavoráveis ($\hat{\beta}_{1i}$) e também aos ambientes favoráveis ($\hat{\beta}_{1i} + \hat{\beta}_{2i}$). A estabilidade dos genótipos deveria ser avaliada pelo desvio da regressão ($\hat{\sigma}_{\delta_i}$) de cada cultivar, em função das variações de ambiente.

Conhecendo que os parâmetros de estabilidade de produção e adaptabilidade ao ambiente são caracteres herdáveis e com facilidade relativa de serem estimados através de métodos estatísticos, estes fatores, importantíssimos para o melhoramento das espécies, se tornaram passíveis de melhoramento.

O presente trabalho teve por objetivo avaliar o comportamento de um grupo de 10 cultivares de aveia hexaplóide quanto à adaptabilidade e estabili-

dade de rendimento de grãos, visando discriminar as diferenças entre os genótipos quanto aos parâmetros anteriormente citados, almejando a utilização pelos programas de melhoramento das informações geradas, na escolha dos genitores.

MATERIALE MÉTODOS

Os dados experimentais referentes a rendimento de grãos (kg.ha⁻¹) provêm dos Ensaio Brasileiros de Cultivares de Aveia (EBCA), que foram conduzidos pelo setor de Fitomelhoramento da Universidade Federal de Pelotas/RS (UFPel) e pela Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária/PR (FAPA).

Os ensaios na UFPel foram instalados nos anos agrícolas de 1998/99 e 2000, e na FAPA foram instalados a campo em 1997/98 e 99. Os tratamentos compreenderam dez genótipos, os quais estiveram presentes em todos os ambientes durante os anos considerados (Tabela 1). O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados com três repetições com fungicida e três repetições sem fungicida. A parcela experimental foi composta de cinco linhas de cinco m de comprimento com espaçamento entre linhas de 0,2 m.

O rendimento de grãos foi determinado com base as três linhas centrais da parcela, com exclusão das duas laterais (bordaduras). Na colheita, o corte foi realizado manualmente e, posteriormente, foi procedido trilha mecânica na UFPel, sendo que na FAPA a colheita foi realizada com colhedora de parcelas (marca HEGE). A adubação de base e cobertura foi realizada de acordo com análise de solo e recomendações para cultura da aveia. Foi utilizado o fungicida tebuconazole, na dose de 0,75 l.ha⁻¹, com duas aplicações. A primeira no surgimento dos sintomas e a segunda aplicação no reaparecimento dos mesmos.

Inicialmente, os dados referentes a rendimento de grãos foram submetidos à análise de variância conjunta, considerando o modelo de genótipo fixo e ambiente aleatório, baseada nos ambientes distintos (Tabela 2). A detecção da interação GxE permitiu a discriminação dos genótipos quanto à adaptabilidade

Tabela 1. Genealogia e ano de lançamento das dez cultivares de aveia que foram utilizadas para compor o presente trabalho, UFPel-RS (1998-2000)/FAPA-PR (1997-99)

Cultivar	Ano	Genealogia
UPF 7	1986	TCFP / X 2503-1
UPF 15	1992	Coker 82-33 // IL3376 / OA338
UPF 16	1993	Coronado/X1799-2/Sel11 Passo Fundo//X3530-40
UPF 17	1994	Coronado/X1799-2/Sel11 Passo Fundo//X3530-40
UFRGS 7	1986	X1205 / FLA 1093
UFRGS 14	1993	805165// Cor2 / Ctz3 / Pendek / ME1563
UFRGS 15	1994	Cor2/Ctz3/Pendek/ME1563/C16CRcp-x/C7512/SRcp74C8014
UFRGS 16	1994	C16 CRcps / C7512/ SRcp / 74C8014
UFRGS 17	1996	Cor2/Ctz3/Pendek/ME1563//76-29 /76-29/75-28/C1833
UFRGS 18	1996	Cocker 81C42//Cor2/Ctz3/ Pendek/ME1563

de e estabilidade fenotípica. Esta segunda avaliação foi realizada através do método de regressão bissegmentada, proposto por CRUZ et al. (1989), com auxílio do Software GENES, desenvolvido pela Universidade Federal de Viçosa (CRUZ, 2001).

O método é baseado no seguinte modelo de regressão múltipla:

$$Y_{ij} = \beta_{0i} + \beta_{1i}I_j + \beta_{2i}T(I_j) + \delta_{ij} + \bar{\epsilon}_{ij}$$

onde:

Y_{ij} : é a produtividade média do genótipo i ($i = 1, 2, \dots, n$) no ambiente j ($j = 1, 2, \dots, a$);

β_{0i} : é a produtividade média do genótipo i em todos os ambientes;

β_{1i} : é o coeficiente de regressão linear que fornece a resposta do genótipo i aos ambientes desfavoráveis;

I_j : índice de ambiente codificado;

β_{2i} : é o coeficiente de regressão linear que corresponde ao diferencial de resposta do genótipo i nos ambientes favoráveis, em relação à resposta

Tabela 2. Formação dos ambientes com base no ano e local de instalação dos experimentos e em presença ou ausência de fungicida, UFPel-RS (1998-2000)/FAPA-PR (1997-99)

Ambiente	FAPA		UFPel	
	Com Fungicida	Sem Fungicida	Com Fungicida	Sem Fungicida
1	1997	-	-	-
2	-	1997	-	-
3	1998	-	-	-
4	-	1998	-	-
5	-	-	1998	-
6	-	-	-	1998
7	1999	-	-	-
8	-	1999	-	-
9	-	-	1999	-
10	-	-	-	1999
11	-	-	2000	-
12	-	-	-	2000

apresentada nos ambientes desfavoráveis: então, $\beta_{1i} + \beta_{2i}$ representa a resposta aos ambientes favoráveis;

$T(I_j) = 0$ se $I_j < 0$;

$T(I_j) = I_j - \bar{I}_+$ se $I_j > 0$, sendo \bar{I}_+ a média dos índices I_j positivos;

δ_{ij} : é o desvio da regressão do genótipo i no ambiente j ;

$\bar{\epsilon}_{ij}$: é o erro experimental médio.

Os desvios da regressão ($\hat{\sigma}_{\delta_i}^2$), medida da previsibilidade do comportamento de cada genótipo (estabilidade), foi estimado por:

$$\hat{\sigma}_{\delta_i}^2 = (QMD_i - QMR) / r$$

onde:

QMD_{*i*}: quadrado médio dos desvios;

QMR: quadrado médio do resíduo da análise

conjunta;

r : número de repetições.

O coeficiente de determinação (R_i^2), que indica a eficiência do método em explicar a variação nos dados de observação para cada cultivar, foi estimado por:

$$R_i^2 = (SQ_{\text{Reg}_{\text{seg}}} / SQ_{(A/G_i)}) \times 100$$

Objetivando verificar a eficiência da regressão bissegmentada em relação ao método proposto por EBERHART e RUSSELL (1966), foi estimado o coeficiente de determinação r_i^2 , através da metodologia proposta pelos autores. Este parâmetro representa a capacidade deste método de explicar a variação nos dados da produtividade média de cada genótipo, em função das variações de ambiente.

$$r_i^2 = (SQ_{\text{Reg}_{\text{linear}}} / SQ_{(A/G_i)}) \times 100$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise da variância conjunta dos 12 ambientes e 10 genótipos são evidenciados na Tabela 3. Os efeitos principais de genótipo, ambiente e da interação GxE foram todos altamente significativos ($P < 0,001$). Este fato já era esperado, embora algumas cultivares tenham na sua genealogia genitores comuns (Tabela 1), porém resultantes de cruzamentos complexos, outras têm genealogia totalmente distinta, além de terem sido selecionados em ambientes diferentes. Tudo isso, associado à reação dessas constituições genéticas à ferrugem da folha (principal moléstia que afeta a espécie), tratamento fungicida e avaliados em diferentes condições edafoclimáticas, provavelmente tenha determinado uma diferenciação natural em sua eficiência produtiva.

A interação GxE é determinada pela relação da variabilidade genotípica com a variação do ambiente. Os dados da Tabela 3 evidenciam significância na interação GxE, indicando uma forte influência do ambiente no comportamento dos genótipos, ou seja, significância esta muito mais devida à variação no ambiente do que a própria variabilidade genética existente entre os genótipos. Essas diferenças podem ser atribuídas, a variações edafoclimáticas entre os ambientes escolhidos para compor este trabalho, assim como ao tratamento fungicida utilizado para diferenciar os ambientes. A significância da interação GxE determina a necessidade de proce-

der à análise de adaptabilidade e estabilidade fenotípica.

A Tabela 4 apresenta a variação máxima de rendimento de cada genótipo e em que ambiente foi obtido. Os resultados mostram que o ambiente 4 foi o menos favorável para o cultivo dessa espécie, ou seja, ano de 1998, sem fungicida na FAPA/PR. Por outro lado, os ambientes 9 e 11 revelaram ser os mais favoráveis para desenvolvimento da cultura, ambos nos ambientes da UFPel, com fungicida, nos de 1999 e 2000, respectivamente. A extrema variação entre ambientes com e sem tratamento fungicida, provavelmente, esteja intimamente ligada à constituição genética da cultivar, ou seja, quanto maior a susceptibilidade do genótipo maior será a variação. Devido a este fato, a maior variação foi observada para a cultivar UPF 16 com rendimento médio de 2145,2 kg.ha⁻¹ (Tabela 5), porém, evidenciou rendimento de 133 kg.ha⁻¹, no ambiente de pior desempenho (ambiente 4) e 4560 kg.ha⁻¹ no ambiente de melhor desempenho (ambiente 9). Em anos propícios ao patógeno, a moléstia poderá causar perdas totais nas lavouras semeadas com cultivares suscetíveis e sem tratamento fungicida.

O rendimento de grãos das cultivares (Tabela 5) foram submetidos ao teste de Scott e Knott (5%). Os resultados revelaram que os genótipos não se distinguiram significativamente quanto ao rendimento médio nos ambientes favoráveis, assim como, globalmente, em todos os 12 ambientes. Entretanto, mostraram diferenças nos ambientes desfavoráveis. Isto evidencia que os genótipos apresentam respostas diferenciadas à ferrugem da folha. Contudo, o rendimento médio dos genótipos foi considerado relativamente elevado, devido a grande heterogeneidade de ambientes em que os rendimentos de grãos foram obtidos.

As estimativas de adaptabilidade ($\hat{\beta}_1$) a ambientes desfavoráveis, incluídas na Tabela 5, variaram de 0,74 a 1,34. As cultivares UPF 7, UFRGS 7 e UFRGS 16 revelaram valores do coeficiente $\hat{\beta}_1$ de 0,79, 0,74 e 0,74, respectivamente, menores que 1,0 (significativos a 1%), sendo consideradas as mais

Tabela 3. Análise de variância conjunta dos dados dos dez genótipos de aveia nos 12 ambientes¹, UFPel-RS (1998-2000)/FAPA-PR (1997-99)

Fonte de Variação	GL	SQ	QM	Prob>F
Bloco/ Ambiente	24	13.278.723	592.010	
Genótipo	9	15.820.460	1.757.829	<0,001
Ambiente	11	248.151.600	22.559.236	<0,001
Genótipo x Ambiente	99	59.192.892	597.908	<0,001
Resíduo	216	22.710.069	105.139	

Tabela 4 . Rendimento de grãos, mínimo e máximo, de cada uma das dez cultivares de aveia e ambiente em que foi obtido, UFPel-RS (1998-2000)/FAPA-PR (1997-99)

Cultivar	Rendimento Mínimo - Ambiente	Rendimento Máximo - Ambiente
	-----kg/ha-----	-----kg/ha-----
UPF 7	1174 - 4	3746 - 9
UPF 15	597 - 4	3462 - 11
UPF 16	133 - 4	4560 - 9
UPF 17	148 - 4	3529 - 9
UFRGS 7	1073 - 4	2998 - 11
UFRGS 14	200 - 4	3944 - 11
UFRGS 15	512 - 4	3875 - 11
UFRGS 16	1376 - 4	4134 - 9
UFRGS 17	119 - 4	3456 - 11
UFRGS 18	352 - 4	3647 - 11

adaptadas, em termos de rendimento de grãos, a ambientes desfavoráveis. Por outro lado, a cultivar UPF 16 com valor $\hat{\beta}_1$ de 1,34, significativamente (1%) maior que 1,0 foi considerada altamente ajustada a ambientes favoráveis. Esses resultados confirmam a diferenciação dos genótipos quanto ao rendimento em ambientes desfavoráveis, avaliados pelo teste de Scott e Knott, cujos genótipos que apresentaram coeficientes $\hat{\beta}_1$ menores que 1,0 (UPF 7, UFRGS 7 e UFRGS 16) também evidenciaram produtividades superiores neste ambiente, assim como, o genótipo UPF 16 com coeficiente $\hat{\beta}_1$ maior que 1,0, expressou rendimento significativamente inferior. Os demais genótipos, cujos valores do coeficiente $\hat{\beta}_1$ não diferiram significativamente de 1,0, foram considerados com adaptabilidade ampla, ou seja, com comportamento semelhante em ambientes favoráveis e adversos.

Os valores da estimativa do coeficiente $\hat{\beta}_2$ significativamente diferente de 0,0 para 60% dos genótipos

indicam adequabilidade do método de regressão bissegmentado. Este coeficiente também influencia diretamente na grandeza do valor $\hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2$, o qual indica que determinado genótipo responde à aplicação de insumos (fertilizantes, fungicida, etc...) ou a qualquer melhoria de ambiente. Desta forma, valores negativos de $\hat{\beta}_2$ são indesejáveis e contribuem para redução dos valores de $\hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2$, sendo observados valores de -0,38 a 0,66. As cultivares UPF 7 e UFRGS 7 com valores $\hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2$, respectivamente, 0,60 e 0,36 significativamente (1%) menor que 1,0 revelaram não ser responsivas à melhoria do ambiente. As demais cultivares, com valores $\hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 \geq 1$, mostraram responder à melhoria do ambiente, permitindo incremento no rendimento de grãos. Este fato, provavelmente, é devido à época em que essas constituições genéticas foram desenvolvidas. As cultivares UPF 7 e UFRGS 7 são as que estão em uso há mais tempo e foram selecionadas há mais de duas décadas (Tabela 1). Pela análise utilizada, esses genótipos expressam características de rusticidade e potencial genético limitado para produção de grãos, mostrando adaptação às condições menos favorecidas, contudo, quando as condições de ambiente são melhoradas eles não expressam estímulos para aumento em rendimento de grãos. Deste modo, estas duas constituições genéticas são genericamente consideradas como as menos exigentes às condições de ambiente. Por outro lado, a cultivar UPF 16, considerada pouco adaptada a ambientes menos favorecidos, assim como as cultivares UPF 15, UPF 17, UFRGS 14, UFRGS 15, UFRGS 16, UFRGS 17 e UFRGS 18 (com adaptabilidade geral), revelaram valores $\hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 \geq 1$, evidenciando resposta a melhoria de ambiente. De modo geral, estas cultivares podem ser classificadas como exigentes em condições de ambiente, expressando seu potencial genético sob tais condições. Contudo, principalmente no caso da cultivar UPF 16, quando utilizada em ambientes marginais de cultivo pode, muitas vezes, levar a baixos rendimentos de grãos. Con-

Tabela 5 . Produtividades médias de grãos e estimativas dos parâmetros de adaptabilidade, responsividade e estabilidade, UFPel-RS (1998-2000)/FAPA-PR (1997-99)

Genótipo	Rendimento de Grãos (kg.ha ⁻¹) ¹			$\hat{\beta}_{1i}$	$\hat{\beta}_{1i} + \hat{\beta}_{2i}$	$\hat{\beta}_{2i}$	$\hat{\sigma}_{\delta_i}^2$	R ² (%) ²	r ² (%) ³
	Global	Amb. Desfav.	Amb. Fav.						
UPF 7	2372,2 a	1877,9 a	3064,1 a	0,79**	0,60**	-0,19	130.629* *	76,2	75,5
UPF 15	2263,1 a	1601,5 a	3189,3 a	1,12	0,88	-0,24	55.560* *	92,2	91,5
UPF 16	2145,2 a	1408,1 b	3177,1 a	1,34**	1,03	-0,31*	349.484* *	80,0	79,2
UPF 17	1873,6 a	1295,1 b	2683,5 a	1,08	0,77	-0,31*	161.922* *	83,3	82,0
UFRGS 7	2202,5 a	1777,3 a	2797,7 a	0,74**	0,36**	-0,38*	3.663	91,8	87,5
UFRGS 14	2259,6 a	1788,3 a	2919,3 a	0,98	1,38*	0,40**	159.430* *	84,4	82,6
UFRGS 15	1947,5 a	1313,6 b	2834,9 a	1,06	1,59**	0,53**	36.639*	94,7	91,8
UFRGS 16	2472,6 a	1996,4 a	3139,3 a	0,74**	0,76	0,02	228.602* *	65,7	65,2
UFRGS 17	1901,7 a	1383,1 b	2627,8 a	1,01	0,84	-0,17	83.621* *	88,1	86,7
UFRGS 18	1861,1 a	1192,2 b	2797,6 a	1,12	1,78**	0,66**	62.288* *	93,8	89,9

seqüentemente, os resultados sugerem que essa cultivar seja indicada apenas para condições de ambientes favoráveis, levando em conta o nível tecnológico utilizado no seu manejo, principalmente no caso de controle da ferrugem da folha.

Os desvios das regressões (Tabela 5) foram significativos para 90% das cultivares. As significâncias dos desvios podem ser indicativas de instabilidade de rendimento nos ambientes favoráveis ou menos favoráveis, ou de inadequação do modelo estatístico utilizado, ou ainda, de falha do índice de ambiente na representação da produtividade do ambiente. Essa falha pode decorrer de diferenças de comportamento das cultivares em relação a características específicas do ambiente (KNIGHT, 1970).

Entretanto, considerando que o coeficiente de determinação (R²) estimado pela metodologia de CRUZ et al. (1989), foi superior para todas as cultivares em relação ao coeficiente de determinação (r²) estimado pelo método proposto por EBERHART e RUSSELL (1966), justifica a utilização da regressão bissegmentada, visto que esta hipótese é mais ajustada por esta metodologia. Outro fator importante a ser considerado para a justificativa da adequação do modelo utilizado é a rejeição da hipótese $\hat{\beta}_{2i} = 0$ o que indica que o comportamento dos genótipos, em resposta às mudanças de ambiente, é bissegmentado. Isso foi observado em 60% dos

genótipos avaliados. Deste modo, evidencia a existência de genótipos cujo comportamento responsivo revela alteração na medida em que as condições de ambiente expressam variação. Assim, estes genótipos puderam ter seus comportamentos explicados por uma técnica mais detalhista do que pela simples regressão linear.

Pode ser observado que apenas a cultivar UFRGS 7 não apresentou desvio da regressão ($\hat{\sigma}_{\delta_i}^2$) significativo, o que indica comportamento previsível (maior estabilidade), além de possuir elevado R² (91,8). Entretanto, deve ser relatado que este genótipo apresenta adaptabilidade a ambientes desfavoráveis e não responde à melhoria de ambiente, sendo recomendado cautela quando a sua indicação for para ambientes favoráveis, o que poderá acarretar prejuízos por não responder positivamente às condições de alta tecnologia.

CONCLUSÕES

1. O comportamento dos genótipos analisados foi distinto para os diferentes ambientes, diferindo para os parâmetros de adaptabilidade e estabilidade de rendimento de grãos evidenciando, dessa forma, existência de variabilidade genética para o caráter estudado;

2. Os resultados enfatizam que o uso de técnicas de aferição da interação genótipo x ambiente podem auxiliar na indicação de genótipos com adaptação específica;

3. A única constituição genética que evidenciou estabilidade de rendimento de grãos foi a cultivar UFRGS 7, que apresentou desvios da regressão não diferentes de zero.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CARVALHO, F.I.F.; FEDERIZZI, L.C.; NODARI, R.O.; FLOSS, E.; GANDIM, C.L. Analysis of stability parameters and of genotype x environment interaction in oats grain yield in Rio Grande do Sul (Brazil). *Revista Brasileira de Genética*, Ribeirão Preto, v. 5, p.517-532, 1982.
- CARVALHO, F.I.F.; FEDERIZZI, L.C.; NODARI, R.O.; STORCK, L. Comparison among stability models in evaluating genotypes. *Revista Brasileira de Genética*, Ribeirão Preto, v. 6, n.4, p. 667-692, 1983.
- CRUZ, C.D. **Programa genes**: aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa: Editora UFV, 2001. 648p.
- EBERHART, S.A.; RUSSELL, W.A. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science*, Madison, v.6, n.1, p. 36-40, 1966.
- FAOSTAT DATABASE RESULTS. Disponível em: <http://www.fao.org/>. <acesso em 20 de agosto de 2001>.
- FEDERIZZI, L.C.; BARBOSA NETO, J.F.; CARVALHO, F.I.F.; VIAU, L.V.M.; SEVERO, J.L.; FLOSS, E.L.; ALVES, A.; ALMEIDA, J.; SILVA, A.C. Estabilidade do rendimento de grãos em aveia: efeito do uso de fungicida. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 28, n. 4, p. 465-472, 1993.
- FINLAY, K.W.; WILKINSON, G.N. The analysis of adaptation in a plant breeding programme. *Australian Journal of Agriculture Research*, v. 14, p. 742-754, 1963.
- KNIGHT, R. The measurement and interpretation of genotype environment interactions. *Euphytica*, v.19, p.225-235, 1970.
- NODARI, R.O.; CARVALHO, F.I.F.; FEDERIZZI, L.C. Uso e eficiência dos parâmetros de estabilidade da produtividade de trigo (*Triticum aestivum* L.). *Revista do Setor de Ciências Agrárias*, Curitiba, v.3, p.20-28, 1981.
- NOR, K.M.; CADY, F.B. Methodology for identifying wide adaptability in crops. *Agronomy Journal*, v.71, p.556-559, 1979.
- RIBEIRO, P.H.E.; RAMALHO, M.A.P.; FERREIRA, D.F. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de milho em diferentes condições ambientais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.35, n.11, p.2213-2222, 2000.
- SILVA, J.G.C.; BARRETO, J.N. Aplicação da regressão linear segmentada em estudo da interação genótipo x ambiente. In: SIMPÓSIO DE EXPERIMENTAÇÃO AGRÍCOLA. 1. *Anais...* Piracicaba: ESALQ, 1985. p. 49-50.
- TAI, G.C.C. Genotypic stability analysis and its application to potato regional traits. *Crop Science*, Madison, v.11, p. 184-190, 1971.
- VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 496p.
- VERMA, M.M.; CHAHAL, G.S.; MURTY, B.R. Limitations of conventional regression analysis, a proposed modification. *Theoretical and Applied Genetics*, v.53, p. 89-91, 1978.

EFEITO DE SISTEMAS DE MANEJO DE SOLO E DE ROTAÇÃO DE CULTURAS SOBRE O RENDIMENTO DE GRÃOS DE MILHO

HENRIQUE PEREIRA DOS SANTOS¹, JULIO CESAR BARRENECHE LHAMBY²

RESUMO - Para avaliar o efeito do manejo de solo e de rotação de culturas sobre o rendimento de grãos de milho, acompanhou-se durante quatro anos experimento instalado em Passo Fundo, RS. Neste, foram comparados quatro sistemas de manejo de solo — 1) plantio direto, no inverno e no verão, 2) preparo convencional de solo com arado de discos + grade de discos, no inverno e semeadura direta, no verão, 3) preparo convencional de solo com arado de aivecas + grade de discos, no inverno e semeadura direta, no verão e 4) cultivo mínimo com escarificador, no inverno e semeadura direta, no verão — e dois sistemas de rotação de culturas: sistema I (trigo/soja e ervilhaca/milho) e sistema II (trigo/soja, aveia preta ou aveia branca/soja e ervilhaca/milho). O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com parcelas subdivididas e três repetições. A parcela principal foi constituída pelos sistemas de manejo de solo, e as subparcelas, pelos sistemas de rotação de culturas. O rendimento de grãos de milho cultivado no plantio direto e no cultivo mínimo foi superior ao milho cultivado nos preparo convencional de solo com arado de discos e com arado de aivecas. Não foram observadas diferenças significativas no rendimento de grãos de milho em decorrência da rotação de culturas.

Palavras-chave: preparo convencional de solo, cultivo mínimo, plantio direto, *Zea mays* L.

EFFECT OF SOIL TILLAGE SYSTEMS AND CROP ROTATION ON CORN YIELD

ABSTRACT - To evaluate the effect of soil tillage systems and crop rotation on corn yield an experiment was set up in Passo Fundo, RS, Brazil, which was monitored over a four-year period. Four soil tillage systems — 1) no-tillage, during winter and summer seasons, 2) conventional tillage using disk plow and disk harrow, in winter and no-tillage, in summer, 3) conventional tillage using moldboard plow and disk harrow, in winter and no-tillage, in summer, and 4) minimum tillage, in winter and no-tillage, in summer. — and two crop rotation systems [system I (wheat/soybean and common vetch/corn) and system II (wheat/soybean, black oats or white oats/soybean, and common vetch/corn)] were compared. An experimental design of blocks at random, with split-plots and three replications, was used. The main plot was formed by soil tillage systems, while the split-plots consisted of crop rotation systems. The yield of corn grown under no-tillage and minimum tillage was higher than the yield obtained for corn grown after conventional tillage using disk or moldboard plow and disk harrow. There were no significant effects of crop rotation systems on corn yields.

Key words: conventional tillage, minimum tillage, no-tillage, *Zea mays* L.

¹Eng. Agr., Dr., Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa de Trigo (CNPQ), Caixa Postal 451, CEP 99001-970 Passo Fundo, RS. Autor para correspondência. E-mail: hpsantos@cnpt.embrapa.br. Bolsista CNPq-PQ

²Eng. Agr., Dr., Embrapa-CNPQ. E-mail: julio@cnpt.embrapa.br
Recebido para publicação em 12-03-2002

INTRODUÇÃO

A pesquisa agropecuária tem desenvolvido métodos de manejo de solo que, através de diminuição do revolvimento do solo, permitem a exploração agrícola com a manutenção da qualidade e da produtividade dos solos (KOCHHANN & SELLES, 1991). Esses métodos de manejo são sistemas integrados de produção, pois envolvem técnicas de preparo de solo, práticas de rotação de culturas, manejo de resíduos vegetais, manutenção da fertilidade do solo e aspectos fitossanitários das culturas exploradas.

A rotação de culturas sob plantio direto deixa na superfície do solo, após a colheita, resíduos vegetais das diferentes espécies usadas no sistema, que tem, entre outros, efeitos positivos na conservação da umidade do solo e na reciclagem e acúmulo de nutrientes na superfície (SANTOS et al., 1993).

A cobertura de solo pelos de resíduos vegetais oriundos da rotação de culturas mantém o solo úmido, mesmo em período de estiagem (KOCHHANN & SELLES, 1991). De acordo com RUEDELL (1995), o milho sob plantio direto rendeu mais grãos do que após preparo convencional de solo, principalmente em consequência de anos em que ocorreram períodos de estiagem nas fases críticas da cultura. Essa diferença no rendimento de grãos de milho pode ser explicada, em parte, pelo não revolvimento de solo e pela manutenção de resíduos vegetais na superfície do solo, no plantio direto e no preparo de solo com cultivo mínimo. A umidade do solo, oriunda de precipitações pluviais anteriores ao período de estiagem, é mantida, em parte, pela cobertura vegetal de solo.

A rotação de culturas, fundamentada em espécies tanto de inverno como de verão, tem contribuído para aumentar a estabilidade e o rendimento de grãos de culturas, como verificados por DICK & VANDOREN (1985) e por VARVEL (1994), que constataram maior rendimento de grãos de milho após rotação de verão, em comparação com a monocultura.

Um benefício da rotação de culturas é a reciclagem de nutrientes, como por exemplo o nitrogênio (SANTOS & SIQUEIRA, 1996). A escolha da espécie a ser usada na cobertura de solo no inverno, deve ser

feita utilizando-se a seu potencial de fornecimento de nitrogênio para a cultura subsequente (DIDONET & SANTOS, 1996). Em vista disso, as leguminosas têm sido usadas desde a antiguidade com a finalidade de fornecer nitrogênio à cultura subsequente (GALLO et al., 1981).

Resultados experimentais indicam que sistemas de produção para milho podem substituir parcial ou totalmente a adubação nitrogenada de cobertura, sem perda no rendimento de grãos (PÖTTKER & ROMAN, 1994). Enquanto as leguminosas de inverno adicionam nitrogênio ao sistema, as gramíneas simplesmente reciclam o nitrogênio já existente (PÖTTKER & ROMAN, 1994). De acordo com PÖTTKER & ROMAN (1994), o chícharo e a ervilhaca podem fornecer até 100 kg ha⁻¹ de nitrogênio ao sistema. Segundo AITA et al. (1994), as leguminosas de inverno (chícharo, ervilhaca, ervilha forrageira e tremoço) proporcionam rendimento de grãos de milho semelhante ao tratamento que recebeu nitrogênio mineral e superior aos tratamentos com aveia preta e de pousio invernal.

O presente trabalho teve por objetivo avaliar o efeito do manejo de solo e de sistemas de rotação culturas sobre rendimento de grãos de milho.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento anteriormente destinado a avaliar o efeito de sistemas de manejo de solo no rendimento de grãos de trigo, foi instalado na Embrapa Trigo, no município de Passo Fundo, RS, desde 1986, em solo classificado como LATOSSOLO VERME-LHO Distrófico típico (EMBRAPA, 1999). A área experimental vinha sendo cultivada com lavouras de trigo, sob preparo convencional de solo, no inverno, e de soja, sob semeadura direta, no verão. O milho foi semeado em rotação conforme descrito no parágrafo seguinte.

Foram comparados quatro sistemas de manejo de solo: 1) plantio direto, no inverno e no verão, 2) preparo convencional de solo com arado de discos + grade de discos, no inverno, e semeadura direta, no verão, 3) preparo convencional de solo com ara-

do de aivecas + grade de discos, no inverno, e semeadura direta, no verão, e 4) preparo de solo mínimo (escarificador de hastes rígidas com destorroador/nivelador de discos), no inverno, e semeadura direta, no verão — e dois sistemas de rotação de culturas: sistema I (trigo/soja e ervilhaca/milho) e sistema II [trigo/soja, aveia preta (de 1987 a 1989) ou aveia branca (em 1990 e 1991)/soja e ervilhaca/milho]. Os resultados a serem apresentados neste trabalho são de 1987/88 a 1991/92. Os híbridos de milho usados foram Ag 64 A, em 1987, e XL 530, de 1988 a 1991, semeados em outubro de cada ano. Em 1990, foi alterada a seqüência do sistema II, ou seja, de trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho, passou para trigo/soja, ervilhaca/milho e aveia branca/soja. Na safra 1990/91 o milho não foi colhido, em decorrência de forte estiagem ocorrida na região.

Em novembro de 1985, antes da semeadura das culturas de inverno, a camada de solo de 0-20 cm da área experimental foi amostrada, e os resultados das análises foram: pH = 4,8; Al trocável = 12,0 mmol_c dm⁻³; Ca + Mg trocáveis = 49,0 mmol_c dm⁻³; matéria orgânica = 34,0 g kg⁻¹; P extraível = 23,0 mg kg⁻¹; e K trocável = 104 mg kg⁻¹. O solo dessa área foi descompactado por meio de escarificador com haste rígida e submetido a correção de acidez com 7,0 t ha⁻¹ (PRNT 90 %) de calcário, visando a elevar o pH a 6,0. O calcário foi aplicado em duas vezes: metade antes da aração (arado de discos) e metade antecedendo a gradagem (grade niveladora de discos). A adubação de manutenção foi baseada na média dos valores observados nas análises da área experimental. Nesse período de estudo, não foi aplicado nitrogênio em cobertura na cultura de milho.

A semeadura, o controle de plantas daninhas e os tratamentos fitossanitários foram realizados conforme recomendação para cada cultura, e a colheita de milho foi efetuada manualmente. O rendimento de grãos de milho foi determinado a partir da colheita de parte da parcela (área útil de 16,2 m²), ajustando-se o rendimento para umidade de 13%. Como bordadura, foram deixadas duas linhas de cada lado e 1,0 m na extremidade das linhas centrais.

O percentual de cobertura de solo foi avaliado em 2,50 m linear de todas as parcelas experimentais, enquanto a quantidade de palha, da coleta 0,25 m² por parcela, em todos os tratamentos.

O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, com parcelas subdivididas e três repetições. A parcela principal constituída pelos sistemas de manejo de solo, e as subparcelas pelos sistemas de rotação de culturas. Em média, foram semeadas anualmente cinco linhas de milho no espaçamento de 0,90 m e na densidade de cinco sementes aptas por linha. Foi efetuada análise de variância do rendimento de grãos de milho (dentro de cada ano e na média conjunta dos anos de 1987/88 a 1991/92). Considerou-se o efeito tratamento, sistemas de manejo de solo e sistemas de rotação de culturas como fixo, e o efeito ano, como aleatório. As médias foram comparadas, pelo teste de Duncan, a nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados das análises de solo revelaram que o valor de pH de solo (Tabela 1: 5,32 a 5,57), após seis anos de cultivo, em todas as profundidades, foi maior em novembro de 1993 do que antes da instalação do experimento, na camada 0-20 cm de profundidade (4,8), o que evidencia o efeito residual prolongado da aplicação de 7,0 t ha⁻¹ de calcário. O valor de Al trocável de solo (Tabela 1: 0,19 a 0,54 mmol_c dm⁻³), em todos os sistemas de manejo de solo e em todas as profundidades, foi menor que o valor registrado por ocasião da instalação do experimento, na camada 0-20 cm (12,0 mmol_c dm⁻³). O menor valor de Al trocável, em todos os sistemas de manejo de solo, foi decorrente dos efeitos da calagem na elevação do pH e conseqüentemente, na sua neutralização. Os valores médios de Ca + Mg trocáveis de solo (Tabela 1: 61,40 a 72,96 mmol_c dm⁻³), em todas as camadas, foram considerados altos para o crescimento e desenvolvimento das culturas na região, cujos níveis são 40 e 10 mmol_c dm⁻³ (SOCIEDADE, 1995) e superiores ao observado antes do início do experimento (49,0 mmol_c dm⁻³).

Tabela 1. Valores médios de pH em água, de alumínio trocável e de cálcio + magnésio trocáveis, avaliados após as culturas de inverno de 1993, em quatro camadas de solo e para diferentes sistemas de manejo de solo. Passo Fundo, RS, 2002

Sistema manejo de solo ¹	Profundidade (cm)									
	0-5	5-10	10-15	15-20	0-5	0-5	0-5	5-10	5-10	10-15
					x	x	x	x	x	x
					5-10	10-15	15-20	10-15	15-20	15-20
	pH (1:1)				Contrastes entre profundidades (P > F)					
PD	5,43	5,32	5,34	5,33	ns	ns	ns	ns	ns	ns
PCD	5,57	5,57	5,56	5,45	ns	ns	ns	ns	ns	ns
PCA	5,37	5,39	5,36	5,32	ns	ns	ns	ns	ns	ns
PM	5,55	5,45	5,47	5,45	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	Contrastes entre manejos									
PD x PCD	**	**	*	ns						
PD x PCA	ns	ns	ns	ns						
PD x PM	*	ns	ns	ns						
PCD x PCA	**	**	**	ns						
PCD x PM	ns	**	*	ns						
PCA x PM	**	ns	ns	ns						
	Al (mmol _e dm ³)				Contrastes entre profundidades (P > F)					
PD	0,25	0,40	0,46	0,53	ns	ns	*	ns	ns	ns
PCD	0,28	0,23	0,23	0,40	ns	ns	*	ns	**	**
PCA	0,44	0,42	0,46	0,54	ns	ns	ns	ns	*	ns
PM	0,19	0,28	0,26	0,38	ns	ns	*	ns	ns	ns
	Contrastes entre manejos									
PD x PCD	ns	*	*	ns						
PD x PCA	**	ns	ns	ns						
PD x PM	ns	ns	ns	ns						
PCD x PCA	**	**	**	ns						
PCD x PM	ns	ns	ns	ns						
PCA x PM	**	ns	**	ns						
	Ca + Mg (mmol _e dm ³)				Contrastes entre profundidades (P > F)					
PD	71,34	67,82	66,97	65,44	ns	ns	ns	ns	ns	ns
PCD	68,67	71,73	72,31	66,77	ns	ns	ns	ns	*	*
PCA	63,00	62,16	61,40	60,99	ns	ns	ns	ns	ns	ns
PM	72,96	70,32	72,71	69,29	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	Contrastes entre manejos									
PD x PCD	ns	ns	ns	ns						
PD x PCA	**	*	*	ns						
PD x PM	ns	ns	ns	ns						
PCD x PCA	**	**	**	ns						
PCD x PM	ns	ns	ns	ns						
PCA x PM	**	*	**	ns						

¹ PD: plantio direto, no inverno e no verão; PCD: preparo convencional com arado de discos, no inverno e semeadura direta, no verão; PCA: preparo convencional com arado de aivecas, no inverno e semeadura direta, no verão; e PM: cultivo mínimo, no inverno e semeadura direta, no verão.

ns = não significativo; * = nível de significância de 5%; ** = nível de significância de 1%.

Fonte: SANTOS & TOMM (2003)

O teor de P extraível do solo (Tabela 2: 9,3 a 34,5 mg kg⁻¹), nas três primeiras camadas de solo (0-5 a 10-15 cm), esteve acima do nível crítico para esse tipo de solo (9,0 mg kg⁻¹) para o crescimento e desenvolvimento de culturas (REUNIÃO, 1999). O teor de K trocável (Tabela 2: 91 a 277 mg kg⁻¹), na camada 0-5 cm, em todas as camadas de solo, esteve acima do nível crítico para o crescimento e de-

envolvimento de culturas (80 mg kg⁻¹) (REUNIÃO, 1999). Além disso, o teor de K trocável (132 a 277 mg kg⁻¹) das três primeiras camadas de solo (0-5 a 10-15 cm) esteve acima do teor determinado antes do início deste experimento (104 mg kg⁻¹).

Nesse mesmo experimento, no inverno, de 1993 a 1997 (Tabela 3), o plantio direto tem apresentado, em média, maior a cobertura de solo (96%) do que

Tabela 2. Valores médios de matéria orgânica, de fósforo extraível e de potássio trocável, avaliados após as culturas de inverno de 1993, em quatro camadas de solo e para diferentes sistemas de manejo de solo. Passo Fundo, RS, 2002

Sistema manejo de solo ¹	Profundidade (cm)									
	0-5	5-10	10-15	15-20	0-5	0-5	0-5	5-10	5-10	10-15
	x	x	x	x	5-10	10-15	15-20	10-15	15-20	15-20
	Matéria orgânica (g kg ⁻¹)				Contrastes entre profundidades (P > F)					
PD	38	30	28	28	**	**	**	ns	*	ns
PCD	31	31	29	27	ns	ns	**	ns	**	**
PCA	29	30	29	27	ns	ns	**	ns	**	**
PM	36	32	28	27	**	**	**	**	**	*
	Contrastes entre manejos									
PD x PCD	**	ns	ns	ns						
PD x PCA	**	ns	ns	ns						
PD x PM	ns	**	ns	ns						
PCD x PCA	ns	ns	ns	ns						
PCD x PM	**	**	ns	ns						
PCA x PM	**	**	ns	ns						
	P (mg kg ⁻¹)				Contrastes entre profundidades (P > F)					
PD	34,5	18,8	12,2	7,9	**	**	**	**	*	ns
PCD	17,7	17,1	13,9	8,2	ns	*	**	*	**	**
PCA	13,5	11,9	9,3	8,9	ns	*	*	ns	ns	ns
PM	28,0	21,9	12,5	7,7	*	**	**	**	*	ns
	Contrastes entre manejos									
PD x PCD	**	ns	ns	ns						
PD x PCA	**	**	ns	ns						
PD x PM	ns	ns	ns	ns						
PCD x PCA	ns	*	*	ns						
PCD x PM	**	*	ns	ns						
PCA x PM	**	**	ns	ns						
	K (mg kg ⁻¹)				Contrastes entre profundidades (P > F)					
PD	277	178	134	97	**	**	**	**	**	**
PCD	211	158	132	91	**	**	**	ns	**	**
PCA	217	165	135	98	**	**	**	**	**	**
PM	277	197	139	97	**	**	**	**	**	**
	Contrastes entre manejos									
PD x PCD	**	ns	ns	ns						
PD x PCA	**	ns	ns	ns						
PD x PM	ns	ns	ns	ns						
PCD x PCA	ns	ns	ns	ns						
PCD x PM	**	*	ns	ns						
PCA x P M	**	*	ns	ns						

¹ PD: plantio direto, no inverno e no verão; PCD: preparo convencional com arado de discos, no inverno e semeadura direta, no verão; PCA: preparo convencional com arado de aivecas, no inverno e semeadura direta, no verão; e PM: cultivo mínimo, no inverno e semeadura direta, no verão.

ns = não significativo; * = nível de significância de 5%; ** = nível de significância de 1%.

Fonte: SANTOS & TOMM (2003)

sob cultivo mínimo (48%) e sob preparo convencional de solo com arado de discos (8%) e com arado de aivecas (10%). O cultivo mínimo (2,92 t ha⁻¹) e o plantio direto (2,66 t ha⁻¹) mostraram maior quantidade de palha, em relação aos sistemas convencionais de preparo de solo com arado de discos (2,08 t ha⁻¹) e com arado de aivecas (1,95 t ha⁻¹). Provavelmente, a cobertura de solo e a quantidade de palha facilitou a penetração e o armazenamento de água

no solo, oriunda de precipitações anteriores àquele período de estiagem. No verão, a quantidade de palha de ervilhaca tem sido praticamente a mesma em todos os manejos de solo: plantio direto (3,91 t ha⁻¹), cultivo mínimo (4,45 t ha⁻¹), preparo convencional de solo com arado de discos (3,59 t ha⁻¹) e com arado de discos (3,45 t ha⁻¹). A quantidade de nitrogênio no resíduo de ervilhaca tem variado de 118 a 246 kg ha⁻¹, sem diferença significativa entre

os sistemas de manejo de solo, ou seja, plantio direto com 178 kg ha⁻¹, preparo convencional com arado de discos, 183 kg ha⁻¹, preparo com arado de aivecas, 174 kg ha⁻¹, e cultivo mínimo com 186 kg ha⁻¹.

A análise conjunta dos resultados para rendimento de grãos de milho apresentou significância para o efeito ano, para sistemas de manejo de solo, para a interação ano x sistemas de manejo de solo e para a interação ano x culturas antecessoras. Isso indica que o rendimento de grãos de milho foi afetado pela variação climática ocorrida entre os anos. Não houve diferenças significativas no rendimento de grãos de milho para culturas antecessoras, para a interação sistemas de manejo de solo x culturas antecessoras e para interação ano x sistemas de manejo de solo x culturas antecessoras. Resultado similar para sistemas de manejo de solo x cultura antecessora foi obtido por EDWARDS et al. (1988).

Tabela 3. Percentagem de cobertura de solo após culturas de inverno, de 1993 a 1997. Passo Fundo, RS¹

Ano	PD	PCD	PCA	PM	Média
1993	99	14	20	18	38 c
1994	86	8	10	27	33 d
1995	99	4	2	68	43 b
1996	98	10	15	88	53 a
1997	99	3	3	37	35 cd
Média	96 A	8 C	10 C	48 B	

¹ Médias seguidas da mesma letra, minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, não apresentam diferenças significativas, a 5 % de probabilidade, pelo teste de Duncan.

PD: plantio direto, no inverno e no verão; PCD: preparo convencional de solo com arado de discos, no inverno e semeadura direta, no verão; PCA: preparo convencional de solo com arado de aivecas, no inverno e semeadura direta, no verão; e PM: cultivo mínimo, no inverno e semeadura direta, no verão.

Os resultados anuais e conjunto do rendimento de grãos de milho, nesse período, podem ser observados nas Tabelas 4 e 5.

Na análise anual, houve diferenças significativas no rendimento de grãos de milho, em decorrência dos sistemas de manejo de solo, na maioria dos anos estudados (Tabela 4). No ano agrícola 1987/88, o rendimento de grãos de milho cultivado sob plantio

direto (6.471 kg ha⁻¹) e sob cultivo mínimo (6.349 kg ha⁻¹) foi superior ao de milho cultivado em preparo convencional de solo com arado de discos (5.702 kg ha⁻¹) e com arado de aivecas (5.751 kg ha⁻¹). Nas safras agrícolas 1988/89 e 1991/92, o rendimento de grãos de milho cultivado sob cultivo mínimo, sob plantio direto e sob preparo convencional de solo com arado de discos foi superior ao de milho cultivado sob preparo convencional de solo com arado de aivecas.

Tabela 4. Efeito de sistemas de manejo de solo no rendimento (kg/ha) de grãos de milho. Passo Fundo, RS¹

Ano	PD	PCD	PCA	PM	Média
1987/88	6.471Ab	5.702Bb	5.751Bb	6.349 Ac	6.068b
1988/89	7.992Aa	7.756Aa	6.237Bb	8.358 Aa	7.586a
1989/90	7.546Aa	7.504Aa	7.354Aa	7.515 Ab	7.480a
1990/91	-	-	-	-	-
1991/92	5.078Ac	4.453Ac	4.208Bc	5.082Ad	4.705c
Média	6.772A	6.354B	5.887C	6.826A	

¹ Médias seguidas da mesma letra, minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, não apresentam diferenças significativas, a 5 % de probabilidade, pelo teste de Duncan.

PD: plantio direto, no inverno e no verão; PCD: preparo convencional de solo com arado de discos, no inverno e semeadura direta, no verão; PCA: preparo convencional de solo com arado de aivecas, no inverno e semeadura direta, no verão; e PM: cultivo mínimo, no inverno e semeadura direta, no verão.

Na análise conjunta das safras 1987/88 a 1991/92, o rendimento de grãos de milho cultivado sob cultivo mínimo (6.826 kg ha⁻¹) e sob plantio direto (6.772 kg ha⁻¹) foi superior ao de milho cultivado sob preparo convencional de solo com arado de discos (6.354 kg ha⁻¹) e de aivecas (5.887 kg ha⁻¹) (Tabela 4). De acordo com FANCELLI (1990), as maiores exigências em umidade para a cultura de milho concentram-se nas fases emergência, florescimento e formação de grãos. Na maioria dos anos estudados, a precipitação pluvial foi inferior à normal (148 mm e 121 mm), principalmente nos meses de fevereiro e março (27 a 112 e 37 a 120, respectivamente) (BRASIL, 1992), explicando o baixo rendimento de grãos de milho obtido. A cultu-

ra de milho encontrava-se na fase de formação de grãos.

Deve ser levado em conta que, o consumo de água para a cultura de milho completar o ciclo é de aproximadamente 571 mm (MATZENAUER, 1992). Em Passo Fundo, RS, a precipitação pluvial normal anual (1.000 mm) tem se situado acima desse valor (BRASIL, 1992). No decorrer dos anos de condução deste trabalho, a precipitação pluvial foi mal distribuída em fevereiro de 1987/88 (27 mm) e de 1990/91 (30 mm). Em consequência disso, os sistemas conservacionistas de manejo (cultivo mínimo e plantio direto) superaram em rendimento de grãos de milho os sistemas de preparo convencional de solo com arados de discos e de aivecas.

A diferença significativa do rendimento de grãos de milho entre os sistemas de manejo de solo pode ser atribuída, em grande parte, ao próprio preparo de solo, no inverno. Pois, quando há revolvimento do solo, como ocorre nos preparos convencionais, a decomposição dos resíduos culturais processa-se mais rapidamente. Além disso, a distribuição inadequada da precipitação pluvial teria menos condições de armazenar água nos sistemas convencionais de preparo de solo, em relação aos sistemas de manejo conservacionistas.

MUNAWAR et al. (1990), constataram que, em dois dos três anos estudados, o milho apresentou maior rendimento de grãos, quando cultivado sob plantio direto, sob preparo convencional de solo com grade de dentes e sob preparo convencional de solo com três passadas de grade de disco do que quando alternados sob preparo convencional de solo com arado de aivecas. RUEDELL (1995) também observou que a cultura de milho produziu mais grãos sob plantio direto (5.881 kg ha⁻¹) do que sob preparo convencional de solo (4.872 kg ha⁻¹). Essas diferenças a favor do plantio direto foram mais expressivas principalmente nos anos em que houve déficit hídrico no período crítico da cultura.

Houve efeito significativo das culturas antecessoras no rendimento de grãos de milho, nos anos de 1987/88 e 1988/99 (Tabela 5). No ano de 1988/89, o rendimento de grãos de milho cultivado

após ervilhaca, no sistema I (trigo/soja e ervilhaca/milho), foi superior ao de milho cultivado após ervilhaca, no sistema II (trigo/soja, aveia preta/soja e ervilhaca/milho). No período agrícola 1989/90 ocorreu o inverso, ou seja, o rendimento de grãos de milho cultivado após ervilhaca, no sistema II, foi mais elevado do que o de milho cultivado após ervilhaca, no sistema I. Deve ser levado em consideração que, este experimento foi iniciado em 1986.

Na análise conjunta, de 1987/88 a 1991/92, não foi possível constatar diferenças significativas no rendimento de grãos de milho em virtude da sucessão com ervilhaca (Tabela 5). Isso, pode ter sido em razão de que, nos dois primeiros anos de estudo, o sistema I rendeu mais do que o II, e no na seguinte ocorreu o inverso. O milho foi cultivado por dois ou três verões de rotação, intercalado por soja. DICK & VAN DOREN (1985) e VARVEL (1994), constataram diferenças significativas entre o rendimento de grãos a favor da rotação de culturas.

Nas condições do Sul do Brasil, as culturas que antecedem milho ou sorgo, em sistemas de rotação de culturas, têm influência no rendimento de grãos de milho (AITA et al., 1994; PÖTTKER & ROMAN, 1994), dependendo se a cultura usada como cobertura de inverno for gramínea ou leguminosa. Quando o milho, em sistemas de rotação de culturas, é antecedido pela mesma leguminosa (como, por exemplo, ervilhaca) ou por diferentes

Tabela 5. Efeito de sistemas de rotação de culturas no rendimento (kg/ha) de grãos de milho. Passo Fundo, RS¹

Ano	Sistema I	Sistema II	Média
1987/88	6.353 Ab	5.783 Bb	6.068 b
1988/89	7.332 Ba	7.840 Aa	7.586 a
1989/90	7.368 Aa	7.592 Aa	7.480 a
1991/92	4.669 Ac	4.742 Ac	4.705 c
Média	6.430 A	6.489 A	

¹ Médias seguidas da mesma letra, minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, não apresentam diferenças significativas, a 5 % de probabilidade, pelo teste de Duncan. Sistema I: trigo/soja e ervilhaca/milho; e Sistema II: trigo/soja, aveia preta (de 1987 a 1989) ou aveia branca (1990 e 1991)/soja e ervilhaca/milho.

espécies de leguminosas de inverno (chícharo, ervilhaca e serradela), não têm sido observadas diferenças significativas entre o rendimento de grãos dessa gramínea (MUZILLI, 1978; DERPSCH et al., 1991; SANTOS & PÖTTKER, 1990; PÖTTKER & ROMAN, 1994; SANTOS et al., 1997). Nesses casos e no trabalho, o milho tem sido cultivado sem adubação nitrogenada de cobertura.

SANTOS & PEREIRA (1994), em relação à manejo de cobertura de solo no milho, sob plantio direto, constataram diferenças significativas no rendimento de grãos de milho quando cultivado após ervilhaca (7.507 kg ha⁻¹) do que quando cultivada após tremoço (6.894 kg ha⁻¹). AITA et al. (1994) também encontraram diferenças significativas em rendimento de grãos a favor de milho antecedido por chícharo (6.632 kg ha⁻¹), em comparação com ervilhaca (5.822 kg ha⁻¹) e com ervilha forrageira (5.848 kg ha⁻¹), indicando que a adubação nitrogenada de cobertura pode ser suprimida.

CONCLUSÕES

Os sistemas de manejo de plantio direto e o cultivo mínimo apresentam maior rendimento de grãos de milho do que os sistemas que envolvem pelo menos aração com discos ou com aiveca, uma vez ao ano.

No conjunto dos anos, não houve diferença significativa no rendimento de grãos de milho, em relação a cultura antecessora.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AITA, C.; CERETTA, C.A.; THOMAS, A.L.; PAVINATO, A.; BAYER, C. Espécies de inverno como fonte de nitrogênio para o milho no sistema de cultivo mínimo e feijão em plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 18, n. 1, p. 101-108, 1994.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Departamento Nacional de Meteorologia. *Normais climatológicas (1961-1990)*. Brasília, 1992. 84 p.
- DERPSCH, R.; ROTH, C.H.; SIDIRAS, N.; KOPRE, U. Importância da rotação de culturas. In: _____. *Controle da erosão no Paraná, Brasil: sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo*. Eschborn: GTZ/IAPAR, 1991. p. 147-164.
- DICK, W. A.; VAN DOREN JUNIOR, D. M. Continuous tillage and rotation combination effects on corn, soybean, and oat yields. *Agronomy Journal*, Madison, v. 77, n. 3, p. 459-465, 1985.
- DIDONET, A. D.; SANTOS, H. P. dos. Sustentabilidade: manejo de nitrogênio no sistema de produção. In: REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DO MILHO, 41.; REUNIÃO TÉCNICA DO SORGO, 24., 1996. Passo Fundo. *Anais... Passo Fundo: EMBRAPA-CNPQ*, 1996. p. 236-240.
- EDWARDS, J. H.; THURLOW, D. L.; EASON, J. T. Influence of tillage and crop rotation on the yields of corn, soybean, and wheat. *Agronomy Journal*, Madison, v. 80, n. 1, p. 76-80, 1988.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. Brasília: Embrapa Produção da Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412 p.
- FANCELLI, A. L. (Coord.). *Milho*. Piracicaba: USP-ESALQ, 1990. 88 p.
- GALLO, P. B.; LAVORENTI, A.; SAWAZAKI, E.; HIDROCE, R.P.; MASCARENHAS, H.A.A. Efeito de cultivos anteriores de soja na produção e no teor de nitrogênio das folhas e dos grãos de milho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 5, n. 1, p. 64-67, 1981.
- KOCHHANN, R. A.; SELLES, F. O solo no sistema de manejo conservacionista. In: FERNANDES, J.M. et al. *Manual de manejo conservacionista do solo para os estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná*. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPQ/CIDA, 1991. p. 9-20. (Documentos, 1).
- MATZENAUER, R. Evapotranspiração de plantas cultivadas e coeficientes de cultura. In: BERGAMASCHI, H. et al. *Agrometeorologia aplicada à irrigação*. Porto Alegre: UFRGS, 1992. cap. 3, p. 33-47.
- MUNAWAR, A.; BLEVINS, R.L.; FRYE, W.W.; SAUL, M.R. Tillage and cover crop management for soil water conservation. *Agronomy Journal*, Madison, v. 82, n. 4, p. 773-777, 1990.
- MUZILLI, O. Manejo da fertilidade do solo. In: INSTITUTO AGRÔNOMICO DO PARANÁ. *Manual agropecuário para o Paraná*. Londrina, 1978. v. 2, p. 45-61.
- PÖTTKER, D.; ROMAN, E. S. Efeito de resíduos de culturas e do pousio de inverno sobre a resposta do milho a nitrogênio. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 29, n. 5, p. 763-770, maio 1994.
- RUEDELL, J. *Plantio direto na região de Cruz Alta*. Cruz Alta: FUNDACEP FECOTRIGO, 1995. 134 p.

REUNIÃO DA COMISSÃO SUL-BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO. 31., 1999. Passo Fundo. **Recomendações...** Passo Fundo: Comissão Sul-Brasileira de Pesquisa de Trigo, 1999. 86 p.

SANTOS, H. P. dos; PEREIRA, L. R. Rotação de culturas em Guarapuava. XIV. Efeitos de sistemas de sucessão de culturas de inverno sobre algumas características agronômicas de milho, em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 11, p. 1691-1699, nov. 1994.

SANTOS, H. P. dos; PÖTTKER, D. Rotação de culturas. XX. Efeito de leguminosas de inverno sobre o rendimento de grãos e sobre algumas características agronômicas do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 11, p. 1647-1654, nov. 1990.

SANTOS, H. P. dos; REIS, E. M.; DERPSCH, R. Rotação de culturas. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Trigo. **Plantio direto no Brasil**. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT / FUNDACEP FECOTRIGO / Fundação ABC / Aldeia Norte, 1993. p. 85-103.

SANTOS, H. P. dos; SIQUEIRA, O. J. W. Plantio direto e rotação de

culturas para cevada: efeitos sobre a fertilidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 20, n. 2, p. 163-169, 1996.

SANTOS, H. P. dos; TOMM, G.O.; AMBROSI, I.; IGNACZAK, J.C.; SANDINI, I. **Sistemas de rotação de culturas para cevada, sob plantio direto, durante dez anos, em Guarapuava, PR**. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1997. 60 p. (Circular Técnica, 9).

SANTOS, H.P. dos & TOMM, G.O. Disponibilidade de nutrientes e teor de matéria orgânica em função de sistemas de cultivo e de manejo de solo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, n.3, p.477-486, 2003.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. Comissão de Fertilidade do Solo - RS/SC. **Recomendações de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 3. ed. Passo Fundo, 1995. 223 p.

VARVEL, G. E. Monoculture and rotation system effects on precipitation use efficiency of corn. **Agronomy Journal**, Madison, v. 86, n. 1, p. 204-208, 1994.

ANÁLISE ECONÔMICA DE SISTEMAS DE MANEJO DE SOLO E DE ROTAÇÃO DE CULTURAS

HENRIQUE PEREIRA DOS SANTOS¹, IVO AMBROSI², JULIO CESAR BARRENECHE LHAMBY³,
CRISTIANO DO CARMO⁴

RESUMO - Num período de quatro anos, foram avaliados, em Passo Fundo, RS, os efeitos de sistemas de manejo de solo e de rotação de culturas. Os tratamentos consistiram em quatro sistemas de manejo de solo – 1) plantio direto, 2) cultivo mínimo, 3) preparo convencional de solo com arado de discos e 4) preparo convencional de solo com arado de aivecas – e três sistemas de rotação de culturas: sistema I (trigo/soja), sistema II (trigo/soja e ervilhaca/sorgo ou milho) e sistema III (trigo/soja, ervilhaca/sorgo ou milho e aveia branca/soja). O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com parcelas subdivididas e três repetições. A parcela principal foi constituída pelos sistemas de manejo de solo, e as subparcelas, pelos sistemas de rotação de culturas. No presente trabalho, apresenta-se a análise econômica de 1994 a 1997. O plantio direto (R\$ 412,49) e o cultivo mínimo (R\$ 389,37) apresentaram receita líquida mais elevada. O preparo convencional de solo com arado de discos (R\$ 339,90) enquadrou-se em posição intermediária, enquanto o preparo convencional com arado de aivecas (R\$ 322,18) apresentou a menor receita líquida. Não foram observadas diferenças significativas em receita líquida, decorrentes dos sistemas de rotação de culturas.

Palavras-chave: custo, receita líquida, preparo convencional de solo, cultivo mínimo, plantio direto.

ECONOMIC ANALYSIS OF SOIL MANAGEMENT SYSTEMS AND CROP ROTATION

ABSTRACT - During four years, in Passo Fundo, RS, Brazil, the effects of soil management and crop rotation systems were assessed. Four soil management systems — 1) no-tillage, 2) minimum tillage, 3) conventional tillage using a disk plow, and 4) conventional tillage using a moldboard plow — and three crop rotation systems [system I (wheat/soybean), system II (wheat/soybean and common vetch/sorghum or corn), and system III (wheat/soybean, common vetch/sorghum or corn and white oats/soybean)] were compared. An experimental design of blocks at random with split-plots and three replications was used. The main plot was formed by the soil management systems, while the split-plots consisted of the crop rotation systems. Economic analysis from 1994 to 1997 is presented in this paper. No-tillage (R\$ 412.49) and minimum tillage (R\$ 389.37) presented higher net returns, while conventional tillage using a disk plow remained in intermediate position (R\$ 339.90) and tillage using a moldboard plow showed the lowest net return (R\$ 322,18). No significant differences were observed for net return as a result of crop rotation systems.

Key words: costs, net return, conventional soil preparation, minimum tillage, no-tillage.

¹Eng. Agr., Dr., Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa de Trigo (CNPq), Caixa Postal 451, CEP 99001-970 Passo Fundo, RS. Autor para correspondência. E-mail: hpsantos@cnpt.embrapa.br. Bolsista CNPq-PQ

²Economista, MSc., UPF-FEA, Caixa Postal 566, CEP 99001-970, Passo Fundo, RS

³Eng. Agr., Dr., Embrapa-CNPq. E-mail: julio@cnpt.embrapa.br

⁴Eng. Agr., Tomaz Gonzaga 461, CEP 99020-170 Passo Fundo, RS. Ex-bolsista CNPq-IC

Recebido para publicação em 05-04-2002

INTRODUÇÃO

Poucos são os estudos que relatam a análise econômica das espécies cultivadas pelos agricultores. Além disso, esses estudos têm sido realizados com as culturas de inverno ou verão, isoladamente (MARTIN et al., 1984; SALOMÃO, 1990).

Na região sul do Brasil, existem alguns trabalhos relacionando conjuntamente certas espécies de inverno e de verão, em sistemas de rotação de culturas (SANTOS et al. 1993; 1995). Relativamente a sistemas de manejo de solo, existem os trabalhos conduzidos por SORRENSON e MONTOYA (1989) e por RUEDELL (1995).

Dos trabalhos com sistemas de rotação de culturas ou de produção de grãos, destacam-se os realizados para Passo Fundo, RS, e região e para Guarapuava, PR, e região, envolvendo espécies de inverno (aveia branca, aveia preta, cevada, colza, ervilhaca, linho, serradela, trigo e triticale) e de verão (milho, soja e sorgo) (ZENTNER et al. 1990; SANTOS et al. 1995; 1999a; 1999b). Nesses casos, os custos das culturas de cobertura de solo (ervilhaca, serradela e tremoço) e de adubação foram amortizados pela cultura de verão (milho e sorgo).

Como as culturas de milho e de sorgo foram estabelecidas com ervilhaca, serradela e tremoço ainda em ciclo vegetativo, que foram dessecados *a posteriori* com herbicida de pré ou pós-emergência e sem o uso de adubação nitrogenada de cobertura, os sistemas de rotação de culturas ou de produção de grãos tornaram-se econômicos (ZENTNER et al. 1990; SANTOS et al. 1999a). Além disso, não foi usado herbicida total nas espécies de cobertura de solo, de inverno.

Dessa forma, ZENTNER et al. (1990), de 1984 a 1988, em Guarapuava, PR, e região sob sistema plantio direto, obtiveram a maior receita líquida com os sistemas trigo/soja e ervilhaca/milho (US\$ 427,00/ha), em relação aos sistemas trigo/soja (US\$ 158,00/ha), trigo/soja, linho/soja e ervilhaca/milho (US\$ 328,00/ha) e trigo/soja, aveia branca/soja, cevada/soja e ervilhaca/milho (US\$ 279,00/ha). SANTOS

et al. (1995), de 1980 a 1989, para Passo Fundo, RS, e região com culturas estabelecidas sob preparo convencional de solo, no inverno, e sob plantio direto, no verão, verificaram que o sistema trigo/soja, colza/soja, cevada/soja e leguminosas/milho apresentou maior retorno econômico (US\$ 302,22/ha) do que o sistema trigo/soja (US\$ 180,73/ha).

Nos trabalhos realizados por SORRENSON e MONTOYA (1989) e por RUEDELL (1995), para Londrina, PR, e Cruz Alta, RS, não foram encontradas diferenças significativas entre os sistemas de manejo de solo ou de rotação de culturas. Esses mesmos autores relataram que o sistema plantio direto tendeu a ser mais econômico do que o preparo convencional de solo.

O presente trabalho teve por objetivo avaliar economicamente sistemas de manejo de solo e de rotação de culturas produtoras de grãos no inverno e no verão.

MATERIALE MÉTODOS

Os dados usados neste trabalho foram obtidos no experimento "Efeito de sistemas de manejo de solo e de rotação de culturas", instalado na Embrapa Trigo, no município de Passo Fundo, RS, de 1994 a 1997, em solo classificado como Latossolo Vermelho Distrófico típico. A área experimental vinha sendo cultivada com lavouras de trigo, no inverno, e de soja, no verão.

Foram avaliados quatro sistemas de manejo de solo – 1) sistema plantio direto, 2) preparo de solo com implemento cultivado mínimo JAN, no inverno, e plantio direto, no verão, 3) preparo convencional de solo com arado de discos e com grade de discos, no inverno, e plantio direto, no verão, e 4) preparo convencional de solo com arado de aivecas com grade de discos, no inverno, e plantio direto, no verão – e três sistemas de rotação de culturas: sistema I (trigo/soja), sistema II (trigo/soja e ervilhaca/sorgo, de 1994 a 1996, e milho, em 1997) e sistema III (trigo/soja, ervilhaca/sorgo, de 1994 a 1996, e milho, em 1997, e aveia branca/soja) (Tabela 1).

Tabela 1. Sistemas de manejo de solo e de rotação de culturas. Passo Fundo, RS

Rotação de culturas	Parcela principal				Subparcela			
					1994	1995	1996	1997
Rotação I	PD	PCD	PCA	PM	T/S	T/S	T/S	T/S
Rotação II	PD	PCD	PCA	PM	T/S	E/So	T/S	E/M
	PD	PCD	PCA	PM	E/So	T/S	E/So	T/S
Rotação III	PD	PCD	PCA	PM	Ab/S	T/S	E/So	Ab/S
	PD	PCD	PCA	PM	T/S	E/So	Ab/S	T/S
	PD	PCD	PCA	PM	E/So	Ab/S	T/S	E/M

PD: plantio direto.

PCD: preparo convencional de solo com arado de discos, no inverno, e plantio direto, no verão.

PCA: preparo convencional de solo com arado de aivecas, no inverno, e plantio direto, no verão.

PM: cultivo mínimo, no inverno, e plantio direto, no verão.

Ab: aveia branca. E: ervilhaca, M: milho, S: soja, So: sorgo, e T: trigo.

A adubação de manutenção foi realizada de acordo com a recomendação para cada cultura e baseada nos resultados da análise de solo. Nesse período de estudo, não foi usada adubação nitrogenada de cobertura nas culturas de sorgo ou de milho. Sorgo e milho foram semeados com a ervilhaca ainda em ciclo vegetativo, sendo esta dessecada *a posteriori* com herbicida de pré ou pós-emergência. As amostragens de solo, para determinação dos níveis de nutrientes e do nível de matéria orgânica, foram realizadas anualmente em todas as parcelas, após a colheita das culturas de inverno.

A semeadura, o controle de plantas daninhas e os tratamentos fitossanitários foram realizados de acordo com a recomendação para cada cultura, e a colheita foi realizada com colhedora especial de parcelas. O sorgo, ou milho, foi colhido manualmente. O rendimento de grãos (aveia branca, milho, soja, sorgo e trigo) foi determinado a partir da colheita de parte da parcela, ajustando-se o rendimento para umidade de 13 %.

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com parcelas subdivididas e três repetições. A parcela principal foi constituída pelos sistemas de manejo de solo, e as subparcelas, pelos sistemas de rotação de culturas. A parcela principal mediu 360

m² (4 m de largura x 90 m de comprimento), e a subparcela, 40 m² (4 m de largura x 10 m de comprimento).

A análise econômica foi determinada nos sistemas de manejo de solo e de rotação de culturas pelo cálculo da receita líquida. Entende-se por receita líquida a diferença entre a receita bruta (rendimento de grãos das espécies em estudo x preço de venda como produto comercial) e os custos totais [custos variáveis (custos de insumos + custos das operações de campo) e custos fixos (exemplo: depreciação de máquinas e equipamentos e juros sobre o capital)]. Os custos com insumos, com operações de campo e com venda de produtos foram levantados em março de 1999, e os preços de venda representam os valores médios de mercado dos últimos anos (Tabela 2). No caso de ervilhaca, foi considerado como rendimento o percentual de nitrogênio da matéria seca.

Os sistemas foram avaliados anualmente (inverno + verão) e na média conjunta dos anos (1994 a 1997). Nas análises de variância, anuais e conjunta, consideraram-se como tratamentos as parcelas individuais (culturas) componentes dos sistemas de manejo ou de rotação estudados. Nos sistemas de manejo de solo, as médias foram comparadas entre si, pelo teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade. Devido ao número de parcelas diferentes por rotação de culturas, a avaliação dos sistemas, em todas as análises, foi realizada por meio do teste F, usando-se contrastes que incluem os diferentes tratamentos dos sistemas envolvidos em cada comparação. Essa metodologia de contrastes compara os sistemas dois a dois em uma unidade de base homogênea.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises conjuntas dos dados para receita líquida, de 1994 a 1997, apresentaram significância para os efeitos anos e para sistemas de manejo de solo. Resultados similares foram obtidos por SANTOS et al. (1995; 1999a) para o efeito ano. As con-

Tabela 2. Preço unitário (R\$) de venda dos produtos e dos insumos usados. Os custos com insumos foram levantados em março de 1999 e os preços de venda de produtos representam os preços médios de mercado dos últimos anos

Produto	Preço (R\$)		Produto	Preço (R\$)
	Produtos			Hérbicidas
	Semente	Produto	atrazine + simazine	5,45 l ⁻¹
aveia branca	200,00 t ⁻¹	130,00 t ⁻¹	bentazon	21,00 l ⁻¹
aveia preta	190,00 t ⁻¹	800,00 t ⁻¹	clomazone	37,00 l ⁻¹
ervilhaca	1.000,00 t ⁻¹	800,00 t ⁻¹	diclofob-metil	17,76 l ⁻¹
milho	2.000,00 t ⁻¹	113,00 t ⁻¹	diuron	6,35 l ⁻¹
soja	300,00 t ⁻¹	203,00 t ⁻¹	diuron + paraquat	9,27 l ⁻¹
sorgo	1.900,00 t ⁻¹	140,00 t ⁻¹	fluaazafob-p-butil	17,53 l ⁻¹
trigo	170,00 t ⁻¹	140,00 t ⁻¹	glifosate	5,80 l ⁻¹
	Fertilizantes		imazaquim	28,00 l ⁻¹
N	830,00 t ⁻¹		metribuzin	23,50 l ⁻¹
P ₂ O ₅	700,00 t ⁻¹		paraquat + diuron	9,20 l ⁻¹
K ₂ O	416,00 t ⁻¹		sethoxydín	20,00 l ⁻¹
cálcario	30,30 t ⁻¹		trifluralina	7,00 l ⁻¹
	Fungicidas			Inseticidas
propiconazole	44,00 l ⁻¹		endusulfan	7,50 l ⁻¹
tiabendazole	55,00 kg ⁻¹		formicida	3,60 kg ⁻¹
triadimenol	11,50 kg ⁻¹		fosmadion	16,00 l ⁻¹
	Herbicidas		lambdacioletrina	30,00 l ⁻¹
2,4-D	6,00 l ⁻¹		monocrotófos	9,00 l ⁻¹
assist	2,50 l ⁻¹		permitrina	23,00 l ⁻¹
atrazine	5,65 l ⁻¹		ticlorfon	7,80 l ⁻¹
atrazine + metolachlor	6,10 l ⁻¹		Vamidotion	23,00 l ⁻¹

dições climáticas, que variam de um ano para outro, influem no rendimento de grãos das espécies. Não houve significância entre as análises conjuntas dos resultados da receita líquida para os efeitos sistemas de rotação de culturas e para as interações anos x sistemas de manejo de solo e anos x sistemas de rotação de culturas.

As médias da receita líquida por hectare, anuais e conjunta dos anos, de 1994 a 1997, e as comparações estatísticas através do teste de Duncan ou de contrastes, proporcionadas pelos sistemas de ma-

nejo de solo e de rotação de culturas, podem ser verificadas nas tabelas 3 e 4.

Na análise anual, verificou-se que houve diferenças significativas na receita líquida, em virtude dos sistemas de manejo de solo, em dois dos quatro anos estudados (Tabela 3). No ano agrícola de 1994/95, o cultivo mínimo (R\$ 595,61), o plantio direto (R\$ 568,43) e o preparo convencional de solo com arado de discos (R\$ 533,80) apresentaram a maior receita líquida. Contudo, os dois últimos sistemas de manejo de solo foram semelhantes estatisticamente

ao preparo convencional de solo com arado de aivecas (R\$ 507,57). No período agrícola de 1996/97, o plantio direto (R\$ 401,19) foi superior ao cultivo mínimo (R\$ 306,41), ao preparo convencional de solo com arado de discos (R\$ 297,92) e ao preparo convencional de solo com arado de aivecas (R\$ 285,91), para receita líquida.

Tabela 3 . Análise da receita líquida média, por hectare, de sistemas de manejo de solo, no ano (inverno + verão) e na média dos anos, de 1994 a 1997. Passo Fundo, RS

Ano	Sistema de manejo de solo				Média
	PD	PCD	PCA	PM	
----- RS/ha -----					
1994/95	568,43 ab	533,80 ab	507,57 b	595,61 a	551,35 A
1995/96	344,05 a	262,37 a	233,37 a	339,43 a	294,81 B
1996/97	401,19 a	297,92 b	285,91 b	306,41 b	322,86 B
1997/98	336,31 a	265,52 a	261,86 a	316,02 a	294,93 B
Média	412,49 a	339,90 bc	322,18 c	389,37 ab	

D: plantio direto.

PCD: preparo convencional de solo com arado de discos, no inverno, e plantio direto, no verão.

PCA: preparo convencional de solo com arado de aivecas, no inverno, e plantio direto, no verão.

PM: cultivo mínimo, no inverno, e plantio direto, no verão.

Na análise conjunta, de 1994/95 a 1997/98, observou-se que houve diferenças significativas para receita líquida decorrentes dos sistemas de manejo de solo (Tabela 3). O plantio direto (R\$ 412,49) e o cultivo mínimo (R\$ 389,37) apresentaram receita líquida mais elevada. Resultados similares foram obtidos por SMITH et al. (1996) e por SIJTSMÁ et al. (1998). O preparo convencional de solo com arado de discos (R\$ 339,90) enquadrou-se em posição intermediária, enquanto o preparo convencional com arado de aivecas (R\$ 322,18) mostrou menor receita líquida. A maior receita líquida dos sistemas conservacionistas de manejo de solo, em comparação aos sistemas de preparo convencional de solo, pode ser explicada, em parte, pela diminuição no número de operações agrícolas (ZENTNER et al., 1991; BURT et al., 1994; HERNÁNZ et al., 1995; BORIN et al., 1997; GRAY et al. 1997; LÉGÈRE

et al., 1997). Além disso, essa diferença está relacionada diretamente com os rendimentos de grãos das culturas de aveia branca (2.182 kg/ha), de milho (6.225 kg/ha), de sorgo (6.109 kg/ha) e de trigo (2.117 kg/ha), que, nesse período de estudo, produziram menos sob esse sistema de manejo de solo (preparo convencional de solo com arado de aivecas) e conseqüentemente proporcionaram menor retorno bruto do que sob sistema plantio direto e sob cultivo mínimo (aveia branca: 2.516 e 2.415 kg/ha, milho: 7.517 e 7.092 kg/ha, sorgo: 6.992 e 6.958 kg/ha e trigo: 2.393 e 2.308 kg/ha, respectivamente). Nesse caso, como em dois anos e na média conjunta dos anos estudados, os sistemas de manejo conservacionista (plantio direto e cultivo mínimo) tenderam a superar, para receita líquida, os sistemas de preparo convencional de solo com arado de discos e de aivecas. Assim, recomenda-se o sistema plantio direto para cultivo tanto de espécies de inverno como de verão, por ser mais econômico.

Nos trabalhos conduzidos em Londrina, PR, e região por SORRENSON e MONTOYA (1989), em Cruz Alta, RS, e região por RUEDELL (1995), não foram encontradas diferenças significativas entre os sistemas de manejo de solo. Os mesmos autores relataram que o sistema plantio direto tendeu a ser mais econômico do que o preparo convencional de solo.

A receita líquida mais elevada, em todos os sistemas de manejo de solo e de rotação de culturas, foi obtida no ano 1994/95 (R\$ 551,35/ha) (tabelas 3 e 4). Nesse ano, a cultura de soja, que foi contemplada em todos os sistemas de manejo de solo e de rotação de culturas, produziu acima de 3.500 kg/ha.

Nas médias da análise anual da receita líquida, comparadas duas a duas, verificou-se que houve diferenças significativas, em função dos sistemas de rotação, nos anos 1996/97 e 1997/98 (Tabela 4). Nesse período, a receita líquida dos sistemas II e III foi superior à do sistema I. Nesses dois anos, a monocultura de trigo (sistema I) produziu menos (1.526 a 1.648 kg/ha) do que o trigo cultivado, sob sistema II (1.829 a 1.714 kg/ha) e sob sistema III (2.274 a 1.975 kg/ha). O maior rendimento de grãos

dos sistemas com rotação de culturas repercutiu positivamente na receita bruta e, conseqüentemente, na receita líquida desses sistemas. Por sua vez, soja, que também consta em todos os sistemas, tem produzido de forma satisfatória (média dos dois anos 2.762 kg/ha), o que manteve a receita líquida estabilizada, no verão. Na receita líquida conjunta dos anos, isso também foi verdadeiro para essa leguminosa. Resultados semelhantes, em parte, foram obtidos por ZENTNER et al. (1990) e por FONTANELI et al. (2000), com sistemas de produção para trigo, em que trigo/soja e ervilhaca/milho ou trigo/soja e aveia preta + ervilhaca pastejadas/milho, respectivamente, tiveram maior retorno econômico, com intervalo de um inverno sem trigo, em relação aos demais sistemas.

Considerando-se as comparações anuais, de 1996/97 e 1997/98, os sistemas II e III, envolvendo trigo/soja e ervilhaca/sorgo ou milho e trigo/soja, ervilhaca/sorgo ou milho e aveia branca/soja, respectivamente, apresentaram maior lucratividade do que o sistema I (monocultura trigo/soja) e devem ser preferidos, em relação a este. Resultado similar e com sistema de rotação de culturas mais longo (trigo/soja, colza/soja, cevada/soja e leguminosas/milho) foi obtido por SANTOS et al. (1995). MARTIN et al. (1984), estudando sistemas de rotação de

culturas para milho em escala de lavoura, obtiveram mais lucro quando empregaram essa prática agrícola, comparativamente ao obtido com a monocultura desse cereal.

Na análise conjunta, de 1994/95 a 1997/98, quando comparadas duas a duas, não foram observadas diferenças significativas na receita líquida, em função de sistemas de rotação de culturas (Tabela 4). SANTOS et al. (1999a), conduzindo trabalho em Guarapuava, PR, e região com quatro sistemas de rotação de culturas para trigo, não verificaram diferenças significativas entre as médias dos sistemas estudados. Em trabalhos conduzidos em Londrina, PR, e região por SORRENSON e MONTOYA (1989), e em Cruz Alta, RS, e região por RUEDELL (1995), também não foram encontradas diferenças significativas entre os sistemas de rotação de culturas. Porém, VARVEL (1994), nos Estados Unidos da América, trabalhando com sistemas de rotação de culturas para milho, obteve diferenças significativas do rendimento de grãos, a favor dessa prática, em comparação com a monocultura.

Uma das explicações para não haver diferenças na receita líquida entre os sistemas estudados pode estar relacionada com a cultura de aveia branca, que consta somente no sistema III e que, nesse período, apresentou a menor receita líquida (R\$ 4,38) entre

Tabela 4 . Análise da receita líquida média, por hectare, de sistemas de rotação de culturas, no ano (inverno + verão) e na média dos anos, de 1994 a 1997. Passo Fundo, RS

Ano	Sistema de rotação de culturas					
	Sistema I	Sistema II	Sistema III	I x II	I x III	II x III
	----- RS/ha -----			Contraste entre sistema (P>F)		
1994/95	558,46	559,86	543,31	ns	ns	ns
1995/96	370,01	240,91	305,67	ns	ns	ns
1996/97	230,27	338,90	343,02	**	**	ns
1997/98	138,86	317,80	331,71	**	**	ns
Média	324,40	364,37	380,93	ns	ns	ns

Sistema I: trigo/soja.

Sistema II: trigo/soja e ervilhaca/sorgo (de 1994 a 1996) ou milho (em 1997).

Sistema III: trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/sorgo (de 1994 a 1996) ou milho (em 1997).

A metodologia de contrastes compara os sistemas dois a dois, pelo teste F.

ns: não significância.

as culturas produtoras de grãos de inverno. Deve ser levado em conta que a aveia branca foi afetada, na maioria dos anos, por doenças da parte aérea, principalmente por ferrugem-da-folha (*Puccinia coronata*). Quando essa doença é detectada a tempo, têm sido realizadas até duas aplicações de fungicidas, o que aumenta os custos, e conseqüentemente, diminui o retorno econômico. Além disso, o preço de venda de aveia branca é inferior ao de trigo.

Outra explicação do equilíbrio entre os sistemas pode estar relacionada com as culturas de sorgo e de milho, ou seja, o sorgo consta nos três primeiros anos, e o milho, no último ano deste estudo. O sorgo teve, nos dois primeiros anos, renda menor (R\$ 491,92 e R\$ 87,92) que a da cultura de soja (R\$ 578,83 e R\$ 453,32), enquanto o milho (R\$ 691,42), em 1997, rendeu o dobro de soja (R\$ 377,12). Como o sorgo e o milho têm de compensar a receita líquida negativa (R\$ -3,81) da cultura de cobertura de solo de inverno e de adubação verde (ervilhaca), isso manteve os sistemas equilibrados quanto à receita líquida.

Neste e em outros estudos conduzidos por pesquisadores da Embrapa Trigo, o milho, ou o sorgo tem amortizado financeiramente a cultura de cobertura de solo de inverno e de adubação verde, pelo fato de não ter sido colocada adubação nitrogenada de cobertura. Além disso, não tem sido aplicado herbicida total específico nas espécies de cobertura de solo de inverno (SANTOS et al., 1995; 1999a; 1999b). O milho, ou o sorgo, tem sido semeado com a ervilhaca ainda em ciclo vegetativo, sendo esta dessecada *a posteriori* com herbicida de pré ou pós-emergência.

Com base nos fundamentos da rotação de culturas e do sistema plantio direto, áreas imensas do Sul do Brasil foram protegidas e conseqüentemente tornaram-se sustentáveis pelo uso dessas práticas agrícolas (KOCHHANN e DENARDIN, 2000). Dessa maneira, a rotação de culturas viabiliza o sistema plantio direto.

CONCLUSÕES

Na análise conjunta dos dados, o plantio direto e o cultivo mínimo apresentam valores mais elevados para receita líquida. O preparo convencional de solo com arado de discos enquadra-se em posição intermediária, enquanto o preparo convencional com arado de aivecas obtém a menor receita líquida.

Pode-se recomendar o sistema plantio direto para cultivo tanto de espécies de inverno como de verão.

Na análise conjunta, não são observadas diferenças significativas na receita líquida decorrentes dos sistemas de rotação de culturas.

A cultura de soja mantém a receita líquida estabilizada em todos os anos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BORIN, M.; MENINI, C.; SARTORI, L. Effects of tillage systems on energy and carbon balance in north-eastern Italy. *Soil & Tillage Research*, Amsterdam, v. 40, n. 3/4, p. 209-226. 1997.
- BURT, E. C.; REEVES, D. W.; RAPER, R. L. Energy utilization as affected by traffic in a conventional and conservation tillage system. *Transactions of the Asae*, St. Joseph, v. 37, n. 3, p. 759-762. 1994.
- FONTANELI, R. S.; AMBROSI, I.; SANTOS, H. P. dos; IGNACZAK, J.C.; ZOLDAN, S.M. Análise econômica de sistemas de produção de grãos com pastagens anuais de inverno, em sistema plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 35, n. 11, p. 2129-2137. 2000.
- GRAY, A. W.; HARMAN, W. L.; RICHARDSON, J. W.; WIESE, A. F.; REGIER, G. C.; ZIMMEL, P.T.; LANSFORD, V. D. Economic and financial viability of residue management: an application to the Texas High Plains. *Journal of Production Agriculture*, Madison, v. 10, n. 1, p. 175-183. 1997.
- HERNÁNZ, J. L.; GIRÓN, V. S.; CERISOLA, C. Long-term energy use and economic evaluation of three tillage systems for cereal and legume production in central Spain. *Soil & Tillage Research*, Amsterdam, v. 35, n. 4, p. 183-198. 1995.
- KOCHHANN, R.A.; DENARDIN, J.E. *Implantação e manejo do sistema plantio direto*. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2000. 36 p. (Embrapa Trigo. Documentos, 20).
- LÉGÈRE, A.; SAMSON, N.; RIOUX, R.; ANGERS, D. A.; SIMARD, R. R. Response of spring barley to crop rotation, conservation tillage, and weed management intensity. *Agronomy Journal*, Madison, v. 89, n. 4, p. 628-638. 1997.

- MÁRTIN, N. B.; SANTOS, Z. A. P. S.; ASSUMPÇÃO, R. Análise econômica da utilização da adubação verde nas culturas de algodão e soja em rotação com milho e amendoim. In: FUNDACÃO CARGILL. *Adubação verde no Brasil*. Campinas, 1984. p. 133-160.
- RUEDELL, J. *Plantio direto na região de Cruz Alta*. Cruz Alta: FUNDACEP FECOTRIGO, 1995. 134 p.
- SALOMÃO, C. C. *Sistemas de plantio direto e convencional com enfoque na análise de decisão*. 1990. 127 f. Tese (Mestrado em Agronomia)-Economia Agrária, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- SANTOS, H. P. dos; AMBROSI, I.; IGNACZAK, J. C.; WOBETO, C. Análise econômica de sistemas de rotação de culturas para trigo, num período de dez anos, sob plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 34, n. 12, p. 2175-2183, dez. 1999a.
- _____, AMBROSI, I.; LHAMBY, J. C. B.; BAIER, A. C. Sistemas de produção alternativos de triticale, sob sistema plantio direto, em Passo Fundo, RS. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 34, n. 2, p. 201-208, fev. 1999b.
- _____, H. P. dos; IGNACZAK, J. C.; LHAMBY, J. C. B.; AMBROSI, I. Análise econômica de quatro sistemas de rotação de culturas para trigo, num período de dez anos, em Passo Fundo, RS. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 30, n. 9, p. 1167-1175, set. 1995.
- _____, H. P. dos; ZENTNER, R. P.; SELLES, F.; AMBROSI, I. Effect of crop rotation on yields, soil chemical characteristics, and economic returns of zero-till barley in southern Brazil. *Soil & Tillage Research*, Amsterdam, v. 28, n. 2, p. 141-158, 1993.
- SIJTSMA, C. H.; CAMPBELL, A. J.; McLAUGHLIN, N. B.; CARTER, M. R. Comparative tillage costs for crop rotations utilizing minimum tillage on a farm scale. *Soil & Tillage Research*, Amsterdam, v. 49, n. 3, p. 223-231, 1998.
- SMITH, E. G.; PETERS, T. L.; BLACKSHAW, R. E.; LINDWALL, C. W.; LARNEY, F. J. Economics of reduced tillage fallow-crop systems in the Dark Brown soil zone of Alberta. *Canadian Journal of Soil Science*, Ottawa, v. 76, n. 3, p. 411-416, 1996.
- SORRENSON, W. J.; MONTOYA, L. J. *Implicações econômicas da erosão do solo e do uso de algumas práticas conservacionistas no Paraná*. Londrina: IAPAR, 1989. 220 p.
- VARVEL, G. E. Monoculture and rotation system effects on precipitation use efficiency of corn. *Agronomy Journal*, Madison, v. 86, n. 1, p. 204-208, 1994.
- ZENTNER, R. P.; SELLES, F.; SANTOS, H. P. dos; AMBROSI, I. Effect of crop rotations on yields, soil characteristics, and economic returns in Southern Brazil. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON CONSERVATION TILLAGE SYSTEMS, 1990, Passo Fundo. *Conservation tillage for subtropical areas: proceedings*. Passo Fundo: CIDA / EMBRAPA-CNPT, 1990. p. 96-116.
- _____, R. P.; TESSIER, S.; PERU, M.; DYCK, F. B.; CAMPBELL, C. A. Economics of tillage systems for spring wheat production in southwestern Saskatchewan. *Soil & Tillage Research*, Amsterdam, v. 21, n. 3-4, p. 225-242, 1991.

ANÁLISE DE CRESCIMENTO E RENDIMENTO POR ESTRATO DO DOSSEL DA SOJA EM FUNÇÃO DO ARRANJO DE PLANTAS

LISANDRO RAMBO¹, JOSÉ ANTONIO COSTA², JOÃO LEONARDO FERNANDES PIRES³, GEOVANO PARCIANELLO⁴, KLEITON DOUGLAS SAGGIN⁵

RESUMO - Arranjos que propiciem melhor distribuição das plantas na área, proporcionando maior crescimento da soja no período vegetativo, resultam em maior rendimento de grãos. O experimento foi conduzido na Estação Experimental Agronômica da UFRGS em Eldorado do Sul, RS, na estação de crescimento 2000/01, objetivando avaliar o padrão de crescimento da soja, com a modificação do arranjo de plantas, por estrato do dossel e a forma com que estas novas condições podem influenciar o rendimento de grãos. Utilizou-se o cultivar 'BRS 137', em semeadura direta. O delineamento experimental foi de blocos casualizados com parcelas sub-subdivididas e quatro repetições. Os tratamentos constaram de regimes hídricos (irrigado e não irrigado); espaçamentos entre linhas (20 e 40 cm), e populações de plantas (20, 30 e 40 plantas/m²). Para avaliação dos atributos de crescimento (índice de área foliar e massa seca), do rendimento de grãos, por estrato do dossel, foram coletadas dez plantas, em seqüência na linha, de cada sub-subparcela. O rendimento de grãos foi aumentado pela irrigação e houve interação entre espaçamentos e populações. O arranjo de plantas que resultou no maior rendimento de grãos foi a associação entre o espaçamento de 20 cm e a população de 20 plantas/m². Houve decréscimo linear no rendimento com o aumento da população de plantas no espaçamento reduzido (20 cm). Respostas similares foram obtidas nos estratos médio e inferior do dossel. Estes resultados são consequência do maior índice de área foliar e massa seca verificadas no período vegetativo da soja, principalmente nos estrato médio e inferior do dossel.

Palavras-chave: *Glycine max* (L.) Merrill, espaçamento de plantas, população de plantas.

GROWTH ANALYSIS AND GRAIN YIELD BY SOYBEAN CANOPY STRATUM IN RESPONSE TO PLANT ARRANGEMENT

ABSTRACT - Plant arrangement that allow better plant distribution in the area improve plant growth, resulting in larger grain yield. The experiment was performed at the Agronomic Experimental Station of the Universidade Federal do Rio Grande do Sul, in Eldorado do Sul, Rio Grande do Sul, Brazil, in the 2000/01 growing season. The objectives were to evaluate the soybean growth by canopy stratum in response to plant arrangement and the effect in grain yield. The cultivar tested was 'BRS 137', in no-till planting. The treatments were arranged in a split-splitplot randomized complete-block design, with four replications. Water availability (with and without irrigation), row spacing (20 and 40 cm) and population levels (20, 30 and 40 plants/m²) were tested. Growth attributes (leaf area index and dry matter), grain yield, by soybean canopy stratum, were determined in samples of ten plants, in sequence in the row, in each sub-subplot. Grain yield was increased by irrigation and was detected interaction between row spacing and plant population. The plant arrangement of 20 cm row spacing and population of 20 plants/m² resulted in greater grain yield. There was a linear decrease in grain yield with the increase in population, with row spacing (20 cm) reduction. The same was also noticed at the medium and bottom canopy stratum. These results were consequence of the higher leaf area index and dry matter obtained in the soybean vegetative period, mainly in the medium and bottom canopy stratum.

Key words: *Glycine max* (L.) Merrill, row spacing, plant population.

¹Eng. Agr. MSc. - Aluno de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia/Agronomia/UFRGS. Departamento de Plantas de Lavoura. Caixa Postal 776. CEP 91501-970, Porto Alegre-RS. Bolsista do CNPq. E-mail: lisandro@vortex.ufrgs.br

²Eng. Agr. Ph.D. - Professor do Departamento de Plantas de Lavoura da FA/UFRGS. Bolsista do CNPq. E-mail: jamc@ufrgs.br

³Eng. Agr. Dr. FEPAGRO E-mail: piresjl@vortex.ufrgs.br

⁴Eng. Agr. MSc. E-mail: geovanoparcianello@vortex.ufrgs.br

⁵Aluno do Curso de Agronomia da UFRGS. Bolsista do CNPq. E-mail: kdouglas@zipmail.com.br

Recebido para publicação em 08-07-2002

INTRODUÇÃO

A análise do crescimento é ferramenta importante na avaliação dos efeitos de sistemas de manejo sobre as plantas, pois descreve mudanças na produção vegetal em função do tempo, o que não é evidenciado com o simples registro do rendimento (URCHEI et al., 2000).

As condições ambientais que predominam durante o período de crescimento, particularmente a intensidade e qualidade da luz interceptada pelo dossel, são determinantes no crescimento e rendimento da soja e seus componentes (BOARD e HARVILLE, 1992; BOARD e HARVILLE, 1996; MATHEW et al., 2000; PURCELL, 2000).

A arquitetura do dossel da soja influencia na capacidade fotossintética (WELLS, 1991). Esta cultura caracteriza-se por apresentar uma camada superior densa de folhas que dificulta a penetração de luz nos estratos inferiores. BERGAMASCHI et al. (1981), verificaram que no início do período reprodutivo, cerca de 50% da radiação líquida atingia a superfície do solo. No entanto, nos estádios R5 (início do enchimento de grãos) e R6 (máximo volume de grãos), 20% chegava à parte média da comunidade de plantas e apenas 10% à parte inferior.

A estrutura do dossel pode ser modificada pelas condições meteorológicas, arranjo de plantas e pelo melhoramento, com a alteração da morfologia das plantas (WELLS, 1993). Arranjos que proporcionem melhor distribuição das plantas na área, podem aumentar a penetração de luz no dossel da soja, incrementando a produção de fotoassimilados, refletindo-se em maior rendimento de grãos. Segundo WELLS (1993) a maximização do rendimento de grãos é dependente do arranjo de plantas capaz de acumular um nível mínimo de massa seca total e/ou capacidade de interceptação de luz durante o período de crescimento vegetativo e início do reprodutivo da soja, sendo que esta capacidade depende de vários fatores, como condições meteorológicas, época de semeadura, cultivar e arranjo de plantas.

A maior e mais rápida interceptação da radiação

solar pelo dossel da soja, tem sido citada por alguns autores como um dos principais fatores responsáveis pelo aumento no rendimento de grãos, com a utilização de espaçamentos estreitos. (TAYLOR et al., 1982; BOARD et al., 1990; BOARD et al., 1992; BULLOCK et al., 1998). De acordo com BOOTE e TOLLENAAR (1994) é importante que a planta de soja tenha vigor inicial suficiente, para que possa atingir o nível crítico de índice de área foliar (95% de interceptação da radiação) antes do início do enchimento de grãos. Arranjos de plantas com espaçamento reduzido, que se beneficiam de menor competição intraespecífica inicial, proporcionada pela maior equidistância entre plantas, quando associados com a população adequada, resultam no fechamento do dossel antes do período reprodutivo da soja (WELLS, 1993).

Existe relação linear entre o rendimento de grãos e a massa seca acumulada pelo dossel da soja até o início de enchimento de grãos, sendo 500 g/m² de massa seca o valor mínimo necessário neste estágio, para que se obtenha rendimento elevados (EGLI et al., 1987). BALL et al. (2000a) relataram que maior quantidade de fitomassa pode aumentar o rendimento de grãos da soja, pois o rendimento é determinado pelo produto da fitomassa e índice de colheita, sendo que este último não tem sido muito modificado. A matéria seca acumulada, por unidade de área, pela soja, aumenta com a diminuição do espaçamento entre linhas, quando a cultura tem suas exigências nutricionais supridas adequadamente (UDOGUCHI e MCCLOUD, 1987).

A importância relativa do arranjo de plantas para atingir o fechamento do dossel depende da magnitude dos fatores que limitam o crescimento (por exemplo: radiação, água, temperatura). Dentre estes, particularmente para o Rio Grande do Sul, a disponibilidade hídrica é uma variável que limita a expressão do potencial de rendimento da soja (CUNHA et al., 1999).

O presente trabalho teve como objetivos avaliar o padrão de crescimento da soja, com a modificação do arranjo de plantas, por estrato do dossel e a forma com que estas novas condições podem influ-

enciar o rendimento de grãos.

MATERIALE MÉTODOS

O experimento foi conduzido a campo na Estação Experimental Agronômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (EEA/UFRGS), localizada no município de Eldorado do Sul, região ecoclimática da Depressão Central do Estado do Rio Grande do Sul, em solo pertencente à unidade de mapeamento São Jerônimo, classificado como Argissolo Vermelho Distrófico típico (EMBRAPA, 1999).

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com parcelas sub-subdivididas e quatro repetições. Os tratamentos constaram de dois regimes hídricos (irrigado e não irrigado), nas parcelas principais; dois espaçamentos entre linhas (20 e 40 cm), nas subparcelas, e três populações de plantas (20, 30 e 40 plantas.m⁻²), nas sub-subparcelas.

Utilizou-se o cultivar 'BRS 137', de ciclo semi-precoce e hábito de crescimento determinado. O experimento foi instalado em semeadura direta, em solo com cobertura de 5800 kg.ha⁻¹ de aveia preta mais ervilhaca, no início do experimento. As sementes foram tratadas com fungicida e inoculadas com *Bradyrhizobium japonicum* em meio turfoso. A semeadura foi realizada na época recomendada preferencial, com semeadora de parcelas. Aos 15 dias após emergência, quando as plantas estavam no estágio V2 (COSTA e MARCHEZAN, 1982) realizou-se o desbaste, ajustando-se para as populações desejadas. Manteve-se o experimento livre de pragas e plantas daninhas.

A umidade do solo foi monitorada com tensiômetros, realizando-se a irrigação por aspersão quando a tensão da água ultrapassava o limite de - 0,05 MPa.

As determinações dos atributos de crescimento, massa seca (MS) e área foliar (AF), e do rendimento de grãos foram realizadas por estrato do dossel da soja. Para tanto, nos estádios avaliados foram coletadas 10 plantas previamente marcadas, em se-

qüência na linha, de cada sub-subparcela. As plantas foram colocadas lado a lado, sobre uma tábua graduada em centímetros, simulando a disposição que se encontravam no dossel (no campo). Efetuou-se a estratificação destas plantas em três planos paralelos, com base na planta de maior estatura.

A estratificação das plantas visava dividir o dossel da soja em três seções de mesma altura. Para tanto, seccionou-se o caule, ramos e folhas em dois planos paralelos a 1/3 e 2/3 da estatura das plantas. Esta metodologia foi utilizada com o objetivo de representar melhor a estrutura do dossel da soja no campo, objetivando refletir de forma mais fidedigna possível a contribuição de cada estrato deste dossel, de acordo com a localização de suas estruturas vegetativas e reprodutivas, para o rendimento de grãos.

De cada estrato da amostra de 10 plantas por sub-subparcela, foi obtido o rendimento de grãos, em kg/ha (pela pesagem dos grãos, corrigido para 13% de umidade e transformado para um hectare).

A MS da parte aérea foi avaliada por estrato do dossel, colocando-se as amostras em estufa ventilada, à temperatura de 65°C, até peso constante, com posterior pesagem e correção do valor para m². A AF por estrato foi medida em integrador de área foliar LI-COR modelo 3100, sendo o valor obtido em cm² dividido pela área de coleta das plantas para obtenção do índice de área foliar (IAF).

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância, pelo teste F, sendo a diferença entre médias de tratamentos comparadas pelo teste de Duncan a 5 % de probabilidade de erro para os fatores irrigação e espaçamento entre linhas. O fator população de plantas foi comparado por análise de regressão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi observado aumento no rendimento de grãos no tratamento irrigado, principalmente pela maior contribuição do estrato médio do dossel (Tabela 1). A soja tem períodos críticos quanto à falta de água,

sendo as etapas de formação de legumes e enchimento de grãos, as épocas mais sensíveis (COSTA, 1996). Vários autores relataram que a falta de água durante o enchimento de grãos limita o rendimento da soja (ASHLEY e ETHRIDGE, 1978; WRIGHT et al., 1984), principalmente pela redução no tamanho e peso do grão (SIONIT e KRAMER, 1977; WESTGATE et al., 1989; SALINAS et al., 1996).

Tabela 1. Rendimento médio de grãos (kg/ha) por estrato do dossel da cultivar de soja BRS 137 em dois regimes hídricos. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul (RS), 2000/01

Estrato do dossel	Regime hídrico	
	Irrigado	Não irrigado
Superior	1594 a*	1412 a
Médio	3400 a	2992 b
Inferior	536 a	494 a
Planta inteira	5530 a	4898 b
Média	5214	

*Médias seguidas de mesma letra na linha, não diferem pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade. Coeficiente de variação = 5

Em relação ao arranjo de plantas, o maior rendimento de grãos foi observado no tratamento com 20 cm de espaçamento entre linhas e 20 plantas/m² (Tabela 2 e Figura 1). Também houve diminuição linear no rendimento de grãos com o aumento da população de plantas no espaçamento de 20 cm (Figura 1). Respostas similares foram obtidas nos estratos médio e inferior do dossel (Tabela 2 e Figura 1).

DUTRA (1986), utilizando a técnica da divisão de plantas de soja por planos paralelos ao solo, concluiu que dentre as seções, a inferior foi a menos produtiva, apresentando menor rendimento biológico aparente e índice de colheita aparente. Concluiu, também, que a técnica de divisão de plantas por planos paralelos ao solo, para as linhagens estudadas naquele trabalho, apresentou resultados que se associam ao padrão de penetração de luz no dossel descrito na literatura.

Os arranjos associando espaçamento reduzido e menor população de plantas, provavelmente, tiveram menor competição intraespecífica, principalmente por luz, em função da melhor distribuição das plantas na área. Estes arranjos podem ter proporcionado a penetração de luz nos estratos inferiores do dossel, aumentando a produção fotossintética, contribuindo com o aumento no rendimento de grãos. Estas constatações podem ser melhor explicadas pela análise dos atributos de crescimento.

No estádio V11 houve interação entre o espaçamento entre linhas e a população de plantas no que se refere aos atributos de crescimento (IAF e MS). Nesse mesmo estádio foi observado maior IAF no espaçamento de 20 cm associado a 20 plantas/m², comparado com 40 cm, na mesma população (Figura 2 e 3). Também foi verificado incremento linear deste atributo com a diminuição da população de plantas (Figura 3). Resultados similares foram observados, no estrato médio e inferior (Figuras 2 e 3). Os tratamentos que apresentaram maior IAF em V11 mostraram resultados similares quanto a MS nestes estádios (Figura 4 e Figura 1).

Segundo SHAW e WEBER (1967) a maior interceptação de luz pela soja ocorre entre 15 e 30 cm do topo da planta. Assim, parte das folhas do dossel está contribuindo muito pouco para a fotossíntese, enquanto outras estão trabalhando no seu limite, sem poder aproveitar toda a energia que estão recebendo. No entanto, segundo JOHNSON et al. (1969), quando as folhas da seção inferior são suplementadas com luz ocorre aumento na fixação de CO₂, indicando que estas folhas não atingem seu potencial fotossintético quando sombreadas. O aumento do rendimento nos segmentos inferior, médio e superior foi de 30, 20 e 2%, respectivamente. Observaram também, que as plantas bem supridas por luz tiveram mais grãos, nós, legumes, ramificações, legumes por nó, grãos por legume, e maior teor de óleo nos grãos.

Segundo BOARD et al. (1990), os maiores rendimentos obtidos em espaçamentos estreitos estão associados com incremento da taxa de crescimento da cultura (TCC), principalmente durante o período

Tabela 2. Rendimento de grãos (kg/ha) por estrato do dossel da cultivar de soja 'BRS 137' em dois espaçamentos entre linhas e três populações de plantas, na média de dois regimes hídricos. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2000/01

Estrato do dossel	População (plantas/m ²)					
	20		30		40	
	Espaçamento		Espaçamento		Espaçamento	
	20 cm	40 cm	20 cm	40 cm	20 cm	40 cm
Superior	1556 a*	1405 a	1732 a	1418 a	1648 a	1260 a
Médio	4153 a	2540 b	3335 a	3055 a	3070 a	3022 a
Inferior	733 a	451 b	535 a	485 a	485 a	399 a
Planta inteira	6442 a	4396 b	5602 a	4958 a	5203 a	4681 a

*Médias seguidas de mesma letra na linha, dentro de cada nível de população de plantas, não diferem pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade. Coeficiente de variação para níveis de população de 15,7 e 15,0 para espaçamento entre linhas

vegetativo e o início do reprodutivo. Este aumento na TCC está associado à maior interceptação de luz e taxa de acumulação de MS nestes períodos. Explica, ainda, que a MS total tem uma relação de causa e efeito com a interceptação de luz em espaçamentos estreitos. Assim, o aumento da interceptação da luz estimula a TCC e a produção de MS. Aumentada a produção de MS, ocorre maior IAF, que, por sua vez, aumenta a interceptação de luz.

Altas TCC requerem interceptação máxima de luz, sendo que, para que isto ocorra, é necessário o fechamento do dossel mais cedo (BALL et al., 2000b). Maior MS total, IAF e TCC, no estágio V6, observado por PIRES et al. (1998), se refletiu em aumento no rendimento.

MAELHER (2000) obteve dados semelhantes, onde o IAF foi superior nos estádios V3, V5 e R6, no espaçamento de 20 cm comparado com 40 cm.

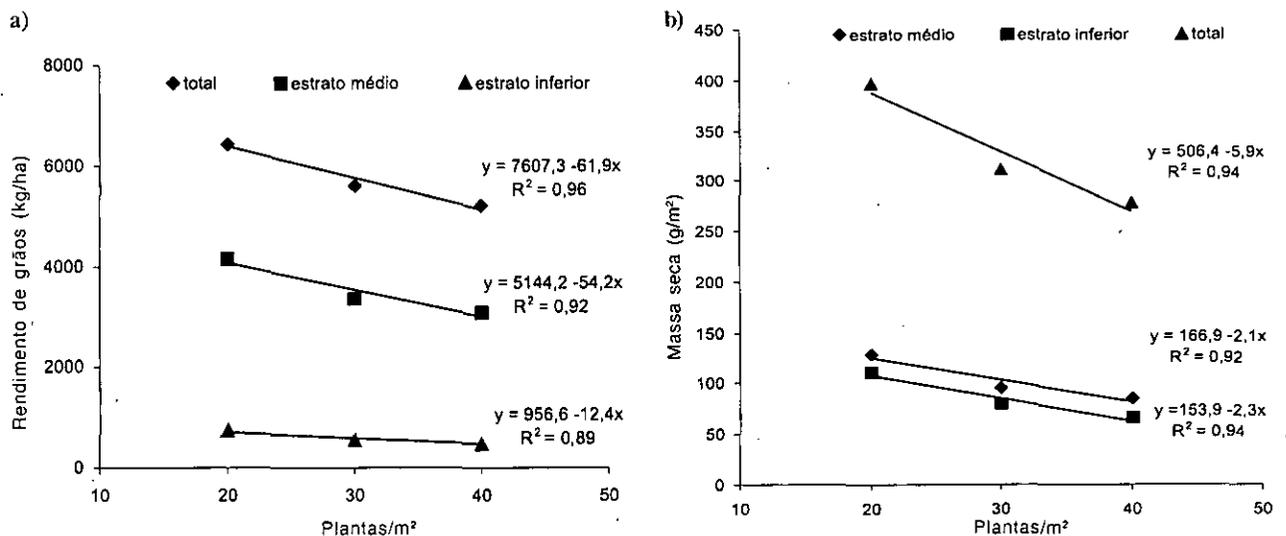


Figura 1. Rendimento de grãos da soja da planta inteira (total), do estrato médio, e inferior do dossel no espaçamento de 20 cm entre linhas (a) e massa seca da parte aérea da planta inteira (total), do estrato médio e inferior do dossel no estágio V11 (décimo primeiro nó com folha desenvolvida) (b); no espaçamento de 20 cm entre linhas, em três níveis de população de plantas, na média de dois regimes hídricos. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2000/01

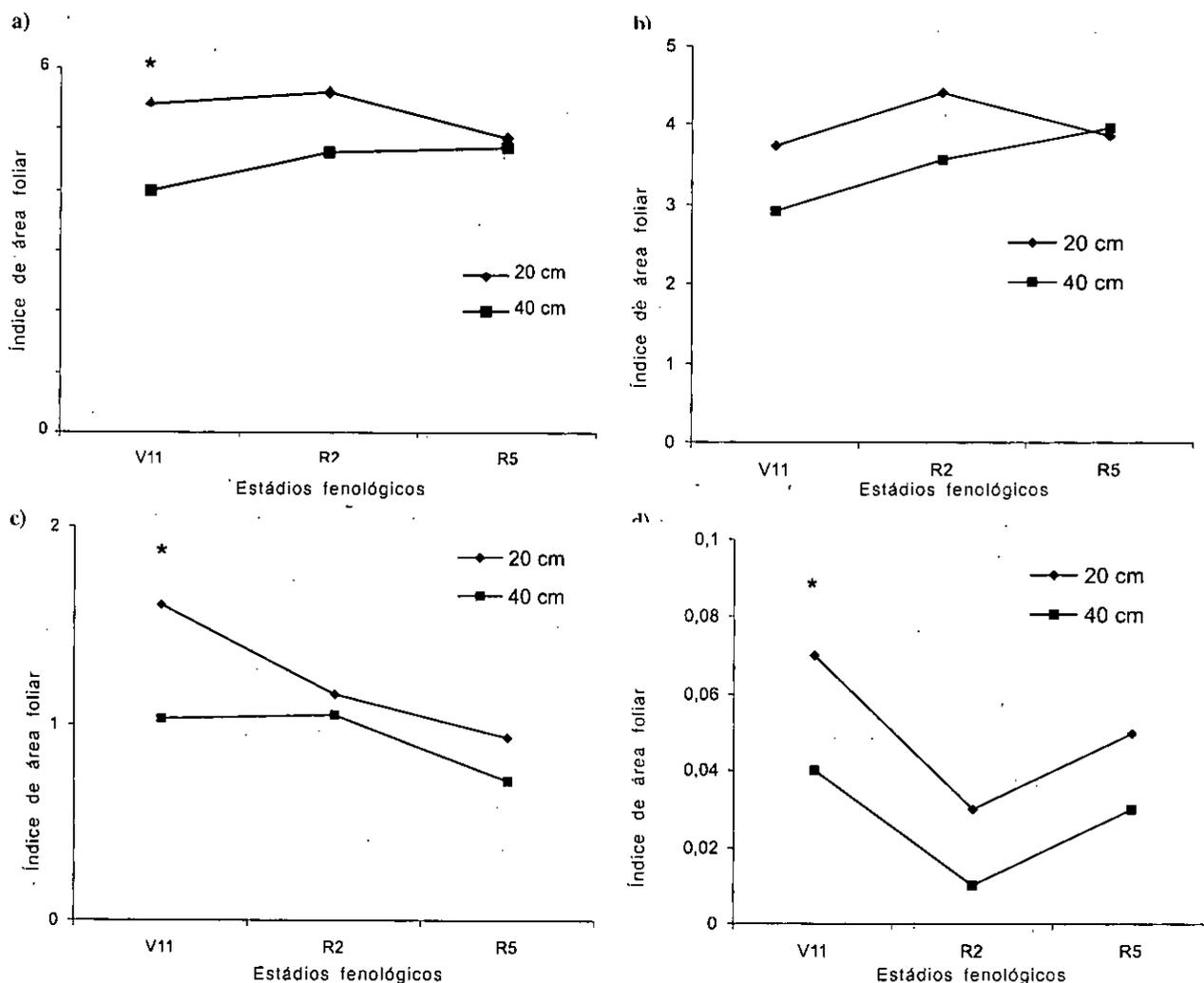


Figura 2. Índice de área foliar (IAF) da planta inteira (a), do estrato superior (b), médio (c) e inferior (d) do dossel, em dois espaçamentos entre linhas e na população de 20 plantas/m², na média de dois regimes hídricos. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2000/01. *Significativo a 5% de probabilidade

De acordo com este autor, isto indica que o rápido estabelecimento das folhas no início do desenvolvimento vegetativo, bem como a persistência das folhas por maior tempo no final do ciclo, podem ter favorecido a captação de luz e a produção de fotoassimilados no espaçamento entre linhas de 20 cm, resultando em maior acúmulo de MS que o de 40 cm. Segundo BULLOCK et al. (1998), valores altos de IAF e MS nos estádios iniciais de desenvolvimento resultam em maior TCC durante o período vegetativo e início do reprodutivo; como consequência as plantas terão alto vigor inicial, o que possibilitará que atinjam o nível crítico de IAF (95% de

intercepção da radiação) antes do início do enchimento de grãos (BOOTE e TOLLENAAR, 1994).

As respostas verificadas em relação à interação espaçamento entre linhas e população de plantas, no que se refere aos atributos de crescimento, no final do período vegetativo (V11) podem ter sido em função do aumento da competição intraespecífica, o que diferenciou favoravelmente os arranjos com melhor distribuição das plantas na área (menor espaçamento e menor população) dos arranjos com plantas mais adensadas. De acordo com DUNCAN (1986), a redução da competição intraespecífica durante os estádios vegetativos resulta no maior

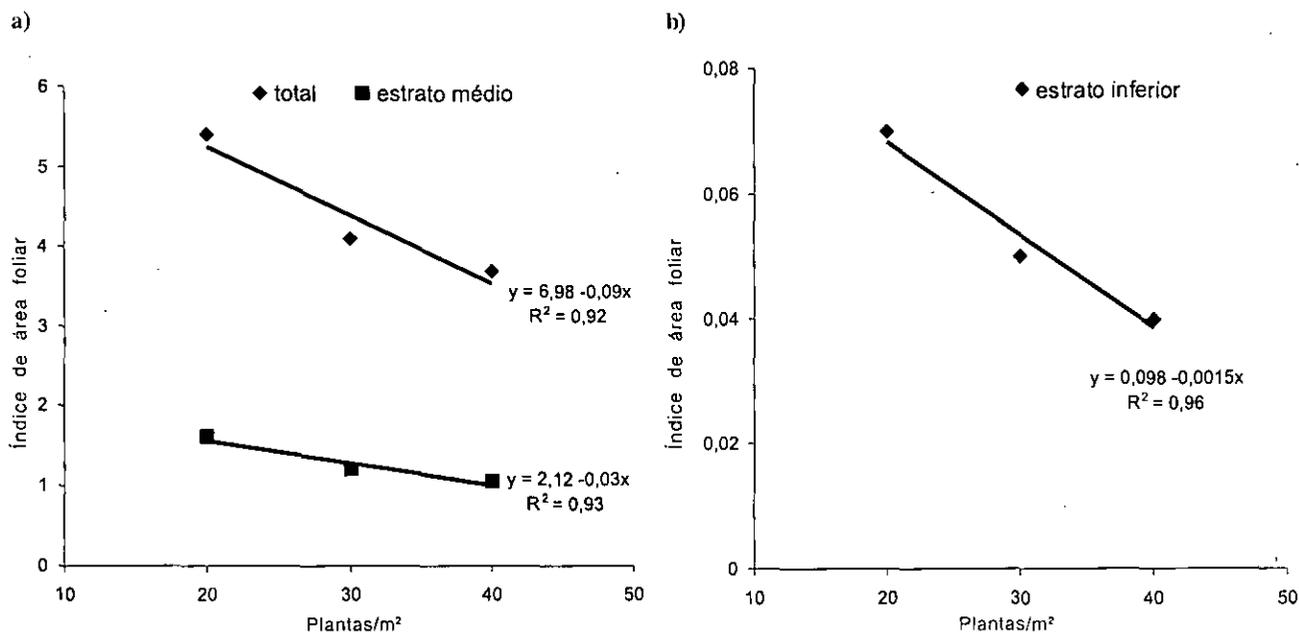


Figura 3. Índice de área foliar da planta inteira - total (a), no estrato médio (a) e inferior (b) do dossel, no estágio V11 (décimo primeiro nó com folha desenvolvida), no espaçamento de 20 cm entre linhas, em três níveis de população de plantas, na média de dois regimes hídricos. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2000/01

acúmulo de MS e maior produção de legumes, que são capazes de aumentar a utilização de fotoassimilados produzidos pela planta com a radiação que é interceptada.

O espaçamento entre plantas afeta a AF, a interceptação de luz e a fotossíntese (WELLS, 1991). A variação na população de plantas é uma ferramenta de manejo que pode influenciar grandemente a interceptação da radiação solar mais cedo e o crescimento da cultura (BALL et al., 2000a). BOARD (2000), trabalhando com nível populacional, considerado naquela condição como baixo (8 plantas/m²), médio (14,5 plantas/m²) e alto (39 plantas/m²), observou que a população baixa, apesar de ter apresentado menor IAF por planta, mostrou maior taxa de crescimento por planta pela maior eficiência do uso da luz, isto é, pela maior interceptação de luz por AF, em relação aos níveis populacionais médio e alto, desde os 21 dias após a emergência da soja. Esta compensação equilibrou a TCC próximo ao estágio R1 (início da floração) entre os níveis populacionais (até esta fase era maior nos níveis populacionais médio e alto), o que resultou em rendimento de grãos simi-

lar nas populações estudadas. Esse autor comenta que, aparentemente, o sombreamento e a competição entre plantas por luz foi menor na população baixa, em relação às média e alta, durante quase todo o período vegetativo.

No presente trabalho os atributos de crescimento não foram avaliados por planta, contudo foi observado maior IAF e MS na menor população (20 plantas/m²) em relação as demais, no espaçamento de 20 cm entre linhas já no estágio V11, que pode ter contribuído para o aumento no rendimento de grãos neste arranjo. Diferentemente do estudo citado anteriormente, que utilizou espaçamento entre linhas de 76 cm, os resultados apresentados neste trabalho foram obtidos sob espaçamento reduzido (20 cm), o que influenciou favoravelmente o desenvolvimento inicial da soja.

Outro fator importante é que as condições meteorológicas ocorrentes durante o presente estudo foram favoráveis ao crescimento da soja, principalmente em relação a precipitação e temperatura. BOARD (2000) concluiu que a dinâmica do crescimento durante o período vegetativo é importante na

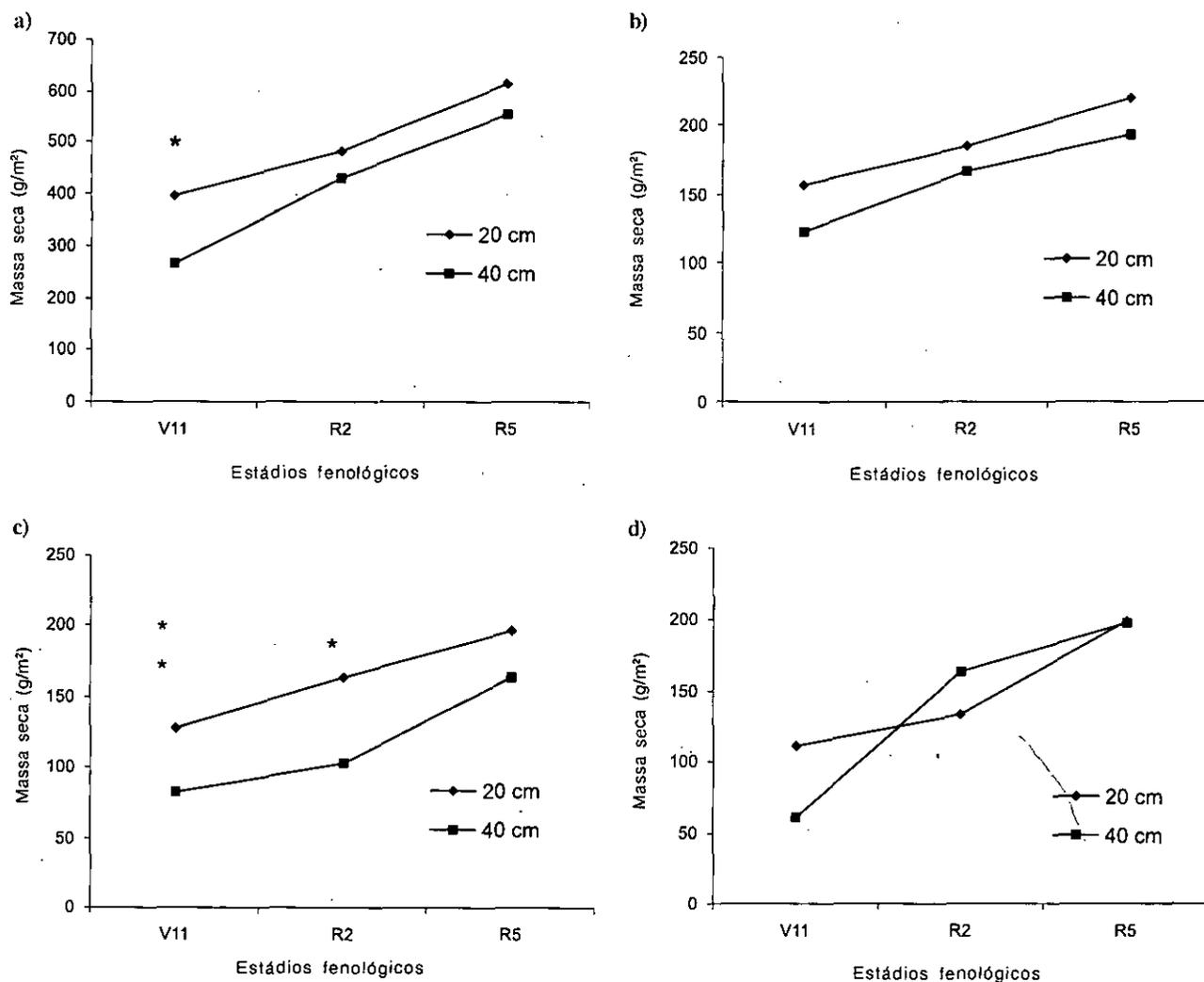


Figura 4. Massa seca (MS) da planta inteira (a), do estrato superior (b), médio (c) e inferior (d) do dossel, em dois espaçamentos entre linhas na população de 20 plantas/m², na média de dois regimes hídricos. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2000/01. *Significativo a 5% de probabilidade

compensação do rendimento entre as populações de planta, bem como que em baixas populações deve-se evitar os estresses neste período, que podem diminuir a capacidade de compensação das plantas.

Nos estádios reprodutivos (R2 e R5) não foi verificada interação de espaçamento entre linhas e população de plantas nos atributos de crescimento (IAF – Figura 2, MS – Figura 4). Com o fechamento do dossel, provavelmente, os tratamentos se equipararam, de forma que as diferenças observadas nos estádios anteriores não foram suficientes para manter a desigualdade entre os tratamentos. BOARD (2000), trabalhando com níveis populacionais dife-

rentes, observou que o fechamento dossel se deu próximo aos estádios R1 e R2, sendo que neste período a eficiência do uso da luz, a taxa de assimilação líquida e a TCC foram semelhantes. Desta forma, a partir daí estes fatores da dinâmica do crescimento não influenciaram mais a compensação no rendimento entre os níveis populacionais.

Resultados semelhantes foram obtidos por PIRES et al. (1998) que, trabalhando com dois espaçamentos entre linhas (20 cm e 40 cm) e duas populações de plantas (20 e 30 plantas/m²), não evidenciaram diferenças no IAF e MS entre os arranjos nos estádios R2 e R5.

No final do período vegetativo, com o aumento da competição entre plantas, principalmente por luz, em função do maior sombreamento mútuo, o arranjo com o menor espaçamento e menor população, por apresentar distribuição de plantas quase equidistante, apresentou maior crescimento em relação aos demais. Este maior crescimento foi verificado, principalmente, nos estratos médio e inferior do dossel, que normalmente são os que sofrem maior sombreamento em arranjos com plantas mal distribuídas e adensadas. Mesmo que esta diferença não tenha se mantido com o fechamento total do dossel nos estádios reprodutivos, foi suficiente para resultar em maior rendimento de grãos nesses arranjos em função da maior contribuição do estrato médio e inferior do dossel. Estes resultados confirmam a importância, já salientada por outros autores, da dinâmica do crescimento da soja durante o período vegetativo, para o rendimento de grãos.

CONCLUSÕES

a) O arranjo de plantas com menor espaçamento (20 cm) e população (20 pl/m) apresenta maior crescimento vegetativo, que se reflete positivamente no rendimento de grãos.

b) As reduções no espaçamento entre linhas e na população de plantas aumentaram a contribuição dos estratos médio e inferior do dossel para o crescimento vegetativo e rendimento de grãos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASHLEY, D.A.; ETHRIDGE, W.J. Irrigation effects on vegetative and reproductive development of three soybean cultivars. *Agronomy Journal*, Madison, v.70, n.3, p.467-471, 1978.
- BALL, R.A.; PURCELL, L.C.; VORIES, E.D. Optimizing soybean plant population for a short-season production system in the Shouthern USA. *Crop Science*, Madison, v.40, n. 3, p.757-764, 2000a.
- BALL, R.A.; PURCELL, L.C.; VORIES, E.D. Short-season soybean yield compensation in response to population and water regime. *Crop Science*, Madison, v.40, n.4, p.1070-1078, 2000b.
- BERGAMASCHI, H.; MATZENAUER, R.; SUTILI, V.R.; BERLATO, M.A. Pertúis de radiação em uma comunidade de soja (*Glycine max* (L.) Merrill), em dois estádios de desenvolvimento. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 2. 1981. Pelotas. *Anais...* Pelotas: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1981. p.173-178.
- BOARD, J. Light interception efficiency and light quality affect yield compensation of soybean at low plant population. *Crop Science*, Madison, v.40, n.5, p.1285-1294, 2000.
- BOARD, J. E.; HARVILLE, B. G. Explanations for greater light interception in narrow-vs. Wide -row soybean. *Crop Science*, Madison, v.32, n.1, p. 198-202, 1992.
- BOARD, J. E.; HARVILLE, B. G. Growth dynamics the vegetative period affects yield of narrow-row; late-planted soybean. *Crop Science*, Madison, v.88, n.4, p.567-572, 1996.
- BOARD, J. E.; HARVILLE, B. G.; SAXTON, A. M. Narrow-row seed-yield enhancement indeterminate soybean. *Agronomy Journal*, Madison, v.82, n.1, p.64-68, 1990.
- BOARD, J.E.; KAMAL, M.; HARVILLE, B.G. Temporal importance of greater light interception to increased yield in narrow-row soybean. *Agronomy Journal*, Madison, v.84, n.4, p.575-579, 1992.
- BOOTE, K.J.; TOLLENAAR, M. Modeling genetic yield potential. In: BOOTE, K.J. (Ed.) *Physiology and determination of crop yield*. Madison: American Society of Agronomy, Crop Society of America, Soil Society of America, 1994. p.533-545.
- BULLOCK, D.; KHAN, S.; RAYBURN, A. Soybean yield response to narrow rows is largely due to enhanced early growth. *Crop Science*, Madison, v.38, n.4, p.1011-1016, 1998.
- COSTA, J.A. *Cultura da soja*. Porto Alegre: I. Manica: J. A. Costa, 1996. 233p.
- COSTA, J. A.; MARCHEZAN, E. *Características dos estádios de desenvolvimento da soja*. Campinas: Fundação Cargil, 1982. 30p.
- CUNHA, G.R.; HASS, J.C; DALMAGO, G.A.; PASINATO, A. *Cartas de perda de rendimento potencial em soja no Rio Grande do Sul por deficiência hídrica*. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 1999. 52p. (Boletim de Pesquisa, 1).
- DUNCAN, W.G. Planting patterns and soybean yield. *Crop Science*, Madison, v.26, n.3, p.584-588, 1986.
- DUTRA, L. M. C. *Rendimento de grãos e outras características agrônômicas por seção da planta de duas linhagens de soja com folíolos ovados e lanceolados em diferentes níveis de produtividade*. Porto Alegre: UFRGS, 1986. 87f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1986.

- EGLI, D.B.; GUFFY, R.B.; HEITHOLD, J.J. Factors associated with reduced yields of delayed planting of soybeans. **Journal of Agronomy and Crop Science**, Madison, v.159, p.176-185, 1987.
- EGLI, D.B.; YU, Z. Crop growth rate and seeds per unit area in soybean. **Crop Science**, Madison, v.31, n.2, p.439-442, 1991.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília, 1999. 412p.
- JOHNSON, T.J.; PENDLETON, J.W.; PETERS, D.B.; HICKS, D.R. Influence of supplemental light on apparent photosynthesis, yield, and yield components of soybeans (*Glycine max* L.). **Crop Science**, Madison, v.9, n.5, p.577-581, 1969.
- MAEHLER, A.R. **Crescimento e rendimento de duas cultivares de soja em resposta ao arranjo de plantas e regime hídrico**. Porto Alegre: UFRGS, 2000. 108f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia. Faculdade de Agronomia, Universidade do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.
- MATHEW, J.P. et al. Differential response of soybean yield components to the timing of Light enrichment. **Agonomy Journal**, Madison, v.92, n.6, p.1156-1161, 2000.
- PIRES, J.L.; COSTA, J.A.; THOMAS, A. L. Rendimento de grãos de soja influenciado pelo arranjo de plantas e níveis de adubação. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**. Porto Alegre, v.4, n.2, p.183-188, 1998.
- PURCELL, L.C. Soybean canopy coverage and light interception measurements using digital imagery. **Crop Science**, Madison, v.40, n.3, p.934-937, 2000.
- SALINAS, A.R.; ZELENER, N.; CRAVIOTTO, R.M.; BISARO, V. Respuestas fisiológicas que caracterizan el comportamiento de diferentes cultivares de soja a la deficiencia hídrica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.31, n.5, p.331-338, 1996.
- SHAW, R. H.; WEBER, C. R. Effects of canopy arrangements on light interception and yield of soybeans. **Agronomy Journal**, Madison, v.59, n.2, p.155-159, 1967.
- SIONIT, N.; KRAMER, P.J. Effects of water stress during different stages of growth of soybean. **Agronomy Journal**, Madison, v.69, n.2, p.274-278, 1977.
- TAYLOR, H. M.; MASON, W. K.; BENNIE, A. T. P.; ROUSE, H.R. Responses of soybeans to two soil water levels: An analysis of biomass accumulation, canopy development, solar radiation interception and components of seed yield. **Field Crops Research**, v.5, p.1-14, 1982.
- UDOGUCHI, A.; Mc CLOUD, D. E. Relationship between vegetative dry matter and yield of three soybean cultivars. **Soil in Crop Science Society of Florida**, Gainesville, v.46, p.75-79, 1987.
- URCHEI, M.A.; RODRIGUES, J.D.; STONE, L.F. Análise de crescimento de duas cultivares de feijoeiro sob irrigação, em plantio direto e preparo convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.3, p.497-506, 2000.
- WELLS, R. Soybean growth response to plant density: relationships among canopy photosynthesis, leaf area, and light interception. **Crop Science**, Madison, v.31, n.3, p.755-761, 1991.
- WELLS, R. Dynamics of soybean growth in variable planting patterns. **Agronomy Journal**, Madison, v.85, n.1, p.44-48, 1993.
- WESTGATE, M.E.; SCHUSSLER, J.R.; REICOSKY, D.C.; BRENNER, M. L. Effect of water deficits on seed development in soybean. **Plant Physiology**, Landcaster, v.91, n.3, p.980-985, 1989.
- WRIGHT, D.L.; SHOKES, F.M.; SPRENKEL, R.K. Planting method and plant population influence on soybeans. **Agronomy Journal**, Madison, v.76, n.4, p.921-924, 1984.

**MICROSPOROGÊNESE DE TRÊS ESPÉCIES DO GÊNERO
Macroptilium (BENTH.) URBAN (LEGUMINOSAE – PAPILIONOIDEAE)
NATIVAS NO RIO GRANDE DO SUL, BRASIL¹**

ANDRÉIA GUEDES GARCIA², ALICE BATTISTIN³

RESUMO – Quatorze populações de três espécies de *Macroptilium* (Benth.) Urban, nativas do Rio Grande do Sul, Brasil, foram estudadas pela primeira vez, quanto ao comportamento meiótico da microsporogênese. A associação e distribuição dos cromossomos foi normal tanto na meiose I como na II. As porcentagens de células meióticas normais mantiveram-se acima de 91,5%, com exceção da população Cacequi de *M. erythroloma* (Benth.) Urban. Os índices meióticos (IM) situaram-se acima de 90%, com exceção das populações de Alegrete de *M. heterophyllum* (Willd.) Maréchal et Baudet e da população de Santa Maria de *M. herythroloma*. As diferenças significativas encontradas, para as fases do processo da microsporogênese, entre as populações, dentro de cada espécie e entre as espécies, indicam presença de variabilidade genética característica, que cada população e/ou espécie utiliza para se adaptar ao meio ambiente e a garantir continuidade de gerações. Os dados obtidos indicam serem plantas com meiose normal e potencialmente férteis, sem problemas para inclusão em programas de seleção, cruzamentos e produção de sementes viáveis.

Palavras-chave: *M. erythroloma*, *M. prostratum*, *M. heterophyllum*, microsporogênese, meiose, tétrades, viabilidade do pólen.

**MICROSPOROGENESIS OF THREE SPECIES OF THE
GENUS *Macroptilium* (BENTH.) URBAN (LEGUMINOSAE – PAPILIONOIDEAE) NATIVE
IN RIO GRANDE DO SUL, BRAZIL**

ABSTRACT – In this paper it is presented for the first time the meiotic behavior of microsporogenesis data concerning to fourteen populations of three species of *Macroptilium* (Benth.) Urban native in the south of Brazil (Rio Grande do Sul). The association and distribution of chromosomes was considered normal in both meiosis I and II. The normality for meiotic cells was kept above 91% with exception of *M. erythroloma* (Benth.) Urban Cacequi population. The meiotic indexes (MI) were kept above 90% with the exceptions of *M. heterophyllum* (Willd.) Maréchal et Baudet from Alegrete and *M. herythroloma* from Santa Maria populations. The significative differences among the populations inside each species and between the species shown the characteristic genetic variability that each plant has and use to adapt itself to the environment and promote the continuity of the generations. The data obtained shown that the plants were normal regarding to the meiosis and potentially fertile without problems in the inclusion of the species in programs of selection, crossing and viable seed production.

Key words: *M. erythroloma*, *M. prostratum*, *M. heterophyllum*, microsporogenesis, meiosis, tetrads, pollen viability .

¹Parte da dissertação do primeiro autor apresentada para obtenção do título de Mestre em Zootecnia na Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria/RS

²Mestre em Zootecnia. Rua: Dr. Parobé nº 1049. CEP: 99260-000. Casca/RS. E-mail: mazuttim@net11.com.br

³Bióloga Dra. Pesquisadora na Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária-FEPAGRO. Rua: Gonçalves Dias, nº. 570. Bairro Menino Deus. CEP: 90130-060. Porto Alegre/RS. E-mail: batti@terra.com.br (autor para correspondência)

Recebido para publicação em 02-08-2002

INTRODUÇÃO

O gênero *Macroptilium* está distribuído exclusivamente nas Américas, ocorrendo desde o sul dos Estados Unidos até a Argentina. São considerados centros de dispersão do gênero, o Brasil e o Paraguai, na América do Sul, e o México, na América do Norte. No Brasil, está representado por dez espécies, distribuídas da Amazônia ao Rio Grande do Sul. Neste último, encontram-se as espécies *M. prostratum*, *M. erythroloma*, *M. heterophyllum* e *M. monophyllum* (FEVEREIRO, 1987).

É conhecido o efeito benéfico das leguminosas ao sistema ecológico dos campos, pelo fornecimento de nitrogênio, o qual confere seu elevado teor protéico. Nesse contexto, instituições que desenvolvem pesquisas no setor agropecuário vêm estudando o aproveitamento de espécies de leguminosas nativas como plantas forrageiras, dentre as quais algumas espécies do gênero *Macroptilium* (ANDRADE, 1985; MACHADO e JAQUES, 1995). GONÇALVES (1980) sugeriu o desenvolvimento de trabalhos que visem preservar as melhores espécies forrageiras nativas, a fim de evitar a perda de germoplasma adaptado às condições ecológicas de cada região. Este material será de utilidade para futuros trabalhos de melhoramento genético ou usado em programas de recuperação de áreas degradadas.

O grau de fertilidade das plantas é devido ao comportamento meiótico, sendo a formação de gametas funcionais controlada por genes, que garantem um processo meiótico normal. Entretanto, estes genes podem sofrer mutações, causando irregularidades, que comprometem a fertilidade dos indivíduos. As mutações que afetam o pareamento cromossômico na meiose, são de suma importância, pois podem levar à esterilidade total ou à formação de aneuplóides e euplóides (SENF et al., 1992; BIONE e PAGLIARINI, 1999; PAGLIARINI, 2000).

A determinação da viabilidade do pólen é fundamental na investigação das causas da infertilidade das plantas, de modo especial, quando se visa processos de seleção para trabalhos de melhoramento

(PEÑALOZA, 1995). Além disto, TETS e HULBERT (1999) constataram que o pólen de algumas plantas é uma excelente fonte de nitrogênio. Em eucalipto, por exemplo, o valor biológico do nitrogênio do pólen, na composição da proteína, é excepcionalmente alto (72%) e o percentual da digestibilidade do pólen é de 76%. Neste caso, deveríamos considerar o pólen como “flor-alimentação” para determinados insetos polinizadores e/ou outros animais que se alimentam da flor.

Com o objetivo de adequar a utilização dos recursos genéticos disponíveis para o gênero *Macroptilium*, o presente trabalho visou obter conhecimentos sobre o comportamento da microsporogênese e analisar possível presença de variabilidade genética dentro dos parâmetros em estudo, entre as populações dentro de cada espécie e entre as espécies de *M. erythroloma* (Benth.) Urban, *M. heterophyllum* (Willd.) Maréchal et Baudet e *M. prostratum* (Benth.) Urban.

MATERIAL E MÉTODOS

Três espécies nativas do gênero *Macroptilium*, *M. erythroloma*, *M. heterophyllum* e *M. prostratum*, foram coletadas em vários municípios no estado do Rio Grande do Sul. As exsiccatas das populações foram registradas no Herbário Santa Maria Departamento de Biologia (SMDB), do Centro de Ciências Naturais e Exatas (CCNE) da Universidade Federal de Santa Maria (Tabela 1 e Figura 1).

O trabalho foi desenvolvido durante os anos de 2000 e 2001, no Laboratório de Citogenética Vegetal e Biotecnologia do Departamento de Biologia (CCNE / UFSM).

Foram utilizados, em média, 25 botões florais de diferentes inflorescências, por população. Os botões foram fixados em etanol absoluto-ácido acético (v/v), na proporção de 3:1, por um período de 4 horas, em temperatura ambiente, e armazenados em álcool 70% (v/v), na geladeira, até as análises. O corante utilizado foi carmim propiônico 2% (m/v). Em mé-

Tabela 1. Espécies de *Macroptilium* (Benth.) Urban, número do registro das populações, número de plantas estudadas, locais de ocorrência e datas de coletas, no Rio Grande do Sul (anos: 2000 e 2001)

Espécie	Registro SMDB	Número de plantas	Locais de ocorrência	Data de coleta
<i>M. erythroloma</i> (Benth.) Urban	7657	08	São Gabriel	10/01/01
	7346	09	Santa Maria	30/03/00
	7662	12	São Martinho da Serra	21/01/01
	7661	04	Tupanciretã	21/01/01
	7658	14	Cacequi	09/01/01
	7659	08	Restinga Seca	20/02/01
<i>M. heterophyllum</i> (Willd.) Maréchal et Baudet	7669	06	Santa Maria	24/01/01
	7667	10	Júlio de Castilhos	21/01/01
	7132	09	Alegrete	28/02/00
	7145	07	Rosário do Sul	12/03/00
<i>M. prostratum</i> (Benth.) Urban	7665	13	São Francisco de Assis	23/11/00
	7671	08	Passo Fundo	18/01/01
	7663	05	Santa Maria	13/11/00
	7664	09	Cruz Alta	21/01/01

SMDB = Herbário Santa Maria Departamento de Biologia

dia, foram analisadas 2.500 células por população. Na análise das fases da microsporogênese, para as associações dos cromossomos em diacinese e metáfase I, foram consideradas células normais as que apresentaram onze bivalentes e na disjunção dos cromossomos em anáfase e telófase I, aquelas com separação regular de onze cromossomos duplicados para cada pólo. A disjunção dos cromossomos também foi analisada em anáfase e telófase II, considerando-se células normais aquelas que apresentaram distribuição de onze cromossomos simples para cada pólo. No estudo das tétrades, todas aquelas que apresentaram números diferentes de quatro, como díades, tríades etc., foram consideradas células com anormalidades. O pólen classificado como normal foi aquele que continha o protoplasma corado e distribuído regularmente. O índice meiótico (IM) foi calculado seguindo a fórmula proposta por LOVE (1949): $IM = \text{número de tétrades normais} \times 100 /$

número total de tétrades analisadas. Na análise estatística, foi utilizado o teste χ^2 a 5%, por meio do programa estatístico SAS (1996), para comparar as médias de normalidade do comportamento da microsporogênese entre as populações dentro de cada espécie e entre as espécies.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos nas análises das fases da microsporogênese e da viabilidade do pólen estão registrados nas Tabelas 2, 3, 4, 5, 6 e 7. As associações dos cromossomos em bivalentes na diacinese e em metáfase I, as tétrades e a viabilidade do pólen estão representados nas Figuras 2A, 2B, 2C, 2D, 2E.

Em todas as populações das três espécies (Tabela 2), tanto na meiose I como na meiose II, a por-

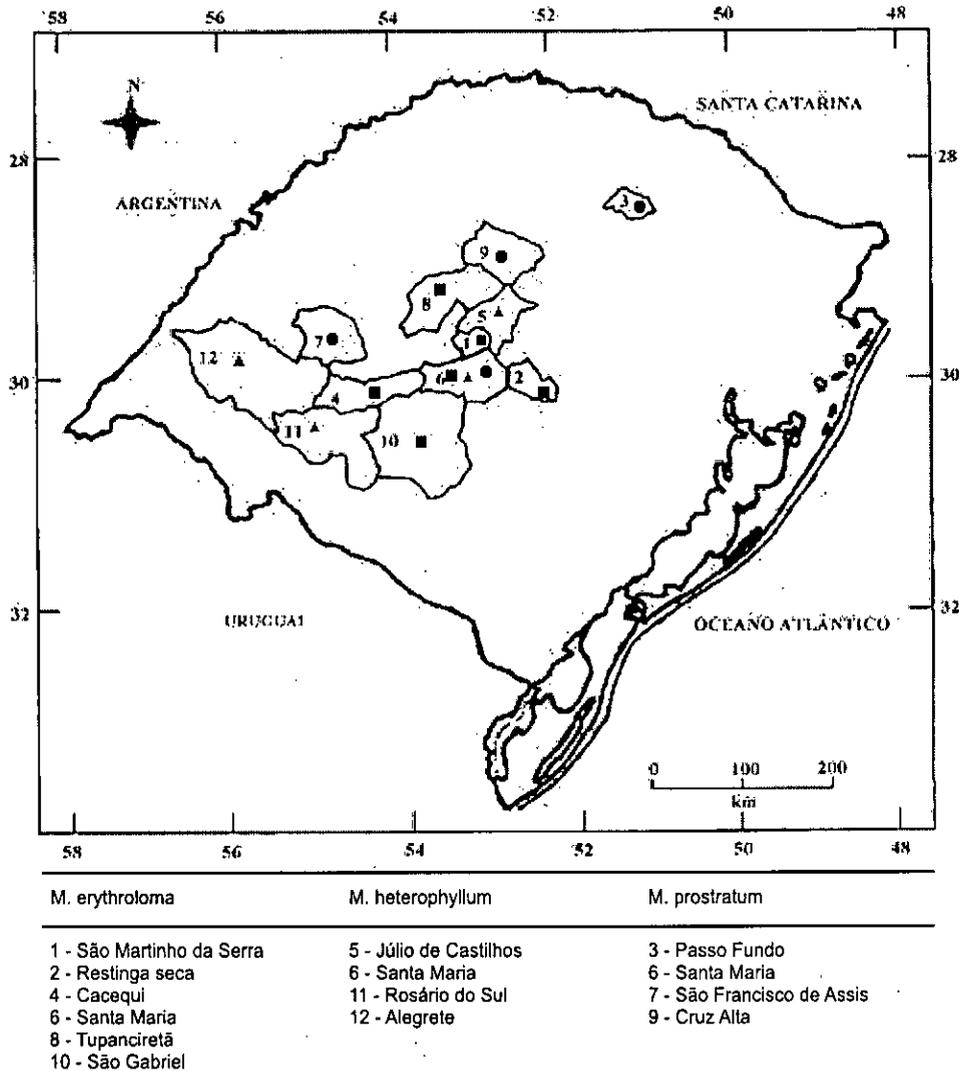


Figura 1. Mapa do estado do Rio Grande do Sul (modificado da Secretaria de Agricultura e Abastecimento, 1993) com os municípios de coletas das espécies do gênero *Macropitilium* (Benth.) Urban

centagem de células normais está contida entre 91,7% a 100%, com exceção da população de Cacequi da espécie *M. erythroloma* que apresentou 85,7% em anáfase/telófase II. Na fase de tétrades (Tabela 2), a porcentagem de células normais também foi alta, acima de 88,0%, com exceção da população de Santa Maria, de *M. erythroloma*, com 84,0% e da população de Alegrete, de *M. heterophyllum*, com 84,9%. As únicas anormalidades encontradas nesta fase, em todas as populações, foram tríades, porém em baixos percentuais (variando de 3% a 16%). Os índices meióticos (Tabela 2), que indicam o percentual de células normais, foram considera-

dos satisfatórios, pois o mais baixo foi 88,6% na população de Alegrete, de *M. heterophyllum*. Para LOVE (1949), plantas com IM acima de 90% podem ser consideradas normais. Outras espécies de leguminosas forrageiras com alto IM foram relatadas em literatura, entre elas, espécies de *Vigna*, *Arachis*, *Desmodium*, *Adesmia*, *Stylosanthes* (SENFF et al., 1992; COELHO e BATTISTIN, 1998; MATTOS et al., 1998).

Alta viabilidade do pólen está sendo mantida em todas as populações, nas três espécies estudadas (Tabela 3). A porcentagem mais baixa foi encontrada na população Rosário do Sul, da espécie *M. heterophyllum*.

MICROSPOROGENESE DE TRÊS ESPÉCIES DO GÊNERO *MACROPTILIUM* (BENTH.) URBAN
(LEGUMINOSAE – PAPILIONOIDEAE) NATIVAS NO RIO GRANDE DO SUL, BRASIL

Tabela 2. Análise da microsporogênese em populações de *Macroptilium erythroloma*, *Macroptilium heterophyllum* e *Macroptilium prostratum*, coletadas no Rio Grande do Sul, nos anos de 2000 e 2001

Espécie	População	Meiose I						Meiose II						IM			
		Associação Diacinese/ Metáfase I			Disjunção Anáfase I/ Telófase I			Metáfase II			Disjunção Anáfase II / Telófase II				Tétrades		
		N*	N**	%	N*	N**	%	N*	N**	%	N*	N**	%		N*	N**	%
<i>M. erythroloma</i> (Benth.) Urban	7657	255	3	98,8	102	4	96,2	20	1	95,2	8	-	100	536	27	95,2	96,3
	7346	216	5	97,7	114	4	96,6	8	-	100	15	1	93,7	429	82	84,0	89,5
	7662	242	5	98,0	168	3	98,2	19	1	95,0	60	4	93,7	571	51	91,8	94,3
	7661	324	6	98,2	197	4	98,0	14	-	100	11	1	91,7	521	17	96,8	97,4
	7658	222	5	97,8	153	6	96,2	14	1	93,3	18	3	85,7	598	16	97,4	97,0
	7659	248	6	97,6	110	4	96,5	12	-	100	70	4	94,6	542	23	96,0	96,4
<i>M. heterophyllum</i> (Willd.) Maréchal et Baudet	7669	209	3	98,6	145	4	97,3	18	-	100	26	1	96,3	508	29	94,6	96,1
	7667	192	12	94,1	151	4	97,4	37	-	100	39	1	97,5	468	27	94,5	95,3
	7132	135	5	96,4	69	6	92,0	15	-	100	41	1	97,6	432	77	84,9	88,6
	7145	303	9	97,1	197	6	97,0	15	-	100	22	1	95,6	479	61	88,7	92,9
<i>M. prostratum</i> (Benth.) Urban	7665	116	5	95,9	88	8	91,7	3	-	100	16	-	100	409	52	88,7	90,7
	7671	111	3	97,4	109	5	95,6	6	-	100	22	1	95,6	504	19	96,4	96,4
	7663	237	18	92,9	128	2	98,5	14	-	100	15	1	93,7	541	25	95,6	95,3
	7664	138	6	95,8	105	4	96,3	10	-	100	37	2	94,9	521	12	97,7	97,1

N*: Número de células normais; N**: Número de células anormais; %: Percentual de células normais; IM: Índice meiótico.

Tabela 3. Estimativas de viabilidade do pólen em populações de *M. erythroloma*, *M. heterophyllum* e *M. prostratum*, coletadas no Rio Grande do Sul, nos anos 2000 e 2001

Espécies	População	Localidade	Pólen		
			Viáveis	Inviáveis	% viáveis
<i>M. erythroloma</i> (Benth.) Urban	7657	São Gabriel	1483	62	95,99
	7346	Santa Maria	1486	54	96,49
	7662	São Martinho da Serra	1494	26	98,29
	7661	Tupanciretã	1514	19	98,76
	7658	Cacequi	1510	25	98,37
	7659	Restinga seca	1480	34	97,75
<i>M. heterophyllum</i> (Willd.) Marechal et Baudet	7669	Santa Maria	1543	36	97,72
	7667	Júlio de Castilhos	1512	14	99,08
	7132	Alegrete	1329	177	88,25
	7145	Rosário do Sul	1330	197	87,10
<i>M. prostratum</i> (Benth.) Urban	7665	São Francisco de Assis	1454	59	96,10
	7671	Passo Fundo	1502	11	99,27
	7663	Santa Maria	1510	7	99,54
	7664	Cruz Alta	1485	18	98,80

%: Percentual de pólen viáveis.

Alta porcentagem de viabilidade do pólen demonstra alto potencial de fertilidade dos gametas masculinos. Esta característica foi encontrada, também, em outras leguminosas, como é o caso de espécies de *Lathyrus* L. (BIONDO e BATTISTIN, 1995), *Adesmia* DC. (COELHO e BATTISTIN, 1998), *Stylosanthes* Sw. (MATTOS et al., 1998). Não só as leguminosas, mas todas as espécies que produzem grande quantidade de pólen, são plantas

que alocam uma significativa parcela de energia na produção de gametas, diferentes das que alocam maior quantidade de energia na parte vegetativa (PIANKA, 1970; STILING, 1998).

As análises comparativas do comportamento das fases da meiose entre seis populações de *M. erythroloma* (Tabela 4) mostraram ocorrência de diferenças significativas entre algumas populações, na fase de tétrades e na estimativa de viabilidade do pólen.

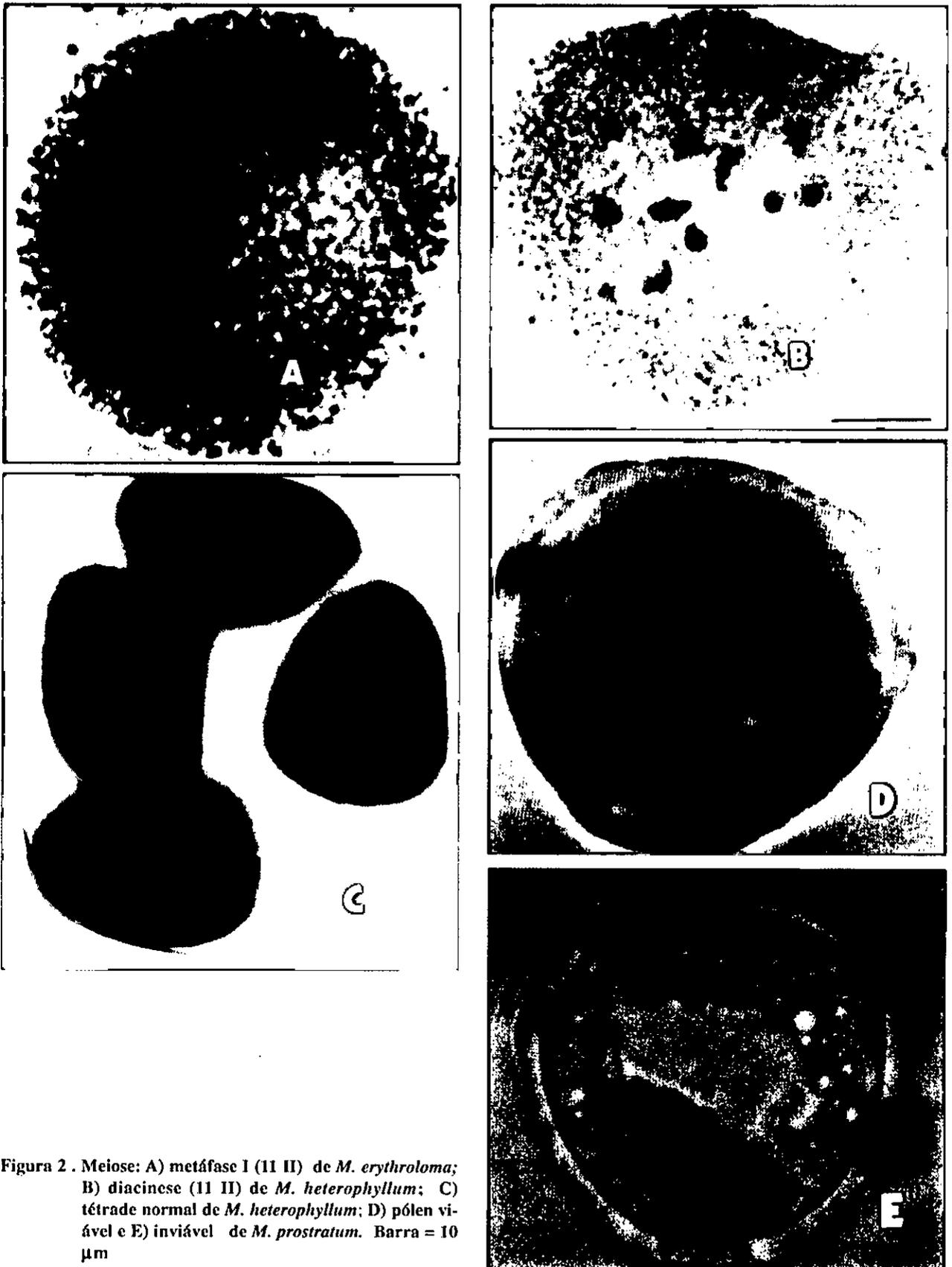


Figura 2 . Meiose: A) metáfase I (II II) de *M. erythroloma*; B) diacinese (II II) de *M. heterophyllum*; C) tétrade normal de *M. heterophyllum*; D) pólen viável e E) inviável de *M. prostratum*. Barra = 10 μ m

Quanto às tétrades, a amplitude de variação está contida entre 83,90% a 97,40%, variando significativamente entre as populações de Cacequi, São Gabriel, São Martinho da Serra e Santa Maria. Quanto à estimativa da viabilidade do pólen, a amplitude de variação manteve-se entre 95,99% a 98,76%, mostrando diferenças significativas entre suas porcentagens as populações de Tupanciretã, Restinga Seca e São Gabriel.

Tabela 4 – Comparação dos percentuais de normalidade do comportamento da microsporogênese, avaliados através do número de tétrades e pólenes normais, entre as populações de *Macroptilium erythroloma* (Benth.) Urban

Localidade	Tétrades		Pólenes	
	Total	%	Total	%
Cacequi	598	97,40 a	1510	98,37 ab
Tupanciretã	521	96,80 ab	1514	98,76 a
Restinga Seca	542	95,93 ab	1480	97,75 b
São Gabriel	536	95,20 b	1483	95,99 c
São Martinho da Serra	571	91,80 c	1494	98,29 ab
Santa Maria	429	83,90 d	1486	96,49 c

%; percentual de normalidade. Letras na coluna correspondem as diferenças significativas, ao nível de 5%

Entre as quatro populações de *M. heterophyllum* (Tabela 5), também ocorreram diferenças significativas nas porcentagens em fase de tétrades e viabilidade do pólen. A amplitude de variação das tétrades está compreendida entre 84,9% e 94,6%. As populações de Rosário do Sul e Alegrete, com porcentagem superior de tétrades, diferiram significativamente das de Santa Maria e Júlio de Castilhos. Quanto à estimativa da viabilidade do pólen, as populações de Rosário do Sul e Alegrete não diferiram entre si. Estas duas últimas, mantiveram porcentagens inferiores semelhantes tanto para tétrades como para viabilidade do pólen.

Nas quatro populações de *M. prostratum*, as diferenças ocorreram nas telófases I, tétrades e viabilidade do pólen (Tabela 6). As populações de Santa Maria e São Francisco de Assis diferiram significativamente entre si, tanto para tétrades e viabilidade do pólen, como para células em telófase I.

TABELA 5 . Comparação dos percentuais de normalidade do comportamento da microsporogênese, avaliados através do número de tétrades e pólenes normais, entre as populações de *Macroptilium heterophyllum* (Willd.) Maréchal et Baudet

Localidade	Tétrades		Pólenes	
	Total	%	Total	%
Santa Maria	508	94,60 a	1543	97,72 b
Júlio de Castilhos	468	94,55 a	1512	99,08 a
Rosário do Sul	479	88,70 b	1330	87,10 c
Alegrete	432	84,90 b	1329	88,25 c

%; percentual de normalidade. Letras na coluna correspondem as diferenças significativas, ao nível de 5%

Quanto às tétrades a população de Passo Fundo não diferiu de Cruz Alta e Santa Maria. Para a viabilidade do pólen, verificou-se que as populações de Santa Maria, Cruz Alta e São Francisco de Assis diferiram entre si.

Telófases I, tétrades e viabilidade do pólen, demonstram a distribuição dos cromossomos e a viabilidade normal ou não dos gametas, neste caso masculinos. As diferenças significativas encontradas entre as populações dentro de cada espécie, em várias fases da meiose, refletem uma variabilidade genética que cada população faz uso para se adaptar ao meio ambiente e garantir continuidade de gerações sucessivas dentro da espécie. Um dos aspectos básicos, em programas de melhoramento de plantas, é a identificação de alterações genéticas entre populações dentro de espécies (NASCIMENTO JUNIOR et al., 1990).

Na comparação das fases da meiose na microsporogênese, entre as três espécies de *Macroptilium*, foram encontradas diferenças significativas em diacinese e viabilidade do pólen (Tabela 7), nas demais fases não ocorreram diferenças significativas. Os percentuais de células viáveis em diacinese e grãos de pólen mantiveram-se altos, acima de 93%. Os dois parâmetros são reflexos das condições de desenvolvimento da parte reprodutiva masculina, destas plantas. Na diacinese, ocorre o pareamento dos cromossomos, refletindo a homologia entre os mesmos, enquanto que o pólen viável representa o conjunto de gametas masculinos normais, aptos para a fertilização.

Tabela 6 . Comparação dos percentuais de normalidade do comportamento da microsporogênese, avaliados através do número de tétrades e pólenes normais, entre as populações de *Macroptilium prostratum* (Benth.) Urban

Localidade	Telófase I		Tétrades		Pólenes	
	Total	%	Total	%	Total	%
Santa Maria	118	99,16 a	541	95,58 b	1510	99,54 a
Passo Fundo	100	96,15 ab	504	96,37ab	1502	99,27 ab
Cruz Alta	98	96,08 ab	521	97,75 a	1485	98,80 b
São Francisco de Assis	85	91,40 b	409	88,72 c	1454	96,10 c

%; percentual de normalidade. Letras na coluna correspondem as diferenças significativas, ao nível de 5%

Um grande número de plantas angiospermas produzem elevado número de pólenes viáveis, embora nem todos sejam utilizados na fertilização. Na família das leguminosas, grande parte dos gêneros com plantas forrageiras, foram constatadas altas porcentagens de viabilidade de pólen. Entre estes gêneros destacam-se *Centrosema*, *Vigna*, *Arachis*, *Desmodium*, *Adesmia*, *Stylosanthes*, *Lathyrus*, *Eriosema*, *Rhynchosia* (BATTISTIN, 1983; SENFF et al., 1992, 1995; COELHO e BATTISTIN, 1998; MATTOS et al., 1998; BIONDO e BATTISTIN, 2001).

As plantas usam diferentes estratégias evolutivas na utilização do pólen. BATTISTIN (1983) constatou que, em algumas espécies de *Centrosema*, ocorre uma proporção inversa entre produção de grãos de pólen e quantidade de pólen viável. As espécies com baixa produção de pólen possuem alta porcentagem

de viabilidade do pólen, enquanto que as espécies com alta produção de pólen possuem baixa porcentagem de viabilidade polínica.

Em *Arachis pintoi* (PEÑALOZA, 1995), embora ocorra baixa porcentagem de viabilidade do pólen (16%) esta é suficiente para fertilização dos óvulos e produção de sementes, sem causar problemas para a espécie. *Eriosema glabrum* é uma leguminosa que, apesar de apresentar um grande número de pólen inviável (52,91%), não apresenta problemas reprodutivos, todo o pólen viável é aproveitado otimizando o menor nível de energia que é alocada na formação do mesmo (BIONDO e BATTISTIN, 2001). Provavelmente, cada espécie tem sua reserva gênica para desenvolver estratégias de conservação durante o processo evolutivo, possibilitando se adaptar ao meio ambiente e garantir a continuidade das gerações sucessivas, assim contornando problemas que possam levar à extinção.

Tabela 7 . Comparação dos percentuais de normalidade do comportamento da microsporogênese entre espécies do gênero *Macroptilium* (Benth.) Urban, avaliados através do número de células em diacinese e grãos de pólen normais

Espécie	Diacinese		Viabilidade do Pólen	
	Total	%	Total	%
<i>M. erythroloma</i> (Benth.) Urban	1.058	98,88 a	8.967	97,61 b
<i>M. heterophyllum</i> (Willd.) Maréchal et Baudet	537	96,40 b	5.714	93,09 c
<i>M. prostratum</i> (Benth.) Urban	427	95,31 c	5.951	98,43 a

%; percentual de normalidade. Letras na coluna correspondem as diferenças significativas, ao nível de 5%

CONCLUSÕES

As três espécies do gênero *Macroptilium*, analisadas neste trabalho, possuem microsporogênese normal, o que possibilita prever sucesso quando da sua introdução em programas de seleção, cruzamento e produção de sementes.

As diferenças significativas, encontradas para as fases do processo de microsporogênese entre as populações, dentro de cada espécie e entre as espécies, refletem a ocorrência de variabilidade genética característica de cada espécie.

AGRADECIMENTOS

À FAPERGS e ao CNPq, pelo suporte financeiro. Ao professor Dr. José Henrique Silva, pela colaboração na análise estatística.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, I. F. Métodos de introdução de leguminosas em pastagem nativa de cerrado. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.14, n.2, p.151-158, 1985.
- BATTISTIN, A. *Morfologia floral e biologia da reprodução de cinco espécies de Centrosema (DC.) BENTH. (Leguminosae-Papilionoideae)*. São Paulo, SP: ESALQ/USP, 1983. 119p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, 1983.
- BIONDO, E.; BATTISTIN, A. Análise dos fenômenos biológicos: floração, maturação das sementes e viabilidade do pólen em *Lathyrus pubescens*, *L. nervosus* e *L. crassipes*. In: JORNADA INTEGRADA DE PESQUISA ENSINO E EXTENSÃO DA UFSM, 1995, Santa Maria. Anais... UFSM. Santa Maria: UFSM, 1995. v. 1, p. 305.
- BIONDO, E.; BATTISTIN, A. Comparação da eficiência de diferentes corantes na estimativa da viabilidade de grãos de pólen em espécies dos gêneros *Eriosema* (DC.) G. DON e *Rhynchosia* LOUR (Leguminosae-Faboideae), nativas na região sul do Brasil. *Bioikos*, Campinas, v.15, n.1, p.39-44, 2001.
- BIONE, N. C. P.; PAGLIARINI, M. S. Assinapse em soja *Glycine max* (L.) merrill como causa de macho-esterilidade. *Genetics and Molecular Biology*, Ribeirão Preto, v.22, n.3, p.98, 1999 (supplement)
- COELHO, L. G. M.; BATTISTIN, A. Meiotic behavior of *Adesmia* DC. (Leguminosae-Faboideae) species native to Rio Grande do Sul, Brazil. *Genetics and Molecular Biology*, Ribeirão Preto, v.21, n.3, p.403-406, 1998.
- DAVIES, J.G.; HUTTON, E. M. Tropical and sub-tropical pasture species. In: MOORE, R.M. *Australian Grasslands*, Canberra, p.273-302, 1970.
- FEVEREIRO, V. P. B. *Macroptilium (BENTHAM) URBAN do Brasil (Leguminosae-Faboideae-Phaseoleae-Phaseolinaceae)*. *Arquivo do Jardim Botânico do Rio de Janeiro*, Rio de Janeiro, n.8, p.109-180, 1987.
- GONÇALVES, J. O. N. As principais forrageiras de ocorrência natural no RS. In: *Seminário sobre pastagens: de que pastagem necessitamos*, 1980, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre: UFRGS, 1980, p.59-73.
- LOVE, R. M. Estudos citológicos preliminares de trigos riograndenses. *Secretária da Agricultura do Rio Grande do Sul*, 1949. n.74.
- MACHADO, L. A. Z.; JAQUES, A. V. A. Avaliação agrônômica de quatro leguminosas forrageiras nativas do Rio Grande do Sul. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.24, n.3, p.335-442, 1995.
- MATTOS, A. C. F.; BATTISTIN, A.; BIONDO, E. Comportamento meiótico e estimativa da viabilidade de grãos de pólen em 10 genótipos de três espécies do gênero *Stylosanthes* Sw. Nativas do sul do Brasil. *Genetics and molecular Biology*, Ribeirão Preto, v. 21 n. 3 p.194, 1998 (supplement).
- NASCIMENTO JÚNIOR, A.; CARVALHO, F. I. F.; BARBOSA NETO, J. F. et al. Agentes mutagênicos e a intensidade de variabilidade genética em caracteres adaptativos na cultura de aveia (*Avena sativa* L.). *Agronomia Sulriograndense*, Porto Alegre, v.26, n. 2, p.199-216, 1990.
- PAGLIARINI, M. S. Meiotic behavior of economically important plant species: the relationship between fertility and male sterility. *Genetics and Molecular Biology*, Ribeirão Preto, v.23, n.4, p.997-1002, 2000.
- PEÑALOZA, A. P. S. *Caracterização dos componentes biológicos da produção de sementes de Arachis pintoi (Leguminosae)*. Brasília, DF: UBFT, 1995. 82p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade de Brasília Faculdade de Tecnologia, 1995.
- PIANKA, E. R. On r- and k- selection. *American Naturalist*, Chicago, v. 104, p.592-597, 1970.
- SAS INSTITUTE. SAS/STAT. User's guide: statistics. 4 th. Cary., 1996. (6-2).
- SENFF, M.I.; HICKENBICK, M. C.M.; PAIM, N.R. Cytogenetic studies in species of the genus *Vigna* (Leguminosae-Papilionoideae). *Brazilian Journal of Genetics*, Ribeirão Preto, v.15, n.2, p.407-418, 1992.
- SENFF, M.I.; SCHIFINO-WITTMANN, M. T.; PAIM, N.R. Cytogenetic studies of populations of *Arachis*, *Desmodium* and *Vigna* species (Leguminosae-Papilionoideae) from Rio Grande do Sul. *Brazilian Journal of Genetics*, Ribeirão Preto, v.18, n.4, p.629-631, 1995.
- STILING, P. *Ecology: theories and applications*. 3. ed. Oxford, Prentice-Hall, 1998. 638p.
- TETS, I. G.; HULBERT, A. J. Uma comparação das exigências de nitrogênio que possuem o pigmeu oriental, *Cercartetus de nanus*, com pólen e em uma dieta de mealworm. *Physiological and Biochemical Zoology*, Chicago, v.72, n.2, p.127-137, 1999.

PRODUÇÃO E QUALIDADE DA FORRAGEM DE ARROZ VERMELHO

MANOEL AUGUSTO MORAES JACCOTTET¹, OTONIEL GETER LAUZ FERREIRA², PEDRO LIMA MONKS³, GILBERTO AZAMBUJA CENTENO⁴

RESUMO: A utilização do arroz vermelho como planta forrageira, constitui uma forma de controle dessa invasora, podendo ainda gerar ganhos em termos de produto animal. Avaliou-se sob condições de solo hidromórfico na Estação Experimental Terras Baixas/EMBRAPA CLIMA TEMPERADO, Capão do Leão, RS, Brasil, a produção de forragem, teor de proteína bruta e digestibilidade *in situ* da massa seca de arroz vermelho (*Oryza sativa* L.). Em um delineamento experimental de blocos casualizados com parcelas sub-divididas e quatro repetições compararam-se: a) Cinco densidades de sementes no solo: 50, 150, 250, 350 e 450 sementes/m²; b) Duas épocas de corte (estádios vegetativo e floração) e c) Dois biótipos de arroz vermelho (casca clara e casca preta). Maior rendimento forrageiro foi obtido com corte único no estágio de floração. A densidade de sementes no solo influenciou o máximo rendimento de forragem. Percentuais mais elevados de proteína bruta e digestibilidade *in situ* da massa seca foram obtidos com cortes realizados no estágio vegetativo.

Palavras-chave: manejo, valor nutritivo, planta daninha

FORAGE PRODUCTION AND QUALITY OF RED RICE

ABSTRACT: Utilization of red rice as forage plants constitute a control method of this weed along with a gain in animal products. An experiment was carried out at Estação Experimental de Terras Baixas/EMBRAPA CLIMA TEMPERADO, Capão do Leão, RS, Brazil, to evaluate under, hydromorphic soil conditions, forage production, crude protein and *in situ* digestibility of dry matter of red rice (*Oryza sativa* L.). In a split plot complete randomized block design, with four replications. The following variables were compared: a) Five seed densities in the soil (50, 150, 250, 350 and 450 seeds/m²); b) Two cutting times (vegetative and flowering) and c) Two red rice biotypes (straw hull and black hull). Higher forage production was obtained with one cutting in the flowering stage. The density of seeds in the soil influenced maximum forage production. Higher crude protein and *in situ* digestibility was obtained with cuttings in the vegetative stage.

Key words: management, nutritive value, weed plant

¹Eng.º, Agr.º, MSc.

²Eng.º, Agr.º, MSc., doutorando do PPGZ/FAEM/UFPEL; e-mail: otoniel@ufpel.tche.br

³Eng.º, Agr.º, Dr., professor do PPGZ/FAEM/UFPEL; Cx. Postal 354, CEP 96001 – 970, Pelotas, RS. e-mail: plmonks@ufpel.tche.br

⁴Eng.º, Agr.º, MSc., professor aposentado do PPGZ/FAEM/UFPEL

Recebido para publicação em 23-08-2002

INTRODUÇÃO

No Rio Grande do Sul grande número de lavouras de arroz irrigado (*Oryza sativa* L.) encontram-se infestadas pelo arroz vermelho (*Oryza sativa* L.), que é a planta daninha de mais difícil controle nesta cultura (MARCHEZAN, 2001). Assim é considerada, por competir com o arroz cultivado pelos mesmos fatores (luz, água, nutrientes) na mesma época. Além disso, características como alta percentagem de deiscência natural, maturação em geral mais precoce e dormência das sementes, que lhe confere persistência e/ou longevidade no solo, justificam a dificuldade do seu controle. O arroz vermelho pertence à mesma espécie do arroz comercial, havendo similaridade entre os tipos de planta em relação a características fisiológicas e bioquímicas (KWON et al., 1991; PETRINI et al., 1998). Deste modo, há dificuldade de obter-se produtos seletivos para controle químico, como ocorre com as demais invasoras. A redução do rendimento de grãos causada por esta planta daninha é bastante variável, dependendo das condições edafoclimáticas e de manejo da lavoura (MARCHEZAN, 2001). ÁVILA et al. (1999) citam redução no rendimento em torno de 16 kg/ha para cada panícula de arroz vermelho encontrada por metro quadrado, havendo relatos na literatura com reduções de até 86% no rendimento de grãos do arroz cultivado (KWON et al., 1991).

Novas técnicas de manejo têm sido pesquisadas com o objetivo de reduzir as perdas com o arroz vermelho, podendo-se citar: modificações na forma de semeadura, densidade e espaçamento; rotação de culturas; pousio; e utilização da biomassa do arroz vermelho como pastagem, antes da formação de sementes, o que impede a reinfestação do solo (CENTENO et al., 1991a; MENEZES, 1996; MARCHEZAN, 2001).

No RS, experimentos com arroz vermelho demonstraram a necessidade da determinação do melhor momento de corte quando se objetiva a maximização da produção e qualidade forrageira desta espécie, além de apontarem para diferenças produtivas e qualitativas entre biótipos de casca cla-

ra e de casca preta (CENTENO et al., 1991a; CENTENO et al., 1991b). Considerável atenção também deve ser dada às relações entre densidade de plantas e produção vegetal, pois as respostas quanto à produção de forragem ou grãos em função da densidade de plantas, além das variações nas condições ambientais, são conseqüências das relações existentes entre as plantas que se estabeleceram (HARPER, 1977). Levantamento realizado pelo Instituto Riograndense do Arroz (IRGA) concluiu que em algumas áreas de produção podem ocorrer mais de 1000 sementes de arroz vermelho/m² (SCHERER, 1987). Embora, devido à dormência (PETRINI et al., 1998) estas sementes não germinem todas ao mesmo tempo, tais níveis poderiam ser limitantes da produção forrageira, em função da alta competição entre as plantas.

No Brasil, trabalhos que visem a utilização do arroz vermelho como planta forrageira são de pouca expressão. Assim, com objetivo de avaliar os efeitos de diferentes densidades de sementes no solo, manejos de corte e biótipos sobre a produção e a qualidade da forragem do arroz vermelho (*Oryza sativa* L.), desenvolveu-se o presente trabalho.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no período de 23 de janeiro (semeadura) à 23 de maio de 1990 (realização do último corte), em área da Estação Experimental Terras Baixas/Embrapa Clima Temperado, Capão do Leão, RS, na região fisiográfica denominada Litoral Sul, situada a 31° 52' de latitude sul e 52° 29' de longitude oeste. O clima predominante na região é do tipo Cfa, segundo a classificação de Köppen (MORENO, 1961). O solo da área experimental é classificado como Planossolo Hidromórfico eutrófico distrófico, unidade de mapeamento Pelotas (EMBRAPA, 1999). O solo foi preparado de forma convencional para a lavoura do arroz irrigado com aração e gradagens, sendo adubado conforme as recomendações da Comissão de Fertilidade do Solo – RS/SC para a cultura do

arroz irrigado, e semeado com sementes de arroz vermelho provenientes de lavouras da localidade Pacheca, município de Camaquã, simultaneamente a lanço, com posterior incorporação através de gradagem leve em 23/01/1990.

Os tratamentos foram: A) Dois biótipos de arroz vermelho: casca clara (CC) e casca preta (CP); B) Dois manejos de corte: dois cortes no estágio vegetativo (67 e 120 dias após a semeadura) e um corte no estágio reprodutivo (105 dias após a semeadura), ambos com resíduo de cinco centímetros; e C) Cinco densidades de sementes no solo - DSS: 50, 150, 250, 350 e 450 sementes puras viáveis/m². Utilizou-se um delineamento experimental de blocos casualizados com parcelas sub-divididas e quatro repetições, sendo as combinações biótipo x estágio alocadas às parcelas principais e as densidades de sementes no solo às sub-parcelas, estas com área útil de 15 m².

Foram analisados o rendimento de massa seca (MS); percentual de proteína bruta e digestibilidade "IN SITU" da MS. Estas últimas, realizadas somente em função dos efeitos de biótipo e época de corte.

Após o corte, a forragem da área útil era pesada para determinação da massa verde. Uma amostra de aproximadamente 1 kg era colocada em estufa a 65°C com circulação de ar forçado para determinação da MS, sendo posteriormente moída em moinho tipo Willey com peneira de 1,0 mm para determinação das características qualitativas da forragem.

O percentual de proteína bruta foi determinado a partir do teor de nitrogênio total, obtido pelo método Kjeldahl (AOAC, 1965), multiplicado pelo fator 6,25. A digestibilidade da MS foi determinada através da técnica dos sacos de nylon (LOWREY, 1970). Para tal determinação foi utilizado um macho bovino da raça Jersey, com idade entre 4 e 5 anos, fistulado no rúmen. Durante o período experimental, o animal foi mantido em uma área de 0,5 ha com vegetação rasteira, onde predominavam gramíneas, recebendo água "ad libitum". Para adaptação anterior ao período experimental, o animal permaneceu neste mesmo local por um período de 10 dias. Antes de serem

colocados os sacos com as amostras o animal passava por jejum de 12 horas. Os sacos, contendo 1,0 g de forragem de arroz vermelho seca, foram confeccionados com nylon acetinado, de malha fina (108 furos/cm, tramas de 50 pontos/cm e diâmetro entre 18-32 mm) nas dimensões de 5,0 x 7,0 cm, e foram lacrados com fio de nylon de 0,40 mm de diâmetro. Foram então colocados no saco ventral do rumem permanecendo presos à tampa da fístula por um fio de nylon de 1,5 m. Após 48 horas foram removidos, lavados sob água corrente durante 30 minutos e secos em estufa a 60°C com ventilação forçada. Os conteúdos foram então pesados para determinar a perda de matéria seca.

As variáveis foram submetidas à análise de variância, sendo os efeitos dos biótipos e manejos de corte analisados por comparação de médias (Duncan, P<0,05) e os efeitos da densidade de sementes no solo por regressão polinomial.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância da produção de massa seca mostrou significância estatística para densidades de sementes no solo - DSS (P<0,01) e interação biótipo x manejo (P<0,05). Na TABELA 1 verifica-se que no estágio vegetativo o biótipo de casca preta (CP) produziu aproximadamente 17% a mais do que o biótipo de casca clara (CC), enquanto que no estágio de floração não houve diferenças significativas entre os biótipos. Também pode-se evidenciar a superioridade de produção de MS quando é realizado um único corte no estágio de floração comparado à realização de dois cortes no estágio vegetativo, embora esta diferença seja mais pronunciada no biótipo CC.

A maior produção de MS do biótipo CP no estágio vegetativo pode estar associada à sua maior capacidade de afilamento e ao seu menor ciclo (PEDROSO, 1985; CENTENO et al., 1991b). A produção de forragem em determinada época de colheita é função da taxa de acumulação de matéria seca e depende diretamente do índice de área foliar

TABELA 1 . Rendimento de massa seca (kg/ha) de arroz vermelho (*Oryza sativa* L.) em função do biótipo e manejo de cortes

Manejo de cortes	Biótipo	
	Manejo de cortes	Biótipo
Vegetativo ⁽²⁾	4050 Ba	3466 Bb
Floração ⁽¹⁾	5889 Aa	5814 Aa

Médias seguidas da mesma letra, minúscula nas linhas e maiúsculas nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Duncan (P < 0,05). ⁽¹⁾ N° de cortes.

(IAF). Sendo este índice influenciado pela capacidade de afilhamento, poder-se-á obter maior crescimento com cultivares mais afilhadoras. (PUCKRIDGE e RATKOWSKY, 1971; STONE e STEINMETZ, 1979).

A maior produção de MS obtida no estágio de floração em ambos os biótipos ocorreu devido ao processo natural de acumulação de biomassa, o qual é reflexo do crescimento de caules e folhas e do perfilhamento. Em diversas espécies de gramíneas forrageiras outros autores também obtiveram maior produção de forragem quando os cortes foram realizados em estádios mais avançados (ALVIM et al., 1998; GONÇALVES et al., 2001a), sendo estas evidências válidas também para a espécie *Oryza sativa* L. (HARA et al., 1987). A não existência de diferença de produção entre os biótipos neste estágio pode ser atribuída a um aumento na competição entre plantas do biótipo CP, o que ocasionaria redução na taxa de crescimento e, ao seu ciclo mais curto, o que o levaria a paralisação mais precoce do crescimento.

Na relação entre produção total de MS e DSS (FIGURA 1) é possível constatar que, embora a maior produção de MS (5778 kg) tenha ocorrido na DSS de 429 sementes/m², os maiores incrementos nesta variável deram-se no intervalo de 50 – 250 sementes/m², mostrando após este nível, uma tendência de estabilização. Isto ocorre porque a produção de MS aumenta com o acréscimo na densidade de plantas até um ponto máximo, a partir do qual estabiliza-se. Após atingir o IAF ótimo, nas populações mais densas, devido ao sombreamento

das folhas inferiores, o balanço fotossíntese-respiração pode tornar-se negativo, o qual aliado ao aumento da competição entre plantas leva à redução na taxa de crescimento (DONALD, 1951). De acordo com HARPER (1977), conforme aumenta a densidade de sementes no solo, menor é a chance de uma semente originar uma planta. Tal fato faz com que a densidade de plantas se mantenha dentro de limites mais favoráveis ao desenvolvimento vegetal.

As análises de variância do percentual de proteína bruta e de digestibilidade da MS mostraram significância estatística, respectivamente, para a interação biótipo x manejo de cortes (P < 0,05) e manejo de cortes (P < 0,01). Na TABELA 2 pode-se verificar os valores de PB encontrados, os quais, embora baixos, estão de acordo com os obtidos por CENTENO et al. (1991a) em arroz vermelho e por MONKS et al. (2002) em rebrotes de arroz comercial utilizados como forragem. Os percentuais obtidos no estágio vegetativo apresentaram-se maiores no biótipo de casca preta (CP) do que no de casca clara (CC), não havendo diferenças significativas no estágio de floração, o que indica maior queda no teor deste elemento com o avanço do desenvolvimento das plantas no biótipo CP (0,068%/dia) do que do biótipo CC (0,036%/dia). A redução do percentual de PB no corte efetuado no estágio de floração é normal, uma vez que à medida que as plantas atingem estádios mais avançados de desenvolvimento ocorre diminuição da relação folha/caule e

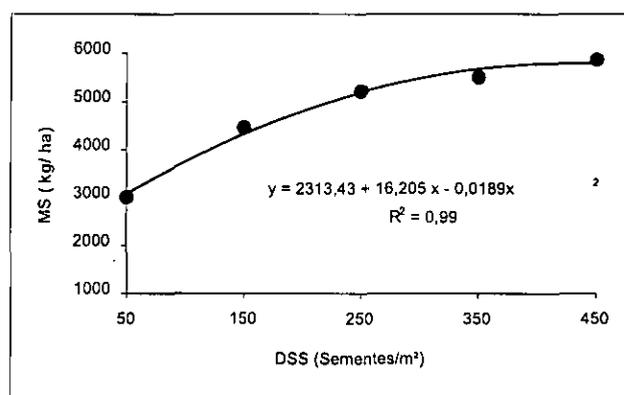


FIGURA 1 . Relação entre rendimento de massa seca e densidade de sementes de arroz vermelho (*Oryza sativa* L.) no solo

aumento na percentagem de folhas mortas, o que reduz o teor de PB e outros componentes mais digestíveis do material colhido (GONÇALVES et al., 2001a; TAMASSIA et al., 2001).

Ocorreu redução da digestibilidade da MS quando o corte foi realizado no estágio de floração (TABELA 2). Ou seja, como nas demais espécies, com o avanço da idade da planta ocorre redução da digestibilidade. Segundo VAN SOEST (1994), com o avanço da idade, as forrageiras apresentam maiores quantidades de MS com baixos teores de PB e de energia disponíveis e, conseqüentemente, altos conteúdos de parede celular, o que reduz a digestibilidade das mesmas. Reduções nos percentuais de PB e digestibilidade da MS com o avanço das épocas de colheita também foram encontrados por GONÇALVES et al. (2001a) e por GONÇALVES et al. (2001b) em gramíneas do gênero *Cynodon* e por TAMASSIA et al. (2001) em capim de rhodes (*Chloris gayana*).

Neste trabalho constataram-se baixas produções de MS de arroz vermelho, além de baixos teores de PB e digestibilidade. Deve-se ressaltar que a forragem originou-se de uma pastagem surgida espontaneamente sem qualquer investimento de capital. O consumo dessa forragem contribui para o controle da invasora, pelo impedimento da ressemeadura natural, diminuindo a infestação do solo. A conjugação destes fatos viabilizam a utilização do arroz vermelho na alimentação animal.

Tabela 2 . Percentual de proteína bruta e digestibilidade da massa seca de arroz vermelho (*Oryza sativa* L.).

Manejo de cortes	Biótipo		Digestibilidade média dos biótipos
	Casca Preta	Casca Clara	
Vegetativo	7,68 Aa	6,44 Ab	55 A
Floração	5,08 Ba	5,08 Ba	48 B

Médias seguidas da mesma letra, maiúsculas nas colunas e minúscula nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Duncan (P < 0,05).

CONCLUSÕES

1. Maior rendimento forrageiro é obtido com corte único no estágio de floração.
2. A densidade de sementes no solo influencia o máximo rendimento de forragem.
3. Percentuais mais elevados de proteína bruta e digestibilidade da MS são obtidos com cortes realizados no estágio vegetativo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVIM, M.J.; XAVIER, D.F.; BOTREL, M.A. Resposta do coast-cross (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.) a diferentes doses de nitrogênio e intervalos de cortes. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.27, n.5, p. 833-840, 1998.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALITICAL CHEMISTS – AOAC. *Official methods of analysis*. 12.ed. Washington: D.C., 1965. 1094p.
- AVILA, L.A.; MARCHEZAN, E.; SOUTO, J. da S.; SIQUEIRA, C. do A. Interferência do arroz vermelho sobre o arroz irrigado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 1., REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 23., 1999, Pelotas. *Anais...* Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 1999. p. 594-595.
- CENTENO, G. A.; MONKS, P. L.; BITENCOURT JR, D.; SILVA, E. M. da; INFELD, L.A. Comportamento de dois biótipos de arroz vermelho submetidos a diferentes regimes de corte. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 28., 1991, João Pessoa. *Anais ...* João Pessoa: SBZ, 1991a. p. 80.
- CENTENO, G. A.; MONKS, P. L.; BITENCOURT JR, D.; SILVA, E. M. da; INFELD, L.A. Comportamento do arroz vermelho (*Oryza sativa* L.) sob diferentes teores de umidade do solo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 28., 1991, João Pessoa. *Anais ...* João Pessoa: SBZ, 1991b. p. 81
- DONALD, C. M. Competition among pasture plants I. Intraspecific competition among annual pasture plants. *Australian Journal of Agricultural Research*, Melbourne, v.2, p.344-76, 1951.
- EMBRAPA. Centro Nacional Pesquisa de Solos. *Sistema brasileiro de classificação de Solos*. Brasília: EMBRAPA - SPI, 1999. 412p.
- GONÇALVES, G. D.; SANTOS, G. T. dos; CECATO, U.; JOBIM, C. C.; DAMASCENO, J. C.; FARIA, K. P. Estimativas

- de produção e valor nutritivo de gramíneas do gênero *cynodon* em diferentes idades ao corte colhidas no outono. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001a, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: FEALQ-SBZ, 2001a. CD-ROOM.
- GONÇALVES, G. D.; SANTOS, G. T. dos; DAMASCENO, J. C.; CECATO, U.; JOBIM, C. C.; ZEOULA, L. M.; MODESTO, E. C. Determinação do consumo e da digestibilidade dos fenos de tifton 85 em diferentes idades ao corte. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001b, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: FEALQ-SBZ, 2001b. CD-ROOM.
- HARA, S.; EGAWA, I.; ITOH, S.; DEOKA, K.; BANDO, T.; OKAMOTTO, M. Feeding value of whole crop silage at various growth stages of rice plants in Hokkaido. *Herbage Abstract*, Hurley, v. 57, n. 5, p. 864, 1987.
- HARPER, J. L. *Population biology of plants*. London: Academic Press, 1977. 891 p.
- KWON, S. L.; SMITH JR. R. J.; TALBERT, R. E. Interference durations of red rice (*Oryza sativa*) in rice (*Oryza sativa*). *Weed Technology*, Lawrence, v. 5, p. 811-816, 1991.
- LOWREY, R. S. The nylon bag technique for the estimation of forage quality. In: NATIONAL CONFERENCE ON FORAGE QUALITY EVOLUTION ON UTILIZATION, 1970, Nebraska. *Proceedings...* Nebraska: Nebraska Center for Continuing Education, 1970. p. 58-67.
- MARCHEZAN, E.; CORADINI, J. Z.; ÁVILA, L. A.; SEGABINAZZI, T. Eficiência da avaliação do banco de sementes na predição da infestação por arroz vermelho e rendimento de grãos do arroz irrigado após dois anos de rotação de cultura e pousio do solo. *Revista Brasileira de Agrociência*, Pelotas, v. 7, n. 1, p. 15-17, 2001.
- MENEZES, V. G.; SILVA, P. R. F. da; DELATORRE, C. A. Dormência em sementes de biótipos de arroz vermelho. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: FEALQ-SBZ, 2001. CD-ROOM.
- NIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 21., 1996. Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre: IRGA, 1996. p. 268-271.
- MONKS, P. L.; FERREIRA, O. G. L.; GOULART, E. Q.; TERRES, A. L. S. Potencial forrageiro do arroz irrigado (*Oryza sativa* L.) após a colheita dos grãos. *Revista Brasileira de Agrociência*, Pelotas, v. 8, n. 1, p. 67-70, 2002.
- MORENO, J. A. *Clima do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura do Rio Grande do Sul, 1961. 42 p.
- PEDROSO, B. A. Biologia e importância do arroz vermelho. *Lavoura Arrozeira*, Porto Alegre, v.38, p. 37-39, 1985.
- PETRINI, J. A.; FRANCO D. F.; SCARIOT R. e SILVA G. F. Manejo para redução do banco de sementes de arroz vermelho do solo. Pelotas: Embrapa, 1998. 8p. (Comunicado técnico, 19)
- PUCKRIDGE D. W.; RATKOWSKY, D. A. Photosynthesis of wheat under field conditions. IV- The influence of density and leaf area index on the response to radiation. *Australian Journal of Agricultural Research*, Melbourne, v. 22, n. 1, p. 11-20, 1971.
- SCHERER, C.H. Diagnóstico do arroz vermelho no Rio Grande do Sul. *Lavoura Arrozeira*, Porto Alegre, v. 40, p. 10-11, 1987.
- STONE, L. F.; STEINMETZ, S. Índice de área foliar e adubação nitrogenada em arroz. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. Brasília, v. 14, n. 1, p. 25-28, 1979.
- TAMASSIA, L. F. M.; HADDAD, C. M.; SUGISAWA, L. Composição bromatológica e digestibilidade *in vitro* do capim de rhodes (*Chloris gayana* Kunth.) em diferentes idades. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: FEALQ-SBZ, 2001. CD-ROOM.
- VAN SOEST, P.J. *Nutritional ecology of the ruminant*. 2.ed. London: Constock Publishing Associates, 1994. 476p._

SEÇÃO: VETERINÁRIA

OTIMIZAÇÃO DA PRODUÇÃO DE LEITE EM FUNÇÃO DA QUALIDADE DOS ALIMENTOS NAS CONDIÇÕES DO NOROESTE DO RS

DAVID BASSO¹, BENEDITO SILVA NETO², JORGE LUIZ BERTO²

RESUMO - Este trabalho busca fornecer elementos para a compreensão da racionalidade que orienta grande parte dos produtores familiares que se envolvem com a produção de leite. Através de modelos de programação matemática constatou-se que para sistemas de alimentação onde as forragens apresentavam baixa, média ou alta qualidade (de acordo com a concentração de energia e proteína dos alimentos, considerados isoladamente), a média anual dos rendimentos leiteiros que otimiza os resultados econômicos varia de 10 a 15 litros/vaca/dia. Observou-se que os rendimentos físicos obtidos pela otimização dos sistemas de alimentação, mesmo com alimentos de alta qualidade oferecidos nos períodos mais favoráveis do ano, foram sempre inferiores a 18 litros/vaca/dia. Pode-se concluir, portanto, que a adoção de sistemas de produção menos intensivos, em termos de rendimentos físicos por animal, pode resultar mais de um comportamento economicamente racional por parte dos agricultores, do que de uma eventual postura contrária ao progresso técnico.

Palavras-chave: rendimento leiteiro, alimentação de gado leiteiro, racionalidade dos agricultores.

MILK PRODUCTION OPTIMIZATION CONSIDERING THE FOOD QUALITY IN THE RIO GRANDE DO SUL CONDITIONS

ABSTRACT - This study aims to understand the rationality that orients a large part of familial producers, who are involved in the production of milk, that adopt this technological standard in their production systems. A mathematical programming model was devised for feeding systems considering forages with low, medium and high contents of energy and protein. It was verified that the milk production which optimize the economic results for the farmers vary from 10 to 15 liters of milk per cow/day. It was observed that the milk production obtained by the optimization of the feeding systems was always lower than 18 liters per cow/day. Based on the simulations that were carried out, it can be concluded that the adoption of less intensive technological standards is more the result of a deliberate economic rationality of the farmers than an eventual posture against the adoption of technical progress.

Key words: milk production, dairy cattle feeding, farmers' rationality.

¹Professor do Departamento de Economia e Contabilidade da UNIJUÍ (davidbasso@terra.com.br)

²Professores do Departamento de Estudos Agrários da UNIJUÍ (bsneto@unijui.tche.br)

Recebido para publicação em 24-08-2002

INTRODUÇÃO

Dados recentes estimam que o rendimento leiteiro médio no Brasil é de 1343 quilos por cabeça/ano, enquanto que países vizinhos, como a Argentina e o Chile, alcançam médias superiores a 3600 quilos por cabeça e nos países da União Européia e da América do Norte o rendimento médio por cabeça é superior a 5000 quilos por ano (ANUÁRIO MILKBISS 1999-2000). Segundo a mesma fonte, aproximadamente 1,2 milhões de propriedades dedicavam-se à produção de leite no Brasil no final dos anos 90, sendo que dessas, cerca de 480 mil entregam leite para laticínios sob inspeção e apenas 43 mil podem ser considerados como produtores especializados de leite.

Se existe consenso de que o rendimento leiteiro no Brasil é baixo e precisa melhorar, não há consenso quanto à forma e quanto às metas a serem buscadas. Para muitos, especialmente aqueles que seguem as estratégias da indústria de laticínios, que exige dos produtores a entrega de quantidades diárias cada vez maiores, o caminho natural para a elevação dos rendimentos leiteiros deveria inspirar-se na busca de rendimentos físicos potenciais comparáveis aos obtidos nos países do primeiro mundo, relacionando-os com a qualidade dos animais e/ou a qualidade da alimentação.

As experiências mostradas como exemplares normalmente evidenciam unidades de produção cujos rendimentos médios superam os vinte litros diários por vaca e volumes elevados de venda diária de leite. A especialização é hegemonicamente anunciada como o caminho natural para os produtores de leite (BASSO e SILVA NETO, 1999).

Entretanto, a dinâmica da agricultura no noroeste gaúcho, que não deve ser muito diferente da situação da agricultura brasileira como um todo, mostra um grande número de unidades de produção nas quais o leite é apenas uma das várias atividades desenvolvidas pelos agricultores, sendo que muitas delas não teriam como se especializar como produtoras de leite (SILVA NETO et al., 1997; 1998). Por isso, é importante que tal hegemonia seja

relativizada, destacando-se que a atividade leiteira entra de diferentes formas na definição dos sistemas de produção praticados pelos agricultores.

Contrariamente às crescentes exigências dos laticínios e ao otimismo exagerado de alguns técnicos vinculados à pecuária leiteira quanto à profissionalização e qualificação dos produtores, a racionalidade da maioria dos agricultores pode recomendar a manutenção de sistemas de cultivo e sistemas de criação relativamente modestos em termos de rendimento leiteiro.

Dada a importância do leite para a garantia da reprodução social de um grande número de produtores não especializados (BASSO e SILVA NETO, 1999), é importante que se passe a considerar cada vez mais a prática efetiva dos agricultores e, mais especificamente, a confrontação dos rendimentos físicos com os rendimentos econômico-financeiros que os diferentes sistemas podem proporcionar, confrontando-se o ponto de vista dos vários agentes envolvidos.

Um dos fatores mais importantes para a determinação do rendimento de leite de uma vaca é a qualidade dos alimentos em relação ao seu conteúdo de energia e proteína. Dada uma capacidade de ingestão limitada, quanto maior o teor de energia e proteína presente nos alimentos fornecidos aos animais, maior será o rendimento leiteiro potencial. Como a qualidade dos alimentos fornecidos ao gado leiteiro no noroeste gaúcho pode apresentar uma ampla variação, isto pode ajudar a explicar as diferenças de rendimento observadas.

Neste trabalho pretende-se fornecer elementos que contribuam para a compreensão da racionalidade dos produtores de leite através da análise dos rendimentos físicos e econômicos na pecuária leiteira a partir da qualidade dos alimentos fornecidos ao rebanho.

A expectativa é de que os resultados deste trabalho possam subsidiar os agentes responsáveis pela formulação de políticas e de projetos de desenvolvimento agrícola relacionados à produção de leite.

MATERIAL E MÉTODOS

A otimização do resultado econômico, da dimensão do rebanho e do rendimento de leite por vaca foi avaliada frente à qualidade e aos custos dos alimentos normalmente presentes nos sistemas de criação leiteiros na região noroeste do Rio Grande do Sul. Para isto foi elaborado um modelo de programação não linear misto, tendo sido utilizado o software LINGO (SCHRAGE, 1998).

A margem de contribuição foi a medida de resultado econômico maximizada. Ela envolve o valor bruto da produção, menos as despesas diretas necessárias para garantir a produção obtida. O valor bruto da produção depende da produção de leite e do descarte de animais. O preço considerado para o leite foi de R\$ 0,22 por litro para os volumes produzidos dentro da cota e de R\$ 0,12 por litro produzido além da cota; o preço da carne referente ao descarte de animais com peso médio de 450 quilos foi de R\$ 0,80 o quilo do animal vivo (todos os preços refletem valores médios de 1999). As despesas diretas envolvem os gastos com a alimentação, medicamentos e tratamentos dos animais. Os gastos de estrutura não foram considerados nas simulações e, por consequência, a margem de contribuição ou o resultado econômico não representa o resultado líquido para os produtores, mas apenas o que a produção de leite adicionaria ao resultado da unidade de produção.

Exceto para a ração comprada pronta, para a qual não foram consideradas variações na qualidade, as simulações consideraram alimentos (pastagens, silagem, farelo de soja e grãos de milho) de baixa, média e elevada qualidade, tendo por base os indicadores levantados por FREITAS et al. (1994), que apresenta, dentre outras, informações de teores de energia metabolizada e proteína bruta média a partir de trabalhos de campo conduzidos pela EPAGRI - Empresa de Pesquisa Agropecuária de Santa Catarina. Os teores médios menos o desvio padrão indica a qualidade baixa, enquanto que os teores médios mais o desvio padrão indica a qualidade elevada dos diferentes tipos de alimentos selecionados

e incluídos no modelo simulado. As referências dos rendimentos médios de matéria seca por hectare das diferentes culturas forrageiras levou em conta as referências técnicas existentes na literatura disponível, as quais foram cotejadas com as evidências levantadas a campo em trabalhos desenvolvidos no âmbito do Programa Sistemas Agrários e Desenvolvimento do Departamento de Estudos Agrários da UNIJUÍ (SILVA NETO et al., 1997; SILVA NETO et al., 1998). A Tabela 1 apresenta as referências de rendimento de matéria seca (MS), de energia metabolizada (EM) e de proteína bruta (PB) utilizadas no modelo de otimização para os diferentes tipos de alimentos.

Cada um dos três modelos elaborados foi composto de 235 variáveis, sendo uma binária e duas não lineares, e 173 restrições, das quais 12 não-lineares, as quais são resumidamente descritas nos parágrafos seguintes onde se explicita os componentes da função objetivo e dos principais grupos de restrições. A variável binária refere-se a presença ou ausência de silagem na dieta que, multiplicada pelo número de vacas em lactação, torna ativa ou não, conforme assumo valor um ou zero, as restrições relacionadas a dose mínima de silagem por vaca a ser fornecida a cada mês. Quanto às duas variáveis não-lineares, uma refere-se à presença ou ausência de silagem e a outra as vacas em lactação. As 12 restrições não-lineares estão relacionadas à dose mínima de silagem para as vacas em lactação em cada um dos meses do ano.

A função objetivo dos modelos buscou a maximização do resultado econômico da produção de leite. O resultado econômico expresso pela função objetivo considera positivamente a quantidade e o preço do leite produzido e da carne proveniente de animais descartados para a estabilização do rebanho, subtraindo-se o custo com os animais (inseminação, medicamentos, sal...) e o custo dos alimentos que vierem a integrar o sistema de criação. As informações econômicas foram levantadas em trabalhos de campo ao longo dos últimos cinco anos (SILVA NETO et al., 1997; SILVA NETO et al., 1998).

Tabela 1. Disponibilidade de Energia e Proteína por tonelada de Matéria Seca (MS) para diferentes tipos e níveis de qualidade de alimentos para gado de leite.

TIPO DE ALIMENTO	Rendimento (Ton. MS/Ha)	Proteína Bruta (g/kg MS)				Energia Metabolizada (kcal/kg MS)			
		Desvio padrão	Média qualidade	Baixa qualidade	Elevada qualidade	Desvio padrão	Média qualidade	Baixa qualidade	Elevada qualidade
MILHETO VERÃO	6	48,10	157,50	109,40	205,60	166,70	2310,20	2143,50	2476,90
MILHETO OUTONO	6	38,90	98,00	59,10	136,90	317,86	1973,53	1655,67	2291,39
CAPIM SUDÃO PRIMAVERA	5	9,60	206,50	196,90	216,10	168,99	2312,73	2143,74	2481,72
CAPIM SUDÃO VERÃO	5	9,60	108,60	99,00	118,20	168,99	1769,20	1600,21	1938,19
AVEIA INVERNO	2	44,50	216,30	171,80	260,80	283,26	2529,83	2246,57	2813,09
AVEIA PRIMAVERA	2	47,70	169,50	121,80	217,20	301,11	2466,18	2165,07	2767,29
AZEVEM INVERNO	3	55,70	232,70	177,00	288,40	269,96	2499,99	2230,03	2769,95
AZEVÉM PRIMAVERA	3	49,60	172,80	123,20	222,40	249,56	2555,07	2305,51	2804,63
CANA VERÃO	2	5,50	50,07	44,57	55,57	325,45	1740,72	1415,27	2066,17
CANA OUTONO	2	3,40	54,90	51,50	58,30	247,85	1696,61	1448,76	1944,46
CANA INVERNO	2	18,00	27,10	9,10	45,10	307,95	2178,30	1870,35	2486,25
CANA PRIMAVERA	2	18,00	45,50	27,50	63,50	234,99	1856,10	1621,11	2091,09
POTREIRO VERÃO	2	16,70	81,10	64,40	97,80	298,85	1487,31	1188,46	1786,16
POTREIRO OUTONO	2	15,90	76,00	60,10	91,90	264,17	1168,47	904,30	1432,64
POTREIRO INVERNO	2	21,80	77,90	56,10	99,70	348,78	1055,36	706,58	1404,14
POTREIRO PRIMAVERA	2	25,10	92,70	67,60	117,80	446,55	1514,23	1067,68	1960,78
SILAGEM MILHO	8	16,10	67,20	51,10	83,30	212,40	2186,09	1973,69	2398,49
MILHO GRÃO	3	22,40	110,80	88,40	133,20	137,56	3245,76	3108,20	3383,32
FARELO DE TRIGO		32,40	201,80	169,40	234,20	344,96	2455,93	2110,97	2800,89
FARELO DE SOJA		54,50	508,80	454,30	563,30	121,89	2907,89	2786,00	3029,78
RAÇÃO VACA LEITE *		0,00	160,00	160,00	160,00	0,00	2600,00	2600,00	2600,00

Fonte: FREITAS et al., 1994 (EPAGRI/SC).

* Observação: Não foram consideradas variações na qualidade da ração comercial (RAÇÃO VACA LEITE).

A maximização foi submetida aos seguintes grupos de restrições:

- Restrições de área agrícola (verão e inverno): foi considerado para as três situações uma superfície agrícola útil disponível para a pecuária de leite de dez hectares. No período de verão, esta área total deve ser maior ou igual à área cultivada com milho para silagem, milho para grão, milheto, capim sudão, cana e potreiro. No inverno, a soma das áreas cultivadas com aveia, azevém, capim sudão, milho para grão e potreiro deve ser menor ou igual à área total;

- Restrições de energia e proteína (para cada mês do ano): a quantidade de energia e proteína necessárias para a manutenção das vacas em lactação e para os animais não produtivos, mais a quantidade de energia e proteína necessárias para a produção de leite deve ser menor do que a quantidade disponível a partir do sistema de alimentação proposto na solução. Salientamos que todas as restrições relacionadas à manutenção das vacas em lactação e a produção de leite foram modeladas separadamente das restrições relativas aos animais não produtivos, o mesmo ocorrendo entre a energia e a proteína.

- Restrições de capacidade de ingestão das vacas em produção e dos animais não produtivos (para cada mês): devido à baixa densidade de matéria seca observada nas pastagens da região, das grandes variações da sua qualidade ao longo do ciclo e das variações da ingestão ao longo do ciclo reprodutivo das vacas, condiciona-se no modelo que os animais têm uma capacidade de ingerir uma quantidade de matéria seca equivalente a 2,5% do seu peso vivo (AROEIRA, 1997; BERTO, 2000);

- Restrições de ingestão de volumosos e concentrados pelas vacas em produção e pelos animais não produtivos (para cada mês): a alimentação dos animais à base de alimentos concentrados (grãos, ração, farelos...) deve ser fornecida de forma controlada, pois este tipo de alimento, quando fornecido em quantidade elevada, pode provocar tanto problemas de saúde dos animais, quanto problemas relacionados à diminuição do teor de gordura do leite e de diminuição da capacidade de ingestão dos animais, resultando numa queda da produção de leite

(NOCEK, 1997). Frente a isso, o modelo considera que, do total de matéria seca dos alimentos ingeridos, no mínimo 50% deve ser de volumosos.

- Restrições de distribuição controlada de silagem para as vacas em produção (para cada mês): se o sistema inclui a silagem, então o modelo impõe um suprimento mínimo diário, mesmo que possa ocorrer em determinados períodos um pequeno excesso de oferta de energia e/ou proteína, isso para garantir que não haja mudanças repentinas e drásticas no ambiente ruminal. Tais mudanças podem provocar uma redução da população de microorganismos e diminuição da digestibilidade ruminal por um período considerável, podendo afetar sensivelmente a produção e a saúde dos animais (NRC, 1989). A modelagem deste bloco de restrições implicou na introdução de uma variável binária (que indica a presença ou não de silagem) e de não linearidades no modelo (para distinguir a produção de leite com silagem da produção de leite sem silagem).

- Restrições de controle de leite extra-cota: as empresas da região normalmente calculam uma cota durante os meses de março a julho, sendo que a média de leite entregue à indústria neste período define a quantidade de leite que terá remuneração normal para os meses restantes do ano. O volume que ultrapassar aquela quantidade média (leite extra-cota) tem um pagamento de aproximadamente a metade do preço normal;

- Restrições de ligação da área total e da área utilizada com pastagens: a área total de cada cultura forrageira é a mesma para todos os meses do seu ciclo de vida, podendo esta área ser utilizada pelas vacas em produção e/ou animais não produtivos. A quantidade de matéria seca disponível, no entanto, depende da curva de produção de cada cultura ao longo do seu ciclo. No caso de culturas que podem ser armazenadas e oferecidas aos animais ao longo do ano, como é caso da silagem e do milho grão, a soma das áreas mensais correspondentes as quantidades demandadas não pode ser maior do que a área total destas culturas. Isto vale também para a relação entre a distribuição mensal e o total de alimentos comprados.

A superfície agrícola útil foi fixada no modelo baseando-se no fato da grande maioria dos produtores de leite do noroeste do Estado serem pequenos agricultores. Os rendimentos de matéria seca foram estimados a partir dos rendimentos médios das culturas forrageiras, levantados a partir de observações a campo e entrevistas com agricultores e técnicos da região. A averiguação da influência da variação destes elementos no rendimento leiteiro foi feita a partir da parametragem da área e dos rendimentos das alternativas alimentares do rebanho leiteiro.

A inclusão no modelo de outras atividades que podem compor o sistema de produção e de outras restrições, como a necessidade de trabalho, provavelmente alteraria o resultado econômico obtido, assim como as características do sistema de criação. Por isso, é importante destacar que o que se procurou analisar, através dos modelos de programação matemática construídos, foi a coerência entre a dimensão do rebanho, o rendimento leiteiro e o sistema de alimentação, e a influência da qualidade dos alimentos fornecidos aos animais sobre a dimensão do rebanho, o rendimento leiteiro e, por consequência, sobre o resultado econômico.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A simulação do uso de uma área agrícola útil equivalente a dez hectares para o desenvolvimento da atividade leiteira, com alimentos de baixa, média e alta qualidade, evidencia que a qualidade da alimentação afeta o resultado econômico, o rendimento leiteiro, a dimensão do rebanho e o próprio sistema alimentar. A tabela 2 reúne os principais resultados obtidos nas simulações para as três situações estudadas.

A parametragem da área de terra utilizada para a produção de leite e dos rendimentos de matéria seca por hectare das espécies de alimentos considerados no modelo indicou que nem a superfície agrícola útil disponível nem o rendimento das pastagens influenciam na produção de leite por animal. Ou seja, variações na área utilizada ou no rendimento das pasta-

gens, provocam variações no número de vacas e não no volume de leite por vaca.

Por outro lado, a qualidade dos alimentos apresentou uma relação positiva com o resultado econômico. Como se observa na tabela 2, a atividade leiteira pode gerar uma margem de contribuição de R\$ 739,00 por hectare com a utilização de alimentos de baixa qualidade; se os alimentos forem de média qualidade, esta margem de contribuição do leite pode subir para R\$ 1017,00 por hectare, podendo este valor alcançar um valor de R\$ 1325,00 por hectare se os alimentos forem de alta qualidade. Como os preços são constantes, a variação do resultado econômico se deve à variação da produção, tanto de leite, quanto de animais para descarte. A produção de leite depende da quantidade de vacas em lactação e do rendimento físico de leite por vaca.

Como pode se observar na Tabela 2, a qualidade da alimentação afeta tanto a dimensão do rebanho, quanto o rendimento físico de leite por vaca em lactação. Considerando-se uma superfície agrícola útil de 10 hectares e uma alimentação de baixa qualidade, tem-se um rebanho médio em torno de 11 vacas em produção, com um rendimento médio diário próximo a 11 litros por vaca. Para uma mesma superfície agrícola, mas com alimentação de média qualidade, tem-se um rebanho médio em torno de 13 vacas em produção, com um rendimento médio diário próximo a 13 litros por vaca. Já para uma alimentação de alta qualidade, numa mesma área, mantém-se um rebanho médio aproximado de 14 vacas em produção, com um rendimento médio diário próximo a 15 litros por vaca. O efeito da qualidade dos alimentos na delimitação do rebanho e no rendimento médio leiteiro pode ser visualizado também na figura 1.

É importante destacar que estes níveis médios de rendimento, que variam de 11 a 15 litros/vaca/dia, não foram arbitrados. Ao contrário, eles representam a solução do modelo matemático utilizado para a otimização do resultado econômico. A fixação de qualquer rendimento superior aos encontrados na solução, mantidas as restrições impostas, implicaria necessariamente uma diminuição do resultado econô-

Tabela 2. Sistemas de criação de bovinos de leite indicados na solução dos modelos de programação com sistemas de alimentação de baixa, média e alta qualidade.

	BAIXA QUALIDADE	MÉDIA QUALIDADE	ALTA QUALIDADE
Superfície Agrícola Útil (hectares)	10	10	10
Margem de Contribuição do Sistema (R\$)	7.391,10	10.174,01	13.248,40
REBANHO:			
Vacas em Produção	11,3	12,7	13,8
Vacas Secas	4,8	5,5	5,9
Novilhas e terneiras	13,2	14,9	16,1
COMPOSIÇÃO DA PRODUÇÃO			
Leite Normal (litros/ano)	46.038	57.520	72.581
Leite extra-cota (litros/ano)	0	2.080	2.982
Animais de descarte (450 kg)	4,2	4,7	5,1
Produção média de leite por dia (litros)	128	166	210
Produção média por Vaca Lactação /dia (litros)	11,3	13,0	15,2

Fonte: dados extraídos da solução dos modelos de otimização

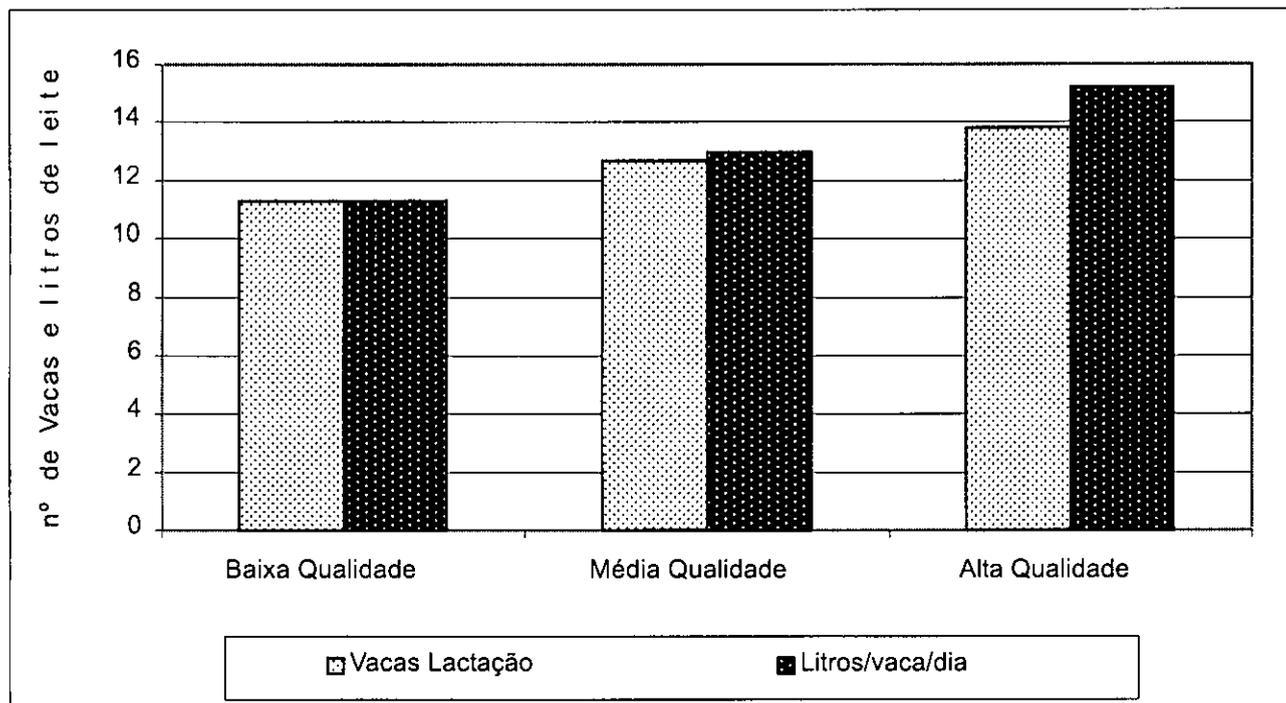


Figura 1. Vacas em lactação e rendimento de leite por vaca em função da qualidade da alimentação

mico. A título de exemplo, a imposição de um rendimento médio anual de 17 litros/vaca/dia para o sistema de média qualidade, em vez dos 13 litros resultantes da otimização, implicaria uma redução da margem de contribuição de R\$ 10.174,01 para R\$ 8.800,28. Da mesma forma, a imposição de um rendimento médio anual de 20 litros para alimentação de alta qualidade, em vez dos 15 litros resultantes da otimização, reduziria a margem de contribuição de R\$ 13.248,40 para R\$ 8.231,90. Além da diminuição dos resultados econômicos, a imposição de rendimento leiteiro acima dos níveis dados pela solução, implicaria também na diminuição do número de animais e, especialmente, do volume total da produção (de 75.563 litros anuais para 53.580 no caso de alimentos de alta qualidade).

O sistema de alimentação deve ajustar-se para poder dar conta da variação no número de animais e no rendimento leiteiro. Como se pode observar na Tabela 3, há uma mudança na composição do sistema alimentar em função da qualidade dos alimentos.

Tabela 3. Composição do sistema de alimentação determinado pela solução dos modelos de otimização para alimentos de Baixa, Média e Alta Qualidade

Tipo de Alimento	Baixa Qualidade	Média Qualidade	Alta Qualidade
Silagem (ha)	4,08	6,36	8,38
Milheto (ha)	5,07	3,64	1,61
Azevém (ha)	9,15	10,00	10,00
Farelo Soja (ton)	3,10	2,20	2,20
Milho grão (ha)	0,85	0,00	0,00

Independentemente da qualidade, o modelo de otimização não inclui na solução, como componentes da alimentação, o potreiro, a aveia, a cana, o capim sudão e a ração pronta. O milho grão, por sua vez, só compõe o sistema alimentar no caso de alimentos de baixa qualidade. Integram o sistema de alimentação, independentemente da qualidade, o milheto como pastagem de verão, o azevém como pastagem de inverno, a silagem como volumoso fornecido ao longo do ano em função das necessidades

e o farelo de soja como alimento concentrado, também fornecido em função da necessidade.

A Tabela 3 indica os componentes e o nível de sua inclusão nas soluções otimizadas pelo modelo. Observa-se que, com a oferta de dietas de melhor qualidade, há uma queda na participação do milheto na dieta das vacas, o qual passa a ser substituído pela silagem de milho. No inverno, o azevém aparece como alimento principal, só estando presente a silagem por ser uma restrição do modelo (Figuras 3, 4 e 5). Os níveis de concentrado nas dietas foram limitados a 2.200 kg nas duas dietas de melhor qualidade dos alimentos. Esse nível baixo de inclusão dos alimentos concentrados indica forte influência sobre o custo de produção. Além disso, os concentrados tornam-se uma opção apenas nos períodos de formação de cota e, neste caso, a dieta com alimentos com menor qualidade apresentam uma solução ótima com níveis mais elevados de concentrados, indicando a importância da formação da cota no resultado econômico para este sistema de alimentação.

O rendimento leiteiro varia ao longo do ano em função da disponibilidade de alimentos e, conforme o caso, em função da necessidade de formação de cota no período de março a julho. A figura 2 demonstra a variação dos rendimentos para as três situações de qualidade da alimentação do rebanho leiteiro. Pode-se observar que em nenhum período do ano e em nenhum sistema de alimentação a solução obtida do modelo de otimização aponta para rendimentos leiteiros maiores do que 18 litros diários de leite por animal.

Do ponto de vista nutricional, seria possível obter rendimentos mais elevados através do aumento de níveis de concentrado na dieta, mas esta opção o modelo indicou ser antieconômica. Outra possibilidade seria flexibilizar a capacidade de ingestão, considerando-se que vacas de maior produção teriam maior capacidade de consumo. Contudo, optou-se por restringir o consumo em 2,5% do peso vivo em função da disponibilidade de volumosos observada na região ser restritiva ao consumo potencial dos animais.

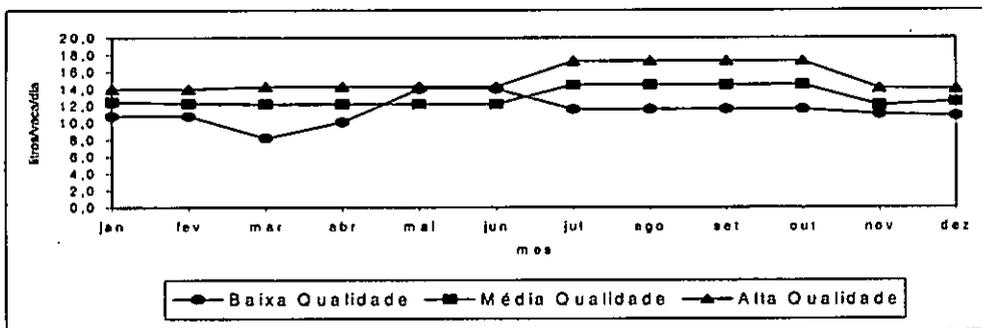


Figura 2. Rendimento médio diário de leite por vaca em lactação ao longo do ano, em função da qualidade da alimentação

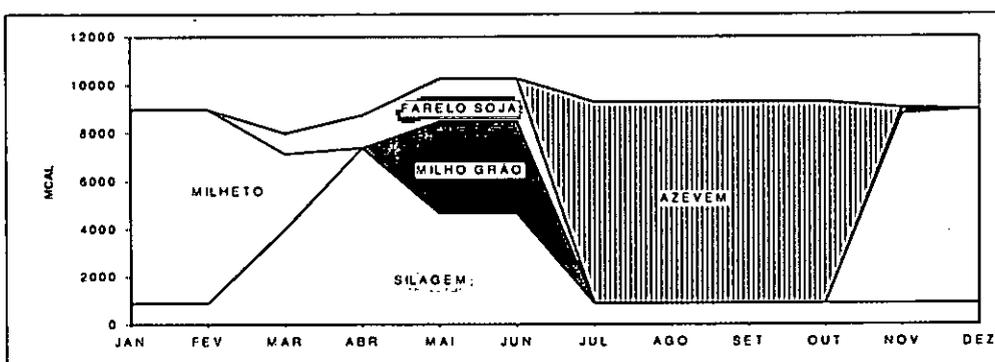


Figura 3. Balanço alimentar para os animais em produção, com alimentos de baixa qualidade

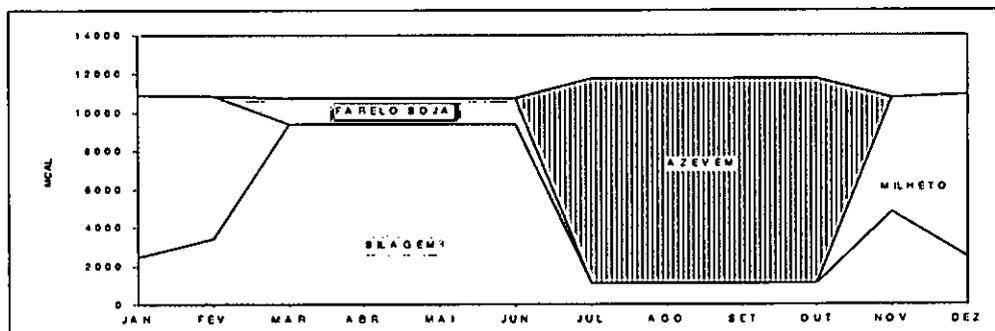


Figura 4. Sistema de alimentação dos animais em produção, com alimentos de média qualidade

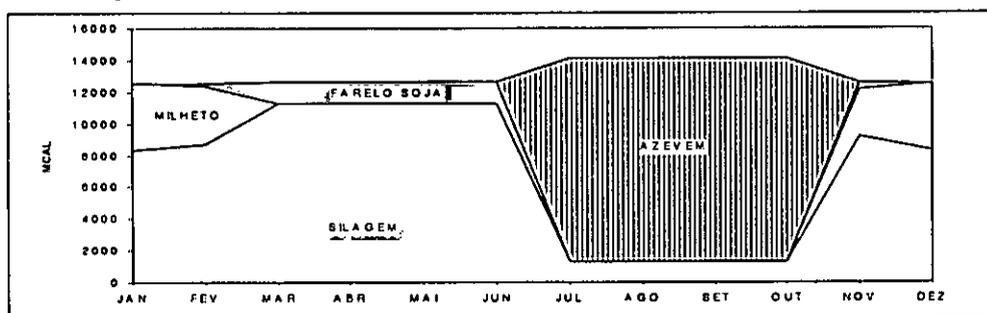


Figura 5. Sistema de alimentação dos animais em produção, com alimentos de alta qualidade

Percebe-se pela Figura 2 que o rendimento leiteiro aumenta no período de julho a outubro, quando são disponibilizadas as forragens de inverno. De novembro a junho os rendimentos normalmente diminuem. O que pode alterar este comportamento do rendimento leiteiro ao longo do ano é a necessidade de formação de cota. Isto fica mais evidente para o caso de alimentação de baixa qualidade, havendo uma elevação dos rendimentos no período de maio e junho para garantir que a produção do período subsequente não seja penalizada por produção extracota. Nos sistemas com alimentação de média ou de alta qualidade, o leite produzido além da cota, cujo preço é cerca de cinquenta por cento mais baixo do que o preço normal pago ao produtor, não chega a ser problema. Ou seja, mesmo que o leite extracota tenha um preço menor, é mais vantajoso produzir e vender nestas condições do que assumir gastos adicionais com alimentos concentrados para aumentar os rendimentos no período de formação de cota, entre março a agosto.

Nos sistemas de criação que utilizam alimentos de baixa qualidade, obtém-se uma produção média diária de 11,3 litros por vaca ao longo do ano. Os menores rendimentos acontecem no período de março e abril, quando a produção média diária por vaca em lactação pode chegar a 8 litros. Os melhores rendimentos acontecem no período que vai de julho a outubro, quando a produção média diária por vaca fica em torno de 12 litros, com exceção de maio e junho, ocasião em que a produção pode chegar a 14,5 litros diários por vaca, condição para formar uma cota suficiente para não haver penalização no preço no período primavera-verão.

Na Figura 3 pode-se visualizar o sistema de alimentação que garante as condições para manter as 11,3 vacas em produção, com os rendimentos leiteiros médios ao longo do ano, com o uso de alimentos de baixa qualidade, apresentados na figura 2.

Observa-se, neste caso, que a base do sistema de alimentação conta com as forragens anuais, com forte presença do milheto (capim italiano) no período do verão e o azevém no período de inverno. A silagem e alimentos concentrados são utilizados no

período de março a junho, quando se esgotam as pastagens de verão e as pastagens de inverno estão ainda em formação e ser este exatamente o período de formação da cota de produção para o período que vai de setembro até fevereiro.

Nos sistemas de criação que utilizam alimentos de média qualidade, obtém-se uma produção média diária de 13 litros por vaca ao longo do ano. Como se pode ver na Figura 2, os menores rendimentos acontecem no período que vai de novembro até junho, quando a produção média diária por vaca em lactação gira em torno de 12 a 13 litros. Os melhores rendimentos acontecem no período que vai de julho a outubro, quando a produção média diária por vaca fica em torno de 14,5 litros.

Na Figura 4 pode-se visualizar o sistema de alimentação que garante as condições para manter em torno de 13 vacas em produção, com o rendimento leiteiro médio ao longo do ano, com o uso de alimentos de média qualidade, conforme apresentado na Figura 2.

Com alimentos de média qualidade, a base do sistema de alimentação no inverno permanece sendo o azevém. A silagem de milho, no entanto, passa a se constituir na base do sistema alimentar no período de verão, complementada com o milheto e farelo de soja.

Nos sistemas de criação que utilizam alimentos de alta qualidade obtém-se uma produção média diária próxima a 15 litros por vaca ao longo do ano. Como se pode ver na Figura 2, existem dois períodos bem característicos em relação ao nível de rendimento leiteiro. No período que vai de novembro até junho o rendimento médio diário por vaca em lactação gira em torno de 14 litros. Já no período que vai de julho a outubro, a produção média diária por vaca fica em torno de 17 litros.

Na Figura 5 pode-se visualizar o sistema de alimentação com o uso de alimentos de alta qualidade que garante as condições para manter em torno de 14 vacas em produção e o rendimento leiteiro médio ao longo do ano, conforme apresentado na Figura 2.

Quando o sistema de criação pode contar com

alimentos de alta qualidade fica mais evidente a participação da silagem de milho como base do sistema alimentar no período de verão, com uma participação meramente complementar do milho e do farelo de soja. No inverno, o azevém garante praticamente sozinho o fornecimento da energia e da proteína para sustentar a manutenção dos animais produtivos e o volume de leite produzido, já que a presença de silagem na dieta neste período só acontece por imposição do modelo.

CONCLUSÕES

As simulações realizadas considerando-se níveis de baixa, média e alta qualidade dos alimentos, para as condições da Região Noroeste do Estado, indicaram:

- que a otimização dos resultados econômicos é alcançada com uma produção média ao longo do ano de 11 litros por vaca em produção nos sistemas que contam com alimentos de baixa qualidade, de 13 litros para sistemas com alimentos de média qualidade e de 15 litros para sistemas que podem contar com alimentos de alta qualidade;

- que o aumento do rendimento leiteiro pela inclusão de concentrados em larga escala na dieta dos animais não se constitui uma alternativa economicamente interessante;

- que o aumento da produção de leite por vaca não pode ser usado unicamente como indicativo de maior retorno econômico de uma propriedade.

Ainda que se observe uma grande aproximação entre os resultados das simulações e o rendimento leiteiro de grande parte dos produtores de leite da região, indicando que há uma racionalidade econômica nas escolhas feitas por estes agricultores, é importante ressaltar que os resultados obtidos neste trabalho são preliminares, devendo ser testados pela elaboração de modelos mais precisos, especialmente em relação a certas características zootécnicas do

rebanho, como por exemplo, a capacidade de ingestão dos animais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANUÁRIO MILKBIZZ, edição 1999/2000, São Paulo, Editora Milkbizz.

AROEIRA, L. J. M. Estimativa de Consumo de Gramíneas Tropicais. In TEIXEIRA, J.C. (ed.) *Anais do Simpósio Internacional de Digestibilidade em Ruminantes*, Lavras, UFLA-FAEPE, p. 127-164, 1997.

BASSO, D.; SILVA NETO, B. *Controvérsias sobre profissionalização e desenvolvimento na agricultura: o caso da produção de leite no Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, Indicadores Econômicos FEE, v. 26, n. 4, 1999, p. 232 – 246.

BERTO, J. L. *Avaliação de um Modelo de Predição do Consumo de Capim-Elefante por Vacas Leiteiras*. Porto Alegre, 2000, 110f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

FREITAS, E. A. G. de; DUFLOTH, J. H.; GREINER, L. C. *Tabela de composição químico-bromatológica e energética dos alimentos para animais ruminantes em Santa Catarina*. Florianópolis, EPAGRI, 1994.

NOCEK, J. E. Feeding management of the postpartum cow, in *Anais do Simpósio Internacional de Digestibilidade em Ruminantes*, Lavras, UFLA-FAEPE, 1997, P. 69-86.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC): *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. National Academy of Sciences, Washington, D.C., 1989.

RIVERA, C.; CARRAU, A. *Manual Técnico Agropecuário*. Montevideo, Ed. Agropecuária Hemisfério Sul S.R.L., 1989.

SCHRAGE, L. *Otimization Modeling with LINGO*. Chigago, LINDO Systems Inc., 1998.

SILVA NETO, B.; BASSO, D.; LIMA, A. P. de; SANTOS, A. C. dos; BERTO, J. L.; MÜLLER, A. G.; DRUMM, F.; HACKENHAAR, N.; MARKUS, H. V. *Estudo dos Sistemas de Produção Agropecuários da Região de Três de Maio/RS*. Ijuí, Ed. UNIJUÍ, série Relatórios de Pesquisa, 1997.

SILVA NETO, B.; BASSO, D.; GARCIA, D. C.; MARKUS, H. V.; GUSE, L.; MISTURA, C. *Estudo da Dinâmica e Perspectivas da Agricultura da Região de Três Passos/RS*. Ijuí, Ed. UNIJUÍ, série Relatórios de Pesquisa, 1998.

RELATO DE CASO

CELULITE EM FRANGOS DE CORTE CAUSADA POR *Escherichia coli*

BENITO GUIMARÃES DE BRITO^{1*}, CLAUDIA YURIKA TAMEHIRO¹, IVENS GOMES GUIMARÃES¹, WERNER OKANO¹, MARCIA MARINHO LUZARDO², ANTÔNIO CARLOS FARIA DOS REIS¹, MARILDA CARLOS VIDOTTO³

RESUMO- Neste trabalho, relata-se pela primeira vez no Brasil, o isolamento de *Escherichia coli* em frangos de corte apresentando lesão de celulite. Foram realizados além do isolamento de *E. coli* da lesão de celulite, exames histopatológicos da pele para a caracterização da lesão. Na epiderme, não foram observadas alterações significativas. Entretanto, na derme foram visualizados focos de infiltrados inflamatórios de linfócitos, macrófagos, eosinófilos e heterófilos.

Palavras-chave: ave, *E. coli*, celulite.

CELLULITIS IN BROILER CHICKENS CAUSED BY *Escherichia coli*

ABSTRACT- This paper reports the first isolation in Brazil of *Escherichia coli* in broiler chickens with lesion of cellulitis. In addition, histopathological examination of the skin to characterize the lesion was also carried out. No significant changes occurred on the epidermis. However, the dermis was infiltrated by lymphocytes, macrophages, eosinophils and heterophils.

Key words: avian, *E. coli*, cellulitis.

¹Méd. Vet. - Pesquisador do Departamento de Medicina Veterinária Preventiva, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual de Londrina, Caixa Postal 6001, 86.051-970, Londrina - PR, Brasil. *Autor para correspondência. E-mail: bgbrito@zipmail.com.br

²Acadêmica do Curso de Medicina Veterinária da Universidade Estadual de Londrina, Caixa Postal 6001, 86.051-970, Londrina - PR, Brasil

³Farm. Bioq. - Pesquisadora do Departamento de Microbiologia, Centro de Ciências Biológicas, Universidade Estadual de Londrina, Caixa Postal 6001, 86.051-970, Londrina - PR, Brasil

Recebido para publicação em 27-06-2002

INTRODUÇÃO

Celulite é a inflamação aguda, supurativa e difusa que afeta os tecidos subcutâneos, algumas vezes atingem o tecido muscular, sendo frequentemente associada com a formação de abscessos (FALLAVENA, 2000). Nas aves, a celulite pode ser provocada pela infecção bacteriana que ocorre através de solução de continuidade existente na pele (NORTON, 1997). A celulite nas aves causam a descoloração e espessamento da pele, por isso também é conhecido como processo inflamatório, dermatite necrótica e “waffle skin” (BARNES, 1994; NORTON, 1997).

Nos últimos anos tem aumentado o interesse no estudo da celulite aviária, principalmente devido aos grandes prejuízos decorrentes da condenação de aves por lesões cutâneas (ELFADIL et al., 1996; ONDERKA et al., 1997). Somente nos Estados Unidos estima-se uma perda anual superior a 80 milhões de dólares (NORTON & HESS, 1999). No Canadá estima-se que a celulite aviária é responsável pela condenação de 1,2% dos frangos de corte abatidos (KUMOR et al., 1998). No Brasil as perdas por condenações no abate, atingem a soma de 10 milhões de dólares (BRITO & TAGLIARI, 2000). No Rio Grande do Sul, FALLAVENA et al. (2000) apontaram a celulite como a principal causa de condenação de carcaças por alterações cutâneas de frangos no abate.

O freqüente isolamento de *E. coli* das lesões de celulite (MESSIER et al., 1993; PEIGHAMBARI et al., 1995b) e a posterior reprodução experimental desta patologia a partir da inoculação de amostras de *E. coli*, comprovam que este microrganismo é o responsável por este tipo de lesão (PEIGHAMBARI et al., 1995a; GOMIS et al., 1997).

Inicialmente as celulites nas aves foram classificadas quanto a sua origem de contaminação em dois tipos: I e II, considerando na avaliação a localização da área afetada e a extensão da lesão (NORTON, 1997). A celulite tipo I ocorre na região do umbigo da ave e está relacionada com con-

taminação no incubatório, devido a ocorrência de onfalite. A celulite tipo II ocorre nas outras regiões do corpo da ave e está associada com lesões de arranhões, que ocorrem durante o crescimento da ave, devido a alta lotação usadas nas criações avícolas (NORTON, 1997; MACKLIN et al., 1999).

O objetivo desta comunicação foi relatar pela primeira vez no Brasil, o isolamento de *E. coli* como agente etiológico da celulite em frangos de corte.

DESCRIÇÃO DO CASO

Foram examinados no Laboratório de Medicina Aviária do Departamento de Medicina Veterinária Preventiva da Universidade Estadual de Londrina, cinco frangos de corte com 44 dias de idade, originários de granja de produção de frangos de corte do Estado do Paraná, Brasil. Estas aves eram originárias de um lote de 12500 fêmeas, que apresentavam diarreia e problemas locomotores, mortalidade média de 4,7% e má conversão alimentar. As aves examinadas apresentavam peso médio de 1,424 kg e o lote no abate, aos 49 dias, apresentaram peso médio de 1,96 kg. As alterações mais evidentes encontradas durante a necropsia foram fragilidade óssea, necrose da cabeça de fêmur, enterite e lesões na pele, tipo placa de massa caseosa, de coloração amarelada com tamanho aproximado de seis centímetros localizados na região abdominal. Este tipo de lesão é classificada como de grau moderado segundo a classificação de PEIGHAMBARI et al. (1995b).

O exame bacteriológico foi realizado com o auxílio de “swab” estéril coletando material do interior da lesão de celulite, e também foram realizadas culturas de fígado, baço, bursa de Fabrício, coração, pulmão, rim e timo. Posteriormente os “swabs” foram semeados em ágar sangue e ágar Mac Conkey, cultivados durante 18 horas a 37°C. Somente na cultura da lesão de pele houve crescimento de colônias com características de *E. coli*. Foram selecionadas cinco colônias provenientes de diferentes aves, as quais foram identificadas presuntivamente

pelas características morfológicas e tintoriais e realizada a identificação definitiva de *E. coli*, segundo EDWARD & EWINGS (1972). As características bioquímicas foram avaliadas nos testes de oxidase, fermentação e oxidação da glicose, em meio para fenilalanina, vermelho de metila, Voges-Proskauer, ágar citrato, meio SIM e TSI. Estas colônias tiveram o crescimento avaliado frente aos seguintes carboidratos: ramnose, rafinose, sorbitol, dulcitol, maltose, lactose, manitol, trealose e arabinose. Todas as amostras apresentaram o mesmo biotipo, fermentaram ramnose, sorbitol, dulcitol, maltose, lactose, manitol, trealose e arabinose.

Os exames coproparasitológicos das aves foram feitos a partir do conteúdo fecal coletado na porção final do intestino grosso, foram conduzidos pela metodologia de Willis-Mollay e Hoffmann (FORTES & HOFFMAN, 1980). Foi observado uma alta quantidade de oocistos de *Eimeria* spp nas fezes das aves

Foi coletado fragmento da pele, fixados em formalina tamponada a 10% para avaliação histológica. Os exames histopatológicos para a caracterização da lesão foi feito pela coloração de hematoxilina/eosina (LUNA, 1968). Nas seções avaliadas não foram observadas lesões na epiderme. Na derme foram visualizados focos de infiltrados inflamatórios mistos, heterófilos, linfócitos e eosinófilos, inclusive com presença de macrófagos e células gigantes. Também foi observada neovascularização e presença de fibrina, de coloração rósea intensa, indicando cronicidade do processo inflamatório (Figura 1).

DISCUSSÃO

Este é o primeiro relato de celulite causada por *E. coli* em frangos de corte no Brasil. Segundo a classificação de NORTON et al. (1997), podemos classificar as lesões observadas como tipo II, devido a localização da lesão e idade das aves. Recentemente, NORTON et al. (2000) demonstraram que as infecções por *E. coli* que ocorrem nos primeiros

dia de vida das aves tendem a desenvolver quadros de septicemia, esta característica associada ao fato que as lesões de celulite tendem a desaparecer em algumas semanas, tem feito com que diversos pesquisadores questionem a importância da forma de celulite tipo I nos índices de condenação de celulite no abate das aves (HESS et al., 2000; FALLAVENA, 2000; BILGILI, 2001). Neste mesmo estudo, NORTON et al. (2000) verificaram que aves infectadas por *E. coli* no terceiro dia de vida apresentam lesões de celulite aviária na terceira semana após a infecção, o que ratifica a possibilidade de ocorrer lesões de celulite em aves infectadas nos primeiros dias de vida.

A celulite aviária é uma patologia multifatorial (ELFADIL et al., 1996; TESSIER et al., 2001). Vários fatores de risco encontrados neste lote, justificam a ocorrência de celulite. O lote avaliado foi criado no verão, este fator de risco é relatado na literatura como causa de retardamento do empenamento das aves. Altas temperaturas ambientais reduzem o empenamento das aves, devido a redução do consumo alimentar e estresse calórico (MOURA & NÄÄS, 2000). Outro fator de risco importante na ocorrência desta patologia é a lotação. O aumento do número de aves criadas por metro quadrado tem aumentado nas últimas décadas. Neste lote foi utilizado uma lotação de 14 aves por metro quadrado. Apesar do avanço tecnológico, nas práticas de manejo, obtidas neste período, este aumento da lotação contribui para uma maior competição por comedouros, bebedouros e área, que favorece a ocorrência de arranhões que são importantes fatores predisponentes para a penetração da *E. coli* nas aves.

Foi observado uma alta infestação de oocistos de *Eimeria* spp nas aves, a qual causou um desequilíbrio gastrointestinal evidenciado pelos sinais clínicos de diarreia. Devido a redução da absorção intestinal pode ter ocorrido a fragilidade óssea e necrose da cabeça do fêmur, observados na necropsia. Com a perda da capacidade locomotora, as aves reduzem o consumo de ração, agravando o estado nutricional. Ao mesmo tempo, estão mais

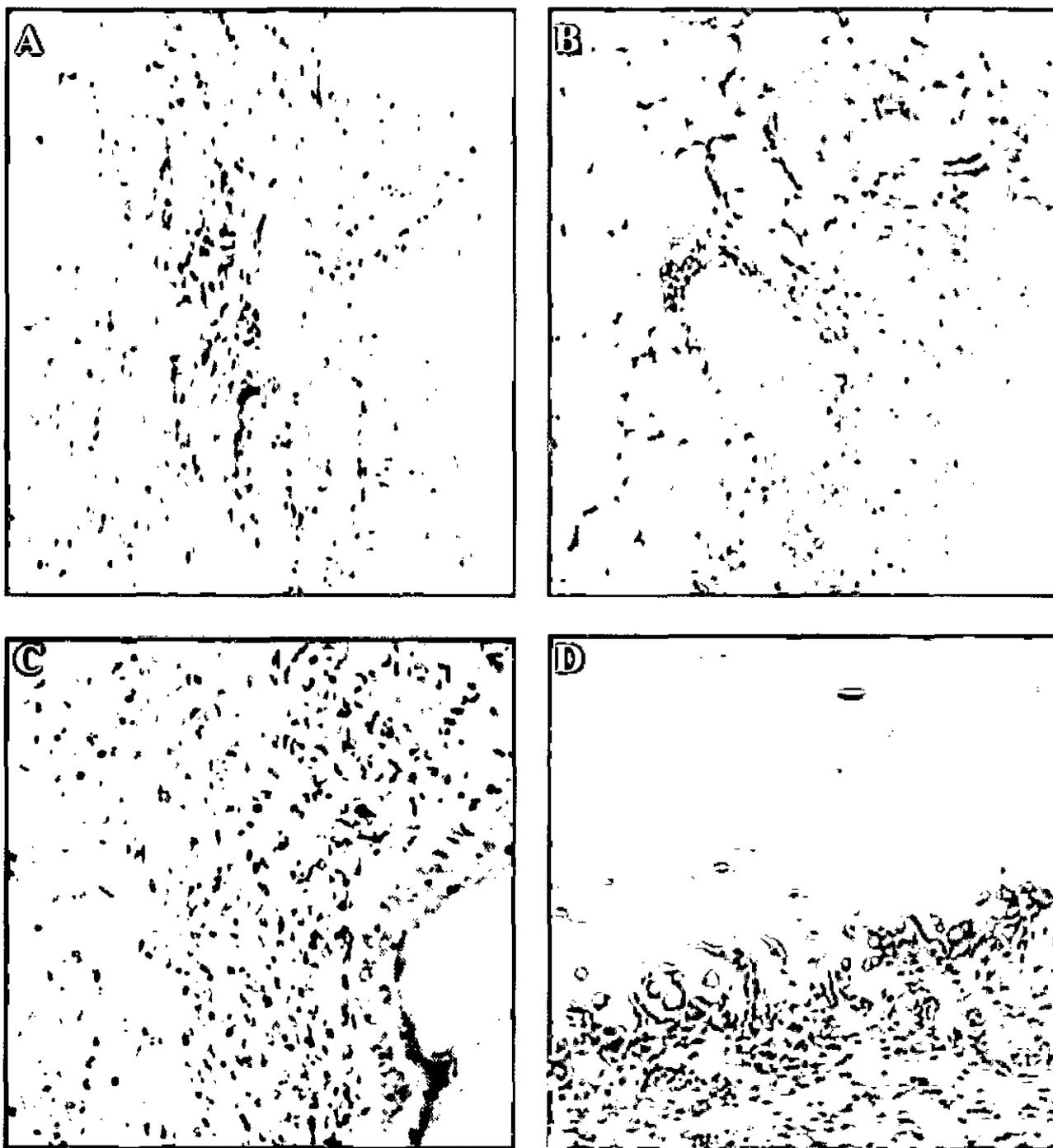


Figura 1. A) Fotomicrografia da derme de frango de corte, com moderada neovascularização; B) Processo inflamatório misto acentuado, neovascularização, tecido adiposo e folículo piloso; C) Processo inflamatório misto com presença de células gigantes; D) Deposição de fibrina na derme. Coloração por HE. Objetiva 1000x

sujeitas ao pisoteio de outras aves, causando o aumento de arranhões que podem ser a porta de entrada de bactérias.

No exame bacteriológico, foi isolado *E. coli*, o que permite fazermos o diagnóstico da etiologia da celulite. Vários pesquisadores têm relacionado a

E. coli como o principal agente etiológico da celulite em frangos de corte (MESSIER et al., 1993; PEIGHAMBARI et al., 1995a), perus (CARR et al., 1996; GOMIS et al., 2002) e codornas (BRITO et al. 2000). O isolamento da *E. coli* foi realizado apenas no local da lesão da pele, o que está de acordo com as observações de JEFFREY et al. (1999) que verificaram que determinadas cepas de *E. coli* quando inoculadas causavam celulite enquanto outras cepas apresentavam um quadro septicêmico. A biotipagem das colônias demonstrou que todas as amostras apresentaram o mesmo biotipo, portanto pertenciam ao mesmo grupo clonal, o que está de acordo com os achados de SINGER et al. (2000) que verificaram em 94% das lesões de celulite aviária não apresentavam diversidade de sorotipos de *E. coli*. BRITO (2002) verificou a presença de grupos clonais de *E. coli* distribuídos de forma endêmica nas regiões avícolas do Sul do Brasil.

AGRADECIMENTO

A CAPES-PICDT pela concessão da bolsa e aos técnicos do Laboratório de Medicina Aviária da UEL pelo apoio laboratorial.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS

- BARNES, H.J. *Colibacillosis in poultry*. Missouri : Pfizer, 1994. 45p (Veterinary practicum of Pfizer Animal Health).
- BILGILI, S.F. Manejo preventivo de frangos de corte para reduzir perdas com celulite. In: **SIMPÓSIO BRASIL SUL DE AVICULTURA**, 2. Chapecó: Sociedade Catarinense de Medicina Veterinária-Núcleo Oeste, 2001, p.81-86.
- BRITO, B.G. de. Fatores de virulência e variabilidade genética de amostras de *Escherichia coli* isoladas de aves com celulite. São Paulo:USP, 2002. 71p. Tese (Doutorado em Microbiologia) – Microbiologia, Instituto de Ciências Biológicas, USP, 2002.
- BRITO, B.G.; TAGLIARI, K.C. Celulite aviária por *Escherichia coli*. **UNOPAR CIENTÍFICA**, Londrina, v.2, n.1, p.143-149. 2000.
- BRITO, B.G.; TAMEHIRO, C.Y.; GUIMARÃES, I.G.; VIDOTTO, M.C. Celulite em codornas (*Coturnix coturnix japonica*) causada por *Escherichia coli*: Fatores de virulência, sensibilidade e perfil de resistência antimicrobiana. **SEMINA**, Londrina, v.21, n.1, p.27-32, 2000.
- CARR, D.; SHAW, D.; HALVORSON, D.A.; RINGS, B.; ROEPKE, D. Excessive mortality in market-age turkeys associated with cellulitis. **Avian Diseases**, Kennett Square, v.40, p.736-741. 1996.
- EDWARD, P.R.; EWINGS, W.H. **Identification of Enterobacteriaceae**. 3 ed. Minneapolis: Burgess Publishers, 1972, 362p.
- ELFADIL, A.A.; VAILLANCOURT, J.P.; MEEK, A.H. Farm management risk factors associated with cellulitis in broiler chickens in southern Ontario. **Avian Diseases**, Kennett Square, v.40, p.699-706, 1996.
- FALLAVENA, L.C.B. **Enfermidades da pele e das penas**. In: BERCHIERI JR., A.; MACARI, M. Doenças das aves. Campinas:FACTA, 2000, p.37-45.
- FALLAVENA, L.C.B.; MORAES, H.L.S.; SALLE, C.T.P.; SILVA, A.B. da; VARGAS, R.S.; NASCIMENTO, V.P. do; CANAL, C.W. Diagnosis of skin lesions in condemned or downgraded broiler carcasses – amicroscopic and macroscopic study. **Avian Pathology**, Compton, v.29, p.557-562, 2000.
- FORTES, E.; HOFFMAN, R.P. **Parasitologia Veterinária**. 3 ed. Porto Alegre:Sulina, 1980. p.254.
- GOMIS, S.M.; WATTS, T.; RIDDELL, C.; POTTER, A.A.; ALLAN, B.J. Experimental reproduction of *Escherichia coli* cellulitis and septicemia in broiler chickens. **Avian Diseases**, Kennett Square, v.41, p.234-240, 1997.
- GOMIS, S.M.; AMOAKO, K.; NGELEKA, M.; BELANGER, L.; ATHOUSE, B.; KUMOR, L.; WATERS, E.; STEPHENS, S.; RIDDELL, C.; POTTER, A.A.; ALLAN, B.J. Histopathologic and bacteriologic evaluations of cellulitis detected in legs and caudal abdominal regions of turkeys. **Avian Diseases**, Kennett Square, v.46, p.192-197, 2002.
- HESS, J.B.; BILGILI, S.F.; NORTON, R.A.; ZARATE, A.J. Manejo de la celulitis en la granja. **Avicultura Professional**, Hong Kong, v.18, n.7, p.12-13. 2000.
- JEFFREY, J.S.; CHIN, R.P.; SINGER, R.S. Assessing cellulitis pathogenicity of *Escherichia coli* isolates in broiler chickens assessed by an *in vivo* inoculation model. **Avian Diseases**, Kennett Square, v.43, p.491-496. 1999.
- KUMOR, L.W.; OLKOWSKI, S.M.; GOMIS, S.M.; ALLAN, B.J. Cellulitis in broiler chickens: epidemiological trends, meat hygiene, and possible human health implications. **Avian Diseases**, Kennett Square, v.42, 285-291, 1998.
- LUNA, L.G. **Manual of histologic staining methods of the Armed Force Institute of Pathology** . 3. Ed. New York: Mc Graw Hill, 1968. 258p.

- MACKLIN, K.S.; NORTON, R.A.; MCMURTREY, B.L. Scratches as a component in the pathogenesis of avian cellulitis in broiler chickens exposed to cellulitis origin *Escherichia coli* isolates collected from different regions of the US. **Avian Pathology**, Compton, v.28, p.573-578, 1999.
- MESSIER, S.; QUESSY, S.; ROBINSON, Y.; DEVRIESE, L.A.; HOMMEZ, J.; FAIRBROTHER, J.M. Focal dermatitis and cellulitis in broiler chickens: bacteriological and pathological findings. **Avian Diseases**, Kennett Square, v.37, 839-844, 1993.
- MOURA, D.J. ; NÄÄS, I. A. Desenvolvimento de um modelo matemático para previsão do ganho de peso de frangos de corte em função de fatores de controle ambiental. **Revista Brasileira de Ciências Avícolas**, Campinas, suplemento 2, p.5, 2000.
- NORTON, R.A.; BILGILI, S.F.; McMURTREY, B.C. A reproducible model for the induction of avian cellulitis in broiler chickens. **Avian Diseases**, Kennett Square, v.41, p.422-428, 1997.
- NORTON, R.A. Avian cellulitis. **World's Poultry Science Journal**, Oxfordshire, v.53, p.337-349, 1997.
- NORTON, R.A.; HESS, J.B. Cellulitis in broiler chickens. **World Poultry**, Doctinchem, v.15, n.12, p. 56-59, 1999.
- NORTON, R.A.; MACKLIN, K.S.; MCMURTREY, B.L. The association of various isolates of *Escherichia coli* from the United States with induced cellulitis and colibacillosis in young broiler chickens. **Avian Pathology**, Compton, v.29, p.571-574, 2000.
- ONDERKA, D.K.; HANSON, J.A.; McMILLAN, K.R.; ALLAN, B. *Escherichia coli* associated cellulitis in broilers: Correlation with systemic infection and microscopic visceral lesions, and evaluation for skin trimming. **Avian Diseases**, Kennett Square, v.41, p.935-940, 1997.
- PEIGHAMBARI, S.M.; VAILLANCOURT, J.P.; WILSON, R.A.; GYLES, C.L. Characteristics of *Escherichia coli* isolates from avian cellulitis. **Avian Diseases**, Kennett Square, v.39, p.116-124, 1995a.
- PEIGHAMBARI, S.M.; JULIAN, R.J.; VAILLANCOURT, J.P.; GYLES, C.L. *Escherichia coli* cellulitis: Experimental infections in broiler chickens. **Avian Diseases**, Kennett Square, v.39, p.125-134, 1995b.
- SINGER, R.S.; JOHNSON, W.O.; JEFFREY, J.S.; CHIN, R.P.; CARPENTER, T.E.; ATWILL, E.R.; HIRSH, D.C. A statistical model for assessing sample size for bacterial colony selection: a case study of *Escherichia coli* and avian cellulitis. **J. Vet. Diagn. Invest.**, v.12, p.118-125, 2000.
- TESSIER, M.; FREDETTE, M.A.; BEAUCHAMP, G.; BOULIANNE, M. Cellulitis in broiler chickens: a one-year retrospective study in four Québec abattoirs. **Avian Diseases**, v.45, p.191-194, 2001.

INSTRUÇÕES AOS AUTORES

A revista **PESQUISA AGROPECUÁRIA GAÚCHA** aceita, para publicação, trabalhos científicos com o limite de 15 páginas, trabalhos de revisão com até 20 páginas. Os relatos de caso de interesse agropecuário, inéditos, ainda não encaminhados à outra revista para o mesmo fim poderão ter até 10 páginas. Excetuam-se trabalhos apresentados em congressos ou outros eventos na forma de resumos, bem como resultados de dissertações, teses, ou apresentados de forma sucinta em relatórios, informes, etc. As opiniões e conceitos emitidos nos trabalhos são de inteira responsabilidade dos autores. Todavia, a Comissão Editorial, junto à Assessoria Científica, reserva-se o direito de sugerir ou solicitar modificações. Os artigos poderão ser escritos em português, espanhol ou inglês, mas devem conter um resumo em português e em inglês.

O artigo deverá ser encaminhado à Comissão Editorial da FEPAGRO em três vias (original e duas cópias), acompanhado de ofício assinado pelos autores. As páginas do original devem ser numeradas e rubricadas por todos os autores (margem inferior direita). **Nas cópias, omitir o nome dos autores e notas de rodapé, para serem enviadas aos assessores.** O artigo deverá ser redigido em fonte **Times New Roman, 12**, numa só face de papel tamanho A4 (21,0 x 29,7 cm), com espaço duplo, margem direita e esquerda de 3,0 cm, para permitir anotações.

No caso de aceitação do artigo, após ser analisado pela Assessoria Científica e pela Comissão Editorial, o mesmo deverá ser encaminhado, na versão final, em disquete 3.5", acompanhado de uma via impressa em papel. Utilizar processador de texto **WORD/Windows** e editores gráficos compatíveis, como o Excel e Corel.

Para cada artigo publicado serão enviadas, gratuitamente, 20 separatas ao primeiro autor, que se encarregará de distribuir aos demais autores.

Os autores deverão enviar endereço completo para correspondência, juntamente com número de fax/telefone ou e-mail para comunicação mais rápida.

NORMAS PARA PUBLICAÇÃO

1. Padronizar os trabalhos utilizando códigos de nomenclatura reconhecidos internacionalmente. Os nomes científicos e outros latinos deverão ser escritos em *itálico*. Adotar a nomenclatura binomial completa, tanto no resumo, como no abstract, ou a primeira vez que for citado no texto. Os nomes de cultivares agrônômicos e hortícolas serão escritos entre aspas simples, quando não estiver precedido da palavra cultivar. Escrever em **negrito** o que se desejar destacar (ou sublinhar).
2. Usar somente abreviações de unidades do Sistema Internacional (SI). As abreviações não convencionais devem ser explicadas, quando aparecem pela primeira vez no texto.
3. Separar os valores das unidades de medida por um espaço (35 kg). Usar a barra diagonal (25 kg/ha; 25 kg/m²/s) em lugar de expoentes negativos.
4. Os números devem ser em algarismos arábicos para medidas exatas, séries de quantidades e em apresentações estatísticas. Onde a fluência do texto exigir, se escreverá por extenso. Escrever números de quatro algarismos sem espaço ou ponto (2000). Em números de cinco ou mais algarismos, usar espaço (20 000). Em tabelas, os números de quatro dígitos terão um espaço para se alinhar com os de cinco dígitos.
5. Utilizar símbolos para os elementos e compostos químicos, quando apropriados, especialmente se houver muita repetição.
6. Usar nomes comuns de princípios ativos e formulações químicas em vez de nomes comerciais, que, se usados, deverão ser identificados como tais e em nota de rodapé salientar que a Fepagro e os autores não estão recomendando o produto.
7. O termo **cultivar** deverá ser substantivo masculino consoante a norma gramatical.

8. O trabalho deverá ser enviado em três vias, uma com o nome dos autores e nota de rodapé, e duas vias não identificadas e sem a nota de rodapé.
9. Não há necessidade de enviar o arquivo armazenado em disquete ou CD. Aguardar o final da tramitação e incluir as modificações na última versão. Em caso de necessidade o arquivo será solicitado.
10. O encaminhamento do trabalho deverá ser feito em correspondência em que conste a concordância de todos os autores.

FORMATO DO TEXTO

TÍTULO: Deve ser claro, breve e conciso, informando o conteúdo do trabalho. Apresentá-lo em MAIÚSCULAS e **negrito**, sem ponto final e centrado. Poderá ser seguido do número ¹ (um) para chamada de rodapé.

AUTORES: Iniciando na margem esquerda, com espaço de uma linha abaixo do título, os nomes serão escritos em MAIÚSCULAS, por extenso e em seqüência, separados por vírgula e com numeração sobrescrita para identificar, no rodapé, sua profissão, grau de especialização, instituição a que pertence e endereço.

RESUMO: Deve ser suficientemente informativo para que o leitor identifique o conteúdo e interesse do trabalho. Não deverá ultrapassar 150 palavras e será escrito num só parágrafo. Deixar espaço de duas linhas abaixo dos autores.

Palavras-chave: Logo após o resumo, com espaço de uma linha, indicar palavras adicionais para indexação – não utilizar palavras já contidas no título. As palavras, sugeridas pelo(s) autor(es), poderão ser modificadas de acordo com as indicações do THESAGRO, através da revisão pelo Serviço de Documentação e Informação da Fepagro.

ABSTRACT: Antes do Abstract, colocar a versão de título em inglês, centrado. O abstract deverá ser escrito de forma correta. (**Obrigatoriamente sua revisão deverá ser feita por pessoa que conheça bem o idioma**).

Key words: Colocar as equivalentes das indicadas em português.

O texto principal constará dos seguintes tópicos: INTRODUÇÃO, MATERIAL E MÉTODOS, RESULTADOS E DISCUSSÃO, CONCLUSÕES E REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS. Os agradecimentos, quando necessários, serão apresentados no final, devendo ser sucintos. Os títulos: RESUMO e ABSTRACT deverão ser justificados à esquerda e os demais, centrados.

INTRODUÇÃO: Constará de revisão de literatura e incluirá os objetivos do trabalho.

As citações de autores no texto deverão ser feitas da seguinte forma: (SILVA, 1995); (SILVA e BASTOS, 1984); mais de dois, (SILVA et al., 1996); se for citado mais de um trabalho, separam-se por ponto e vírgula (SILVA e BASTOS, 1994; SILVA et al., 1994; ROSSER e MASTER, 1996a; ROSSER e MASTER, 1996b).

Quando se fizer referência no texto ao(s) autor(es), ou iniciar a frase mencionando-o(s), somente o ano ficará entre parênteses. Ex: "SILVA (1993) estudou ...".

Evitar o uso de CORREA (1975) citado por SILVA (1995).

MATERIAL E MÉTODOS: Descrever a tecnologia empregada no trabalho, o local onde foi conduzido, descrição das análises estatísticas empregadas, etc. O local de execução deverá ser escrito por extenso, quando aparecer pela primeira vez.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Apresentar em conjunto. As tabelas e figuras devem ser numeradas de forma independente, com números arábicos e serão incluídas no texto. Caso não seja possível, o autor deverá assinalar onde deseja que as coloquem, mediante uma anotação em espaço entre dois parágrafos.

Tabelas: Terão o título acima, **escrito em negrito**, sem ponto final e apresentado de forma concisa e explicativa: **Tabela 1 - ...** Usar **Fonte Sas Monospace, tamanho 9, tanto no título como nos dados da tabela**. Ao pé das Tabelas poderão constar notas explicativas em **Fonte 8**.

Figuras: Incluem gráficos, mapas, fotos e desenhos e terão o título abaixo das mesmas, escrito em negrito, sem ponto final: **Figura 1 - ...** Usar **Fonte 9**. Ao pé das Figuras, acima do título, poderão constar notas explicativas (**Fonte Sas Monospace, tamanho 9**).

Caso não seja possível a incorporação dentro do texto, as figuras devem ser preparadas, em ordem de preferência, por impressora de computador a laser ou jato de tinta; em papel branco com tinta preta; ou papel vegetal com nanquim. Fotografias em preto e branco serão em papel com brilho, bem contrastadas e devem ser identificadas no verso. Poderão ser aceitas fotos, slides e gráficos coloridos, quando indispensáveis. Neste caso, será cobrada uma taxa do(s) autor(es), segundo orçamento da gráfica.

Para a impressão, as figuras ou fotos, apresentadas em separado do texto, poderão ser reduzidas à metade ou um terço de seu tamanho original, sendo necessário observar este aspecto para não perder a visibilidade dos detalhes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS: Os trabalhos citados no texto serão ordenados, alfabeticamente, pelo sobrenome do primeiro autor, seguido da inicial do(s) prenome(s), exceto para nomes de origem espanhola, onde entram os dois últimos sobrenomes. Devem seguir as normas da ABNT (Norma NB-66 de 1989).

Para distinguir trabalhos diferentes de mesma autoria, será levada em conta a ordem cronológica, segundo o ano da publicação. Se num mesmo ano houver mais de um trabalho do(s) mesmo(s) autor(es), acrescentar uma letra ao ano (ex. 1996a ; 1996b). Separam-se os diferentes autores por ponto e vírgula (;). Na referência, a segunda e demais linhas subseqüentes iniciarão sob a terceira letra.

Exemplos quanto ao tipo de material a ser referenciado:

Periódicos:

RUBIN, S. de A.L.; SANTOS, O.S. dos. Progresso do melhoramento genético da soja no estado do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v.2, n.2, p.139-147, 1990.

(Para evitar desuniformidade nas abreviaturas de periódicos, recomenda-se escrevê-los por extenso).

Livros:

SOARES, F.; BURLAMAQUI, C.K. **Pesquisa científica**: uma introdução, técnicas e exemplos. 2.ed., São Paulo: Formar, 1972. 352p.

Capítulo de livro:

FOY, C.D. Effects of aluminum on plant growth. In: CLARSON, E.W. (Ed.) **The plant root and its environment**. Charlottesville: University Free of Virginia, 1977. p.601-642.

VENDRAMIN, J.D. A resistência de plantas e o manejo de pragas. In: CROCOMO, W.B. (Ed.) **Manejo integrado de pragas**. Botucatu: UNESP, 1990. Cap.9, p.177-197.

Teses, dissertações:

1. Dissertação ou tese, publicada:

SILVA FILHO, G.N. **Flutuação populacional de microorganismos em solos submetidos a diferentes sistemas de manejo.** Porto Alegre: UFRGS, 1984. 153p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Microbiologia do Solo, Faculdade de Agronomia, UFRGS. 1984.

2. Dissertação ou tese, não-publicada:

BANGEL, E.V. **Caracterização de estirpes semia de *Bradyrhizobium* spp. Recomendadas para a cultura da soja no Mercosul.** Porto Alegre; UFRGS, 2000. 114p. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola e do Ambiente) – Programa de pós-graduação em microbiologia . Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Boletins e Relatórios:

VILHORDO, B.W.; MÜLLER, L. **Caracterização botânica de algumas cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) pertencentes aos oito grupos comerciais.** Porto Alegre:IPAGRO, 1979. 72p. (Boletim Técnico, 4)

IPRNR. Seção de Conservação do Solo. **Relatório Anual.** Porto Alegre, 1990. 45p.

Trabalhos de Reuniões e Congressos:

ORLANDO FILHO, L.; LEME, E.J. de M. A utilização agrícola dos resíduos da agroindústria canavieira. In: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIZANTES NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 2., 1984, Brasília. **Anais...** Brasília: EMBRAPA, 1984. p. 451-475.

ARTIGOS DE REVISÃO E RELATOS DE CASO

Uma revisão deve ter um objetivo claro e relevante, com o intuito de apresentar conclusões sobre um trabalho. É um estudo de um assunto particular onde se reúnem, analisam e discutem informações já publicadas, devendo incluir comentários críticos e uma conclusão. O autor de uma revisão deve incluir trabalhos anteriores que fizeram evoluir o assunto ou que o fariam evoluir. Deverá conter: Título, Resumo, Palavras-chave, Título em inglês, Abstract, Key words, uma Introdução, seguida de texto com a abordagem do tema que poderá ser dividido em tópicos, destacados em negrito, só com a primeira letra em maiúscula, Conclusões e Referências Bibliográficas. Obedecerá às mesmas normas indicadas para os artigos.

Os relatos de caso deverão conter os seguintes tópicos: Título, Resumo, Palavras-chave, Título em inglês, Abstract, Key words, Introdução, descrição do caso, Resultados e discussão, Conclusões e Referências Bibliográficas. Os diferentes tópicos também seguem as mesmas normas descritas anteriormente.