

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

**BIOLOGIA, HABILIDADE COMPETITIVA E VARIABILIDADE GENÉTICA EM  
TRÊS ESPÉCIES DE ANGIQUINHO (*Aeschynomene* spp.) E SEU MANEJO  
EM ARROZ IRRIGADO**

Fausto Borges Ferreira  
Engenheiro Agrônomo (UFPel)  
Mestre em Ciência (UFPel)

Tese apresentada como um dos  
requisitos à obtenção do grau de  
Doutor em Fitotecnia  
Área de Concentração Plantas de Lavoura

Porto Alegre (RS), Brasil  
Abril de 2007



## AGRADECIMENTOS

Ao Professor Nilson G. Fleck, pela orientação, ensinamentos e amizade.

À minha família, em especial aos meus pais e minha irmã, pelo apoio.

Ao Departamento de Plantas de Lavoura da Faculdade de Agronomia e ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da UFRGS, pela oportunidade de realização do Curso.

À Estação Experimental do Arroz do Irga, por ceder a área experimental, funcionários e equipamentos, muito especialmente ao Pesquisador Valmir G. Menezes pelo apoio.

Ao CNPq, pela concessão da bolsa de doutorado.

Aos colegas de pós-graduação Mário Bianchi, Fabiane P. Lamago, Carlos A. Lazaroto, Emerson Portes, Anderson Nunes, Mércio Luis Strieder, Paulo R. da Silva, Naracelis Polleto, Itamar Nava, Everton Brener, Karine Gustavo Pinto, Adriano Alves da Silva e Franceli Rodrigues Kulcheski; em especial, à Tatiana Boff pelo carinho, ajuda, companheirismo e incentivo constante.

Aos bolsistas de iniciação científica Ana Paula A. Beck, Antônio C. Giroto Jr., Carlos E. Schaedler, Francisco E. W. Cidade, pela ajuda prestada na realização dos experimentos.

À Pesquisadora da Fundação Zoobotânica Maria de Lourdes Abruzzi Aragão de Oliveira, pelo auxílio na identificação das espécies de *Aeschynomene*.

Ao Eng. Agr. Fernando Bizzi pela contribuição no envio de sementes de angiquinho.

Aos Pesquisadores José A. Noldin, Domingos S. Eberhardt, Jaime Vargas de Oliveira e aos Engenheiros Agrônomos Rogério Rubin, Rodrigo Neves e Brasil Lago Neto, pelo apoio nas coletas de angiquinho.

A todos os demais que contribuíram, mesmo que indiretamente, para a realização deste trabalho.

*“...Nenhuma outra atividade econômica alimenta tantas pessoas, sustenta tantas famílias, é tão crucial para o desenvolvimento de tantas nações e apresenta mais impacto sobre o nosso meio ambiente. A produção de arroz alimenta quase a metade do planeta todos os dias, fornece a maior parte da renda principal para milhões de habitações rurais pobres, pode derrubar governos e cobre 11% da terra arável do planeta.” (Ronald Cantrell, 2002).*

# BIOLOGIA, HABILIDADE COMPETITIVA E VARIABILIDADE GENÉTICA EM TRÊS ESPÉCIES DE ANGIQUINHO (*Aeschynomene* spp.) E SEU MANEJO EM ARROZ IRRIGADO<sup>1</sup>

Autor: Fausto Borges Ferreira  
Orientador: Nilson Gilberto Fleck

## RESUMO

O conhecimento da biologia, habilidade competitiva e variabilidade genética em espécies de angiquinho pode fornecer informações importantes para reduzir seu prejuízo em arroz irrigado. Os objetivos do trabalho foram confirmar a ocorrência de três espécies de angiquinho (*Aeschynomene denticulata*, *A. indica* e *A. sensitiva*), enfocando sua distribuição em lavouras de arroz no Sul do Brasil, conhecer sua biologia, habilidade competitiva e variabilidade genética e as respostas da infestante a práticas de manejo. Para isso, avaliaram-se a emergência das plântulas, características morfológicas e habilidade competitiva das três espécies, potencial competitivo de *A. denticulata* e redução da produtividade de grãos em arroz e efeitos de cultivares de arroz e de épocas da adubação nitrogenada e da irrigação na resposta da cultura. Os resultados mostram que as três espécies de angiquinho ocorrem nos Estados do RS e de SC, mas com distribuição variável. As três espécies emergem sob lâmina d'água quando as sementes se localizam na superfície do solo. *A. indica* e *A. sensitiva* reúnem características que mostram maior capacidade competitiva do que *A. denticulata*. A aplicação do adubo nitrogenado na semeadura do arroz aumenta a habilidade competitiva da cultivar precoce (Irga 418), enquanto a cultivar de ciclo médio (Irga 409) responde melhor à competição quando o adubo é fracionado. A antecipação da irrigação mostra-se vantajosa à competitividade da cultura. A perda média de produtividade do arroz por competição de *A. denticulata* é de 1,4 % para cada planta da infestante m<sup>-2</sup>, considerando-se população de até 35 plantas m<sup>-2</sup>, mas este índice varia com as práticas de manejo. A utilização dos marcadores moleculares ISSRs indica baixa variabilidade genética, tanto intrapopulacional quanto intra-específica, para as três espécies de *Aeschynomene* investigadas.

---

<sup>1</sup> Tese de Doutorado em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre-RS, Brasil. (169p.) Abril, 2007.

# **BIOLOGY, COMPETITIVE ABILITY, AND GENETIC VARIABILITY IN THREE JOINTVETCH (*Aeschynomene* spp.) SPECIES AND THEIR MANAGEMENT IN FLOODED RICE<sup>1</sup>**

Author: Fausto Borges Ferreira  
Adviser: Nilson Gilberto Fleck

## **ABSTRACT**

The knowledge about biology, competitive ability, and genetic variability in jointvetch species may provide important informations in order to reduce their damage in flooded rice. The objectives of this study were to confirm the occurrence of three species of jointvetch (*Aeschynomene denticulata*, *A. indica*, and *A. sensitiva*) and their distribution in rice fields in Southern Brazil, to study their biology, competitive ability, and genetic variability, as well as the response of the weed to management practices. To accomplish these, there were evaluated jointvetch seedling emergency, morphological characteristics and competitive ability of the species, competitive potential of *A. denticulata* and loss of grain yield which it may cause to the rice crop, and the effects of rice cultivars and times of nitrogen fertilization and flood starting in the crop response. The results show that the three jointvetch species do occur in rice fields in the States of RS and SC, but with variable distribution. The three species emerge under water layer when the seeds are located on soil surface. *A. indica* and *A. sensitiva* add plant characteristics which show greater competitive potential than *A. denticulata*. Anticipation of nitrogen fertilization to rice seeding time increases the competitive ability of the early rice cultivar (Irga 418), whereas the medium cycle rice cultivar (Irga 409) responds better to jointvetch presence when the fertilizer is divided. Anticipation of flooding to rice plants with three leaves shows benefit to crop competitiveness. Average loss of rice grain yield due to *A. denticulata* competition is 1,4 % for each weed plant m<sup>-2</sup>, when its density is below 35 plants m<sup>-2</sup>, but this loss varies according to management practices. Use of the ISSR molecular marker points out the occurrence of low genetic variability intrapopulation, as well as intraspecific, for the three *Aeschynomene* species evaluated.

---

<sup>1</sup> Doctoral thesis in Agronomy, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre-RS, Brazil. (169p.) April, 2007.

## SUMÁRIO

	Página
1 INTRODUÇÃO GERAL.....	1
2 CAPÍTULO I.....	13
2.1 RESUMO.....	13
2.2 INTRODUÇÃO.....	14
2.3 MATERIAL E MÉTODOS.....	17
2.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	23
2.4.1 Análise intrapopulacional.....	24
2.4.2 Análise intra-específica.....	30
2.4.3 Análise entre espécies.....	40
2.5 CONCLUSÕES.....	43
3 CAPÍTULO II.....	45
3.1 RESUMO.....	45
3.2 INTRODUÇÃO.....	46
3.3 MATERIAL E MÉTODOS.....	51
3.3.1 Experimento 1.....	53
3.3.2 Experimento 2.....	55
3.3.3 Experimento 3.....	55
3.3.4 Experimento 4.....	57
3.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	58
3.4.1 Experimento 1.....	59
3.4.2 Experimento 2.....	64
3.4.3 Experimento 3.....	74
3.4.4 Experimento 4.....	76
3.5 CONCLUSÕES.....	85
4 CAPÍTULO III.....	86
4.1 RESUMO.....	86
4.2 INTRODUÇÃO.....	87
4.3 MATERIAL E MÉTODOS.....	93
4.3.1 Experimento 1.....	95
4.3.2 Experimento 2.....	96
4.3.3 Experimento 3.....	98
4.3.4 Experimento 4.....	99
4.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	101
4.4.1 Experimento 1.....	101
4.4.2 Experimento 2.....	118
4.4.3 Experimento 3.....	126
4.4.4 Experimento 4.....	136
4.5 CONCLUSÕES.....	144

5	DISCUSSÃO GERAL .....	146
6	CONCLUSÕES GERAIS .....	153
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	154
8	APÊNDICE .....	168
9	VITA.....	169

## RELAÇÃO DE TABELAS

	Página
Tabela 1. Relação dos indivíduos de <i>Aeschynomene denticulata</i> utilizados para análise molecular, seus códigos de acesso e locais de coleta. Porto Alegre-RS, 2006 .....	18
Tabela 2. Relação dos indivíduos de <i>Aeschynomene indica</i> utilizados para análise molecular, seus códigos de acesso e locais de coleta. Porto Alegre-RS, 2006 .....	19
Tabela 3. Relação dos indivíduos de <i>Aeschynomene sensitiva</i> utilizados para análise molecular, seus códigos de acesso e locais de coleta. Porto Alegre-RS, 2006 .....	20
Tabela 4. Relação dos <i>primers</i> utilizados para estudo da caracterização molecular de indivíduos de <i>Aeschynomene</i> . Porto Alegre-RS, 2006.....	22
Tabela 5. Número de <i>primers</i> , número de bandas, média de bandas por <i>primer</i> , tamanho dos fragmentos analisados, porcentagem de bandas polimórficas e similaridade média das análises intrapopulacionais, intra-específicas e interespecífica, respectivamente, de <i>Aeschynomene</i> spp. Porto Alegre-RS, 2006.....	26
Tabela 6. Combinações de espécies reagentes e competidoras de angiquinho ( <i>Aeschynomene</i> spp.), comparadas no Experimento 3. Porto Alegre-RS, 2006.....	56
Tabela 7. Número (N <sup>o</sup> ) de folhas expandidas por planta, estatura de planta e comprimento das raízes de três espécies de <i>Aeschynomene</i> spp., avaliados aos 30 dias após a emergência. Porto Alegre-RS, 2005 .....	65
Tabela 8. Massas de folhas, colmo e raízes secos de três espécies de angiquinho ( <i>Aeschynomene</i> spp.), avaliados aos 30 dias após emergência. Porto Alegre-RS, 2005 .....	68
Tabela 9. Estatura de planta e massas de folhas e caule e de toda a planta secos, de angiquinho ( <i>Aeschynomene denticulata</i> ) em associação ou não com <i>A. denticulata</i> , <i>A. indica</i> ou <i>A. sensitiva</i> . Porto Alegre-RS, 2006.....	74
Tabela 10. Estatura de planta e massas de folhas e caule e de toda a planta secos, de angiquinho ( <i>Aeschynomene indica</i> ) em associação ou não com <i>A. denticulata</i> , <i>A. indica</i> e <i>A. sensitiva</i> . Porto Alegre-RS, 2006.....	75

Tabela 11. Estatura de plantas e massas de folhas e caule e de toda planta secos, de angiquinho ( <i>Aeschynomene sensitiva</i> ) em associação ou não com <i>A. denticulata</i> , <i>A. indica</i> e <i>A. sensitiva</i> . Porto Alegre-RS, 2006.....	75
Tabela 12. Massa (kg ha <sup>-1</sup> ) da parte aérea seca de plantas de duas cultivares de arroz, em resposta a duas modalidades de aplicação de adubo nitrogenado e presença ou não de infestação de angiquinho ( <i>Aeschynomene denticulata</i> ). Cachoeirinha-RS, 2003/04.....	101
Tabela 13. Panículas (número m <sup>-2</sup> ) de duas cultivares de arroz, em função de épocas de aplicação de adubo nitrogenado e de condições de infestação de angiquinho ( <i>Aeschynomene denticulata</i> ). Cachoeirinha-RS, 2003/04.....	114
Tabela 14. Produtividade de grãos (kg ha <sup>-1</sup> ) de duas cultivares de arroz, em função de épocas de aplicação de adubo nitrogenado e de condições de infestação de angiquinho ( <i>Aeschynomene denticulata</i> ). Cachoeirinha-RS, 2003/04 .....	115
Tabela 15. Produtividade de grãos (kg ha <sup>-1</sup> ) de duas cultivares de arroz em função de épocas de aplicação de adubo nitrogenado em duas condições de infestação de angiquinho ( <i>Aeschynomene denticulata</i> ). Cachoeirinha-RS, 2003/04 .....	117
Tabela 16. Estatura média de plantas de angiquinho ( <i>Aeschynomene denticulata</i> ), no final do ciclo, associado com cultivares de arroz BR-Irga 409 e Irga 418 ou ausência de arroz. Cachoeirinha-RS, 2003/04.....	123
Tabela 17. Massa da matéria seca da parte aérea da cultivar de arroz BR-Irga 410 em função da época de aplicação de adubo nitrogenado, crescendo na ausência de angiquinho ( <i>Aeschynomene denticulata</i> ). Cachoeirinha-RS, 2003/04 .....	127
Tabela 18. Estatura de planta, número de panículas por área e produtividade de grãos da cultivar de arroz BR-Irga 410 e massa da matéria seca da parte aérea de angiquinho ( <i>Aeschynomene denticulata</i> ), no final do ciclo do arroz, em função da época de aplicação de adubo nitrogenado à cultura. Cachoeirinha-RS, 2003/04.....	128
Tabela 19. Números de plantas e de panículas da cultivar de arroz BR-Irga 409, crescendo na presença de angiquinho ( <i>Aeschynomene denticulata</i> ) em função das épocas de início da irrigação e da aplicação de nitrogênio. Cachoeirinha-RS, 2004/05.....	140
Tabela 20. Massas de plantas secas de angiquinho ( <i>Aeschynomene denticulata</i> ) (g m <sup>-2</sup> e g planta <sup>-1</sup> ), crescendo na presença da cultivar de arroz BR-Irga 409 em função da época de início da irrigação e de aplicação do adubo nitrogenado. Cachoeirinha-RS, 2004/05.....	141

Tabela 21. Produtividade de grãos da cultivar de arroz BR-Irga 409 ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), crescendo na presença de aniquinho (*Aeschynomene denticulata*) em função das épocas de início da irrigação e de aplicação do adubo nitrogenado. Cachoeirinha-RS, 2004/05.....141

## RELAÇÃO DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Dendograma de similaridade genética intrapopulacional gerado por análise comparativa baseada em dados ISSR ( <i>inter simple sequence repeats</i> ) e respectiva similaridade média (seta) para angiquinho ( <i>Aeschynomene denticulata</i> ), a partir de sementes coletadas em Cachoeira do Sul-RS. Porto Alegre-RS, 2006.....	27
Figura 2. Dendograma de similaridade genética intrapopulacional gerado por análise comparativa baseada em dados ISSR ( <i>inter simple sequence repeats</i> ) e respectiva similaridade média (seta) para angiquinho ( <i>Aeschynomene indica</i> ), a partir de sementes coletas em Capão do Leão-RS. Porto Alegre-RS, 2006.....	28
Figura 3. Dendograma de similaridade genética intrapopulacional gerado por análise comparativa baseada em dados ISSR ( <i>inter simple sequence repeats</i> ) e respectiva similaridade média (seta) para angiquinho ( <i>Aeschynomene sensitiva</i> ), a partir de sementes coletadas em Itajaí-SC. Porto Alegre-RS, 2006. ....	29
Figura 4. Dendograma de similaridade genética intra-específica gerado por análise comparativa baseada em dados ISSR ( <i>inter simple sequence repeats</i> ) e respectiva similaridade média (seta) em angiquinho ( <i>Aeschynomene denticulata</i> ). Porto Alegre-RS, 2006.....	36
Figura 5. Dendograma de similaridade genética intra-específica em angiquinho ( <i>Aeschynomene indica</i> ) gerado da análise comparativa baseada em dados ISSR ( <i>inter simple sequence repeats</i> ) interpopulacionais e respectiva similaridade média (seta). Porto Alegre-RS, 2006.....	37
Figura 6. Dendograma de similaridade genética intra-populacional gerado por análise comparativa baseada em dados ISSR ( <i>inter simple sequence repeats</i> ) e respectiva similaridade média (seta) em angiquinho ( <i>Aeschynomene sensitiva</i> ). Porto Alegre-RS, 2006.....	38
Figura 7. Correlação entre distância genética e distância geográfica obtida entre indivíduos de angiquinho - <i>Aeschynomene denticulata</i> . Porto Alegre-RS, 2006.....	39
Figura 8. Correlação entre distância genética e distância geográfica obtida entre indivíduos de angiquinho - <i>Aeschynomene indica</i> . Porto Alegre-RS, 2006.....	39

Figura 9. Correlação entre distância genética e distância geográfica obtida entre indivíduos de angiquinho - <i>Aeschynomene sensitiva</i> . Porto Alegre-RS, 2006. ....	40
Figura 10. Dendograma de similaridade genética interespecífica gerado por análise comparativa baseada em dados ISSR ( <i>inter simple sequence repeats</i> ) e respectivo valor de similaridade média (seta) para três espécies de angiquinho ( <i>Aeschynomene denticulata</i> , <i>A. indica</i> e <i>A. sensitiva</i> ). Porto Alegre-RS, 2006. ....	42
Figura 11. Ilustração dos vasos posicionados em diferentes alturas dentro de caixas plásticas contendo água, para o Experimento 1. Porto Alegre-RS, 2005. ....	54
Figura 12. Ilustração da distribuição das sementes de angiquinho ( <i>Aeschynomene</i> spp.) em diferentes profundidades em vasos, no Experimento 1. Porto Alegre-RS, 2005. ....	54
Figura 13. Arranjo da espécie reagente de <i>Aeschynomene</i> ao centro na presença (A) ou na ausência (B) de espécie competidora de <i>Aeschynomene</i> na borda, no Experimento 3. Porto Alegre-RS, 2006. ....	56
Figura 14. Tanques de alvenaria (unidades experimentais) e detalhe do sistema de irrigação utilizado na condução do Experimento 4. Porto Alegre-RS, 2004/05. ....	58
Figura 15. Emergência de plântulas de angiquinho ( <i>Aeschynomene denticulata</i> , <i>A. indica</i> e <i>A. sensitiva</i> ) em solo na capacidade de campo (cc), saturado com água (sat) e sob lâmina d'água de 1; 2 ou 4 cm de altura. Porto Alegre-RS, 2006. ....	60
Figura 16. Emergência média de espécies de angiquinho ( <i>Aeschynomene</i> spp.) em solo na capacidade de campo (cc), saturado com água (sat.) e sob lâmina d'água de 1; 2 ou 4 cm e cujas sementes foram posicionadas na superfície do solo ou às profundidades de 1, 2 ou 4 cm. Porto Alegre-RS, 2006. ....	61
Figura 17. Germinação em laboratório das sementes de três espécies de angiquinho ( <i>Aeschynomene</i> spp.) que não germinaram após permanência de 30 dias sob lâmina d'água. Porto Alegre-RS, 2006. ....	64
Figura 18. Incremento no número de folhas expandidas de três espécies de angiquinho ( <i>Aeschynomene</i> spp.), durante os primeiros 30 dias após a emergência. Porto Alegre-RS, 2005. ....	66
Figura 19. Incremento na estatura de plantas de três espécies de angiquinho ( <i>Aeschynomene</i> spp.), durante os primeiros 30 dias após emergência. UFRGS, Porto Alegre-RS, 2005. ....	67
Figura 20. Incremento no comprimento das raízes de três espécies de angiquinho ( <i>Aeschynomene</i> spp.), durante os primeiros 30 dias após emergência. Porto Alegre-RS, 2005. ....	68
Figura 21. Massa de folhas secas de três espécies de angiquinho ( <i>Aeschynomene</i> spp.), durante os primeiros 30 dias após emergência. Porto Alegre-RS, 2005. ....	69

Figura 22. Massa do colmo seco de três espécies de angiquinho ( <i>Aeschynomene</i> spp.), durante os primeiros 30 dias após emergência. Porto Alegre-RS, 2005. ....	70
Figura 23. Massa das raízes secas de três espécies de angiquinho ( <i>Aeschynomene</i> spp.), durante os primeiros 30 dias após emergência. Porto Alegre-RS, 2005. ....	71
Figura 24. Massa da parte aérea seca de três espécies de angiquinho ( <i>Aeschynomene</i> spp.), durante os primeiros 30 dias após emergência. Porto Alegre-RS, 2005. ....	71
Figura 25. Massa da planta inteira seca de três espécies de angiquinho ( <i>Aeschynomene</i> spp.), durante os primeiros 30 dias após emergência. Porto Alegre-RS, 2005. ....	72
Figura 26. Estaturas das plantas de três espécies de angiquinho ( <i>Aeschynomene</i> spp.) e de arroz aos 38, 56 e 106 dias após emergência. Porto Alegre-RS, 2005/06. ....	77
Figura 27. Estatura de plantas de arroz na ausência ou na presença de três espécies de angiquinho ( <i>Aeschynomene</i> spp.) aos 38 (A), 56 (B) e 106 (C) dias após emergência do arroz. Porto Alegre-RS, 2005/06. ....	78
Figura 28. Área da folha intermediária de plantas de três espécies de angiquinho ( <i>Aeschynomene</i> spp.) aos 105 dias após emergência: valores médios das três espécies quando associadas a cada uma das cultivares de arroz (Irga 418 e BR-Irga 409) (A) e valores médios quando associadas com as duas cultivares de arroz (B). Porto Alegre-RS, 2005/06. ....	79
Figura 29. Massas de plantas secas de três espécies de angiquinho ( <i>Aeschynomene</i> spp.) aos 105 dias após emergência: valores médios das três espécies quando associadas a cada uma das cultivares de arroz (Irga 418 ou BR-Irga 409) (A) e valores médios para cada espécie quando associadas às duas cultivares de arroz (B). Porto Alegre-RS, 2005/06. ....	80
Figura 30. Produtividade de grãos de arroz para as cultivares de arroz Irga 418 e BR-Irga 409: valores médios de cada cultivar para associações com três espécies de angiquinho ( <i>Aeschynomene</i> spp.) (A) e valores médios das duas cultivares quando associadas ou não a cada uma das espécies de angiquinho (B). Porto Alegre-RS, 2005/06. ....	82
Figura 31. Cobertura do solo proporcionada pelos dosséis de duas cultivares de arroz na média de presença e ausência de infestação de angiquinho ( <i>Aeschynomene denticulata</i> ). Cachoeirinha-RS, 2003/04. ....	103
Figura 32. Cobertura do solo proporcionada pelos dosséis de duas cultivares de arroz na presença ou ausência de angiquinho ( <i>Aeschynomene denticulata</i> ). Cachoeirinha-RS, 2003/04. ....	103
Figura 33. Cobertura do solo avaliada em quatro épocas, valores médios para duas cultivares de arroz, em resposta a duas épocas de aplicação de adubo nitrogenado. Cachoeirinha-RS, 2003/04. ....	104

Figura 34. Estatura de plantas da cultivar de arroz BR-Irga 409 em função de duas épocas de aplicação de adubo nitrogenado, na presença (A) ou na ausência (B) de angiquinho ( <i>Aeschynomene denticulata</i> ). Cachoeirinha-RS, 2003/04. ....	105
Figura 35. Estatura de plantas da cultivar de arroz Irga 418 em função de duas épocas de aplicação de adubo nitrogenado, na presença (A) ou na ausência (B) de angiquinho ( <i>Aeschynomene denticulata</i> ). Cachoeirinha-RS, 2003/04. ....	106
Figura 36. Estatura de plantas da cultivar de arroz BR-Irga 409 em função da presença ou ausência de angiquinho ( <i>Aeschynomene denticulata</i> ) e aplicação de adubo nitrogenado na semeadura (A) ou na diferenciação do primórdio floral (B). Cachoeirinha-RS, 2003/04. ....	109
Figura 37. Estatura de plantas da cultivar de arroz Irga 418 em função da presença ou ausência de angiquinho ( <i>Aeschynomene denticulata</i> ) e aplicação de adubo nitrogenado na semeadura (A) ou na diferenciação do primórdio floral (B). Cachoeirinha-RS, 2003/04. ....	110
Figura 38. Estatura de plantas de angiquinho ( <i>Aeschynomene denticulata</i> ) em função de duas épocas de aplicação de adubo nitrogenado às cultivares de arroz BR-Irga 409 (A) ou Irga 418 (B). Cachoeirinha-RS, 2003/04. ....	111
Figura 39. Estatura de plantas de angiquinho ( <i>Aeschynomene denticulata</i> ) em função de duas cultivares de arroz e de aplicação de adubo nitrogenado na semeadura (A) ou na diferenciação do primórdio floral (B). Cachoeirinha-RS, 2003/4. ...	113
Figura 40. Massa da parte aérea seca das cultivares de arroz BR-Irga 409 ou Irga 418 na fase inicial de crescimento, na média de populações de angiquinho ( <i>Aeschynomene denticulata</i> ). Cachoeirinha-RS, 2003/04. ....	119
Figura 41. Estatura de plantas das cultivares de arroz BR-Irga 409 ou Irga 418, na média de populações de angiquinho ( <i>Aeschynomene denticulata</i> ). Cachoeirinha-RS, 2003/04. ....	120
Figura 42. Estatura de plantas das cultivares de arroz BR-Irga 409 e Irga 418, no final do ciclo, em função da população de plantas de angiquinho ( <i>Aeschynomene denticulata</i> ). Cachoeirinha-RS, 2003/04. ....	121
Figura 43. Estatura média de plantas de angiquinho ( <i>Aeschynomene denticulata</i> ), na presença das cultivares de arroz BR-Irga 409 e Irga 418. Cachoeirinha-RS, 2003/04. ....	122
Figura 44. Estatura de plantas de angiquinho ( <i>Aeschynomene denticulata</i> ), no final do ciclo, em função da população, na presença das cultivares de arroz BR-Irga 409 e Irga 418. Cachoeirinha-RS, 2003/04. ....	123
Figura 45. Perda de produtividade de grãos das cultivares de arroz BR-Irga 409 e Irga 418 em função da população de angiquinho ( <i>Aeschynomene denticulata</i> ). Cachoeirinha-RS, 2003/04. ....	125

Figura 46. Estatura de planta da cultivar de arroz BR-Irga 410 em função da época de aplicação de adubo nitrogenado, crescendo na ausência de angiquinho ( <i>Aeschynomene denticulata</i> ). Cachoeirinha-RS, 2003/04.....	128
Figura 47. Estatura de planta da cultivar de arroz BR-Irga 410 na maturação, em função da população de plantas de angiquinho ( <i>Aeschynomene denticulata</i> ) e da época de aplicação de adubo nitrogenado. Cachoeirinha-RS, 2003/04.....	129
Figura 48. Estatura de planta de angiquinho ( <i>Aeschynomene denticulata</i> ), em função de épocas de aplicação de adubo nitrogenado à cultivar de arroz BR-Irga 410. Cachoeirinha-RS, 2003/04. ....	130
Figura 49. Estatura de planta de angiquinho ( <i>Aeschynomene denticulata</i> ), em função de sua população, em duas épocas de aplicação de adubo nitrogenado à cultivar de arroz BR-Irga 410. Cachoeirinha-RS, 2003/04.....	131
Figura 50. Número de panículas por área da cultivar de arroz BR-Irga 410, em função da população de angiquinho ( <i>Aeschynomene denticulata</i> ). Cachoeirinha-RS, 2003/04. ....	132
Figura 51. Massa da matéria seca da parte aérea de plantas de angiquinho ( <i>Aeschynomene denticulata</i> ) no final do ciclo, em função da população da infestante e de épocas de aplicação de adubo nitrogenado à cultivar de arroz BR-Irga 410. Cachoeirinha-RS, 2003/04.....	133
Figura 52. Perda de produtividade de grãos da cultivar de arroz BR-Irga 410, em função da população de plantas de angiquinho ( <i>Aeschynomene denticulata</i> ) e de épocas de aplicação de adubo nitrogenado. Cachoeirinha-RS, 2003/04.....	134
Figura 53. Perda de produtividade de grãos da cultivar de arroz BR-Irga 410 em função da massa da parte aérea seca de plantas de angiquinho ( <i>Aeschynomene denticulata</i> ). Cachoeirinha-RS, 2003/04.....	135
Figura 54. Estatura de plantas da cultivar de arroz BR-Irga 409, em função de duas épocas de aplicação do adubo nitrogenado (Ad), estádios V <sub>3</sub> ou V <sub>6</sub> , e duas épocas de início da irrigação (Ir), estádios V <sub>3</sub> ou V <sub>6</sub> , crescendo na ausência de angiquinho ( <i>Aeschynomene denticulata</i> ). Cachoeirinha-RS, 2004/05. ....	137
Figura 55. Cobertura do solo proporcionada pelo dossel da cultivar de arroz BR-Irga 409, em função de duas épocas de aplicação do adubo nitrogenado (Ad), estádios V <sub>3</sub> ou V <sub>6</sub> , e duas épocas de início da irrigação (Ir), estádios V <sub>3</sub> ou V <sub>6</sub> , crescendo na ausência de angiquinho ( <i>Aeschynomene denticulata</i> ). Cachoeirinha-RS, 2004/05.....	138
Figura 56. Massa de plantas secas da cultivar de arroz BR-Irga 409, em função de duas épocas de aplicação do adubo nitrogenado (Ad), estádios V <sub>3</sub> ou V <sub>6</sub> , e duas épocas de início da irrigação (Ir), estádios V <sub>3</sub> ou V <sub>6</sub> , crescendo na ausência de angiquinho ( <i>Aeschynomene denticulata</i> ). Cachoeirinha-RS, 2004/05. ....	139

Figura 57. Perda da produtividade de grãos da cultivar de arroz BR-Irga 409 em função da população de angiquinho (*Aeschynomene denticulata*) na média de duas épocas de aplicação do adubo nitrogenado e de duas épocas de início da irrigação. Cachoeirinha-RS, 2004/05.....143

## RELAÇÃO DE APÊNDICES

	Página
Apêndice 1. Características das cultivares de arroz utilizadas na pesquisa .....	168

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

Cultivado e consumido em todos os continentes, o arroz (*Oryza sativa*) destaca-se pela produção e área de cultivo, desempenhando papel estratégico, tanto no aspecto econômico quanto social. Mais de 150 milhões de hectares de arroz são cultivados anualmente no mundo, produzindo 590 milhões de toneladas, em que acima de 75 % desta produção provém de cultivo irrigado (Embrapa, 2005).

Os principais países produtores situam-se no continente asiático, sendo a Índia e a China os maiores produtores e consumidores do cereal (FAO, 2006). Neste contexto, o Brasil ocupa apenas a 9ª colocação, com 2,1 % da produção mundial, mas se destacando como o maior produtor fora do continente asiático (Embrapa, 2005). A cultura do arroz desenvolve-se em todo o território nacional e, na safra 2005/06, ocupou área de 3,9 milhões de hectares, a qual gerou produção de 13,2 milhões de toneladas (Conab, 2006). No Brasil, os principais Estados produtores de arroz são Rio Grande do Sul (RS) e Santa Catarina (SC), os quais cultivaram, no ano de 2005, área de 1,17 milhão de hectares, na qual obtiveram produção de 7,8 milhões de toneladas, com produtividade média de 6.830 kg ha<sup>-1</sup> (Conab, 2006).

O consumo total de arroz no Brasil cresceu nos últimos 7 anos, situando-se, atualmente, em 13 milhões de toneladas, o que gera necessidade de importação do produto, principalmente do Uruguai e da Argentina, visando

suprir a demanda interna e manter os estoques reguladores (Ferreira & Yokoyama, 1999; Conab, 2006). No País, o arroz é cultivado, basicamente, sob dois sistemas: em “terras altas” e sob irrigação. A orizicultura irrigada é responsável por 65 % da produção nacional (Embrapa, 2005). Considerando-se os altos riscos, a baixa produtividade e a menor qualidade dos grãos de arroz obtido em terras altas, comparativamente ao irrigado, verifica-se tendência de redução da área semeada naquele sistema, tendo em vista os melhores resultados obtidos no cultivo irrigado para atender a demanda interna (Medeiros, 1995).

Assim como ocorre com outras culturas, o arroz está sujeito a uma série de fatores do ambiente que, direta ou indiretamente, influenciam sua produtividade. A presença de plantas daninhas, por exemplo, ocupa lugar de destaque, face aos efeitos negativos observados no desenvolvimento da cultura, produção e qualidade do produto final. Os prejuízos ocasionados pelas plantas daninhas dependem de vários fatores, como cultivar utilizada, fertilidade do solo e adubação empregada, população e espaçamento da cultura, espécie(s) daninha(s) infestante(s) e sua população. Em áreas onde há grande infestação de plantas daninhas, os danos causados podem chegar à perda total da produção (Cobucci, 1998). De acordo com Oerke et al. (1994), os prejuízos decorrentes da presença de plantas daninhas na cultura do arroz são altos, observando-se perdas de 15 a 20 % em nível mundial e cerca de 30 % no Brasil. As plantas daninhas não reduzem apenas a produtividade e a qualidade do arroz. Dependendo da espécie presente e da população em que ocorrem, elas podem ocasionar graves problemas na operação de colheita.

Em áreas infestadas com angiquinho (*Aeschynomene* spp.), por exemplo, as máquinas são obrigadas a realizar paradas para limpeza das barras e do sistema de alimentação devido à obstrução que essas plantas causam, provocando, também, quebras freqüentes e redução da durabilidade e da capacidade operacional das colhedoras (Adoryan, 2004). Segundo o mesmo autor, a presença de três plantas de *Aeschynomene rudis* (AESRU) m<sup>-2</sup> torna a operação de colheita mecânica difícil; no caso de seis a 12 plantas, o processo torna-se muito difícil, e com mais de 24 plantas é impossível realizar a colheita. Segundo esse autor, isto ocorre pelo fato das plantas de AESRU apresentarem caule espesso e parte aérea vigorosa, em que as folhas, quando esmagadas, tornam-se extremamente pegajosas, causando obstrução e quebra da colhedora, reduzindo sua capacidade operacional e onerando a produção. Dentro deste contexto, o controle adequado das plantas daninhas destaca-se como um dos fatores que mais contribuem para aumentar o potencial de produtividade na cultura do arroz (De Datta & Herdt, 1983; Embrapa, 1992).

As principais plantas daninhas que infestam os arrozais são as gramíneas; porém, o aumento na ocorrência de ciperáceas e magnoliopsidas (dicotiledôneas), como o angiquinho (*Aeschynomene* spp.), preocupa os agricultores (Bizzi & Andrés, 2001). Estima-se que, em torno de 30 % da área semeada com arroz irrigado no Estado, encontre-se infestada com angiquinho, em que as lavouras localizadas nas regiões do Litoral Sul, Depressão Central e Fronteira Oeste são as mais atingidas (Andrade & Silva, 1987; Menezes & Ramirez, 2002).

As plantas pertencentes ao gênero *Aeschynomene* são comumente chamadas de angiquinho, pinheirinho ou, ainda, de corriola em determinadas regiões do Litoral Sul do Rio Grande do Sul. Tratam-se de espécies anuais pertencentes à família Fabaceae e que se reproduzem unicamente por sementes. Dependendo da espécie, os legumes apresentam comprimento variável de 2,5 a 7,5 cm, sendo divididos de quatro até 10 lomentos de formato aproximadamente quadrado e que se separam facilmente na maturação (Fernandes, 1996). As sementes apresentam formato reniforme e são transportadas a grandes distâncias dentro dos lomentos, que funcionam como veículos de disseminação (hidrocórica). Geralmente, áreas anteriormente limpas podem infestar-se com rapidez, principalmente quando a lavoura recebe água de áreas já contaminadas.

As sementes de angiquinho, por serem de coloração escura, quando em mistura com os grãos de arroz depreciam sua qualidade e, conseqüentemente, o valor comercial do produto. Sementes de algumas espécies de angiquinho apresentam tamanho semelhante às do arroz, o que dificulta sua separação com peneiras (Kissmann & Groth, 2000).

As espécies de *Aeschynomene* apresentam pouca importância econômica positiva, contribuindo apenas para a fixação de nitrogênio ao solo, sendo este um fato comum entre as espécies fabáceas (Kissmann & Groth, 2000), graças ao desenvolvimento de nódulos associados simbioticamente à bactérias nitrificantes. No Brasil, não há referências sobre utilização do angiquinho como adubo verde ou outras aplicações. Verificou-se que sementes de angiquinho, presentes em resíduos de beneficiamento de arroz, causaram

intoxicações quando consumidas como ração por animais, principalmente suínos (Oliveira et al., 2005).

No ambiente agrícola, as plantas de angiquinho são consideradas indesejáveis, principalmente em lavouras de arroz irrigado. Além da competição direta com a cultura, o angiquinho produz grande quantidade de sementes por planta, o que contribui para o incremento do banco de sementes no solo. Este mecanismo aumenta sua capacidade de interferência com a cultura nas safras seguintes e, quando as sementes são colhidas juntamente com os grãos de arroz, podem contaminar o produto beneficiado (Menezes et al., 2001). Isto obriga as empresas beneficiadoras a instalar custosos equipamentos, como selecionadores eletrônicos, para eliminar as sementes de angiquinho dos lotes de sementes de arroz ou do arroz beneficiado, onerando o processo industrial (Kissmann & Groth, 2000).

As folhas do angiquinho são do tipo sensitiva (Rudd, 1955), podendo influir na eficiência dos herbicidas de pós-emergência, pois se esses são aplicados quando as folhas estão fechadas, a superfície de exposição à calda diminui sensivelmente e a absorção do produto será prejudicada, reduzindo o controle.

Em lavouras, o angiquinho é bastante competitivo e, dependendo do nível de infestação, pode comprometer seriamente a produtividade do arroz, caso não seja controlado adequadamente. A maioria das plantas daninhas magnoliopsidas compete com o arroz mais no final do ciclo da cultura e, assim, podem ser controladas mais tarde do que as poáceas sem causarem perdas significativas de produtividade (Baldwin & Slaton, 2001).

Os fatores que influenciam a perda de produtividade pela competição de plantas daninhas incluem a espécie infestante, época e duração da competição, população da planta daninha, características da cultivar de arroz e práticas de manejo que influenciam o crescimento da cultura. A influência da cultivar de arroz em lavouras com histórico de populações elevadas de plantas daninhas, freqüentemente é negligenciada. Cultivares de arroz semi-anãs ou de porte baixo geralmente mostram perdas maiores de produtividade por competição de plantas daninhas, comparativamente àquelas de porte mais alto (Baldwin & Slaton, 2001).

Para controlar angiquinho, na maioria dos casos, faz-se necessário utilizar herbicidas específicos, pois a maioria dos produtos empregados para controlar as poáceas, principais espécies que infestam os arrozais, não apresenta efeito sobre aquele. Este fato contribui para aumentar o custo do controle químico, um dos principais componentes do custo de produção da cultura. Deste modo, a decisão de controlar ou não o angiquinho pode afetar a lucratividade da produção orizícola.

Em situações em que elevadas infestações de angiquinho acarretam altas perdas de produtividade, a adoção do controle químico certamente se justifica. Entretanto, perdas menores de produtividade, decorrentes de baixas populações, podem ser inferiores ao custo de controle. Outros fatores a serem considerados quanto à adoção do controle químico são: a crescente preocupação com efeitos indesejáveis de herbicidas ao ambiente e a viabilidade econômica de realização da adubação nitrogenada quando houver presença de angiquinho na lavoura. Neste caso, a aplicação de nitrogênio,

especialmente em estágio avançado do ciclo da cultura, pode ocasionar aumento adicional no custo de produção, não compensando o ganho obtido em produtividade. Esse processo requer conhecimento antecipado dos efeitos do angiquinho sobre a produtividade do arroz, através da análise das relações de interferência entre ambos e os fatores culturais que podem alterar tal relacionamento.

O conhecimento da habilidade competitiva do angiquinho e das interações que ocorrem com as práticas de manejo usadas na cultura do arroz são elementos básicos para prever as perdas de produtividade e, desta forma, da vantagem econômica em se adotarem práticas para seu controle, como o uso de herbicidas.

Espécies ou populações dentro de uma espécie em convivência próxima em um mesmo ambiente interagem entre si e, essas interações, denominadas interferências, podem desencadear resposta positiva ou negativa (Radosevich et al., 1997). Entre as interações com efeitos negativos, a competição é o componente mais importante da interferência (Wilson, 1998). A competição refere-se à utilização conjunta, por duas ou mais plantas, de recursos do ambiente que são essenciais ao seu crescimento e desenvolvimento, os quais apresentam suprimento limitado no ecossistema (Pitelli, 1981). Os principais recursos pelos quais as plantas competem são água, nutrientes e radiação solar (luz). No caso do arroz irrigado, a água é, geralmente, um recurso abundante, pelo qual não costuma haver concorrência entre as plantas cultivadas e daninhas, exceto se sua entrada na lavoura sofrer atraso ou a irrigação for temporariamente suspensa. Por sua vez, a luz é considerada um

dos recursos mais importantes para o desenvolvimento das plantas e costuma limitar a produção dos cultivos (Ransom & Oelke, 1982).

A luz afeta fortemente o crescimento e o desenvolvimento das plantas, constituindo-se em fator indispensável no estudo da competição intra e interespecífica. Sua influência no crescimento e desenvolvimento das plantas dá-se tanto através da quantidade como da qualidade da luz interceptada durante, praticamente, todo o ciclo de vida da planta (Radosevich et al., 1997). A quantidade de luz que atinge o dossel determina o padrão de fotossíntese da cultura. Deste modo, o sombreamento imposto a uma espécie vegetal conduz à menor produção de fotoassimilados e, conseqüentemente, à queda na produção final da comunidade (Radosevich et al., 1997).

As respostas morfológicas ao sombreamento (deficiência de luz) são bem conhecidas e incluem aumento na elongação do caule, diminuição na relação matéria seca das folhas/haste principal e redução no afilhamento (Radosevich et al., 1997). Em trabalho realizado com aveia-branca, Almeida & Mundstock (2001a) constataram que a qualidade da luz afetou o processo de emissão de afilhos e a acumulação e distribuição de massa entre afilhos e colmo principal. Ainda, Almeida & Mundstock (2001b), trabalhando com trigo, constataram que a redução na qualidade da luz (aumento da quantidade de luz vermelha extrema) foi determinante no acúmulo de massa no colmo principal, o que resultou em menor emissão de afilhos e em afilhos com menor massa. Esses resultados demonstram, claramente, que ocorre modulação precoce da planta em resposta à qualidade da luz que ela recebe.

As plantas daninhas, em geral, possuem maior velocidade inicial de crescimento da parte aérea do que as culturas, levando vantagem na captura da energia luminosa (Seibert & Pearce, 1993). Deste modo, o crescimento inicial está diretamente ligado ao aproveitamento da radiação solar no início do ciclo de desenvolvimento (Almeida et al., 1998).

Os nutrientes minerais apresentam grande influência no crescimento e desenvolvimento vegetal e muitos estudos mostram que eles geralmente beneficiam mais as plantas daninhas do que as cultivadas, devido a maior eficiência das primeiras na absorção, acúmulo e uso dos nutrientes disponíveis (Di Tomaso, 1995). O nitrogênio (N) é um dos principais macronutrientes necessários ao desenvolvimento normal das plantas de arroz (Bollich et al., 1994). Assim, a aplicação de adubo nitrogenado é uma prática cultural indispensável nesta cultura, objetivando alcançarem-se elevadas produtividades.

A população inicial de plantas e o período de estabelecimento das espécies competidoras afetam bastante a dinâmica da competição, alterando o tamanho dos indivíduos e sua capacidade de captação de recursos (Weiner, 1990). Tem sido demonstrada uma relação inversa entre duração da competição e potencial de produtividade de grãos, ou seja, quanto maior for o período de concorrência, menor será a produtividade. Populações de plantas que germinam mais prontamente são as que geralmente vencem a competição, também produzindo maior número de sementes (Maluf, 1999). Deste modo, as cultivares que apresentam elevada velocidade de acúmulo de massa na parte

aérea no período inicial de desenvolvimento costumam apresentar maior habilidade competitiva com as infestantes (Paolini et al., 1998).

Outra característica importante que confere vantagem às plantas daninhas, ao competirem com as culturas, é sua velocidade de emergência. No caso do arroz, infestantes que se desenvolvem precocemente junto ao cultivo causam maiores danos do que aquelas que emergem mais tarde; contudo, o dano ocasionado será maior quanto mais prolongada for a duração da competição (Castro & Almario, 1990).

A análise do crescimento de plantas é uma poderosa ferramenta quantitativa para estudar o crescimento e a competição entre plantas daninhas e culturas em ambientes agrícolas (Radosevich et al., 1997). Através da comparação das variáveis de crescimento de espécies daninhas é possível entender a “competitividade natural” dessas plantas (Radosevich et al., 1997). Conhecendo-se os parâmetros de planta, é possível estimar o dano econômico e classificar hierarquicamente as diferentes espécies daninhas de acordo com sua intensidade de dano (Berti & Zanin, 1997). Desta forma, análise de crescimento pode ser utilizada como indicadora da habilidade competitiva potencial entre culturas e plantas daninhas.

O conhecimento da dinâmica e da competitividade das plantas daninhas é fundamental no processo de decisão para seu controle, pois, para algumas espécies, a decisão pode ser pela não adoção do controle, devido à baixa competitividade que apresentam; entretanto, pressupõe-se que, para espécies competitivas, o controle, na maioria dos casos, seja necessário. Os danos causados por infestantes variam muito, sendo afetados por fatores como:

espécie daninha presente, população e época de emergência em relação à cultura, potencial de produtividade da cultura na ausência de plantas daninhas e influência das plantas sobreviventes ao tratamento sobre o produto final.

O alto nível de diversidade genética geralmente encontrado em espécies de plantas daninhas indica um grande potencial para sua adaptação a diferentes ambientes e sistemas de cultivo, o que pode alterar as relações de competição e reduzir a eficiência do controle (Dekker, 1997; Holt & Hochberg, 1997). Assim, a determinação da magnitude da variabilidade genética em espécies daninhas possui papel importante em estudos ligados à sua biologia e ao seu manejo. O conhecimento da biologia das espécies de *Aeschynomene*, juntamente com suas variabilidades genética e morfológica, permitirá escolher e adotar os métodos mais eficientes para seu manejo e/ou controle em arroz irrigado.

Pouco ainda se conhece sobre características e comportamento de espécies de angiquinho, como biologia, resposta às práticas de manejo e potencial de perdas que pode causar à produtividade do arroz. Acrescente-se, ainda, tratem-se de espécies capazes de fixar N através de simbiose com bactérias nitrificantes. A maioria dos trabalhos que trata da ecofisiologia de plantas daninhas em arroz irrigado abrange espécies poáceas, que têm como uma das principais formas de interferência a competição por N. Neste sentido, o conhecimento de aspectos da biologia e da ecofisiologia do angiquinho poderá proporcionar estratégias mais eficientes para seu manejo em arroz e, desta forma, reduzir as perdas de produtividade e o custo de produção do cereal.

As hipóteses gerais estabelecidas para a pesquisa foram as seguintes: é possível separar espécies afins de angiquinho através de marcadores moleculares ISSRs, agrupando os acessos de angiquinho portadores de características semelhantes; o angiquinho possui capacidade de emergir sob lâmina d'água; espécies de angiquinho apresentam variação em características morfológicas e de crescimento que influenciam sua habilidade competitiva com arroz irrigado; e, o grau de interferência causado pelo angiquinho ao arroz sofre redução pela influência da população de plantas da infestante, das características da cultivar de arroz e das práticas de manejo adotadas, como épocas da irrigação e da adubação nitrogenada.

Os objetivos gerais delineados para este trabalho foram os seguintes: caracterizar a variabilidade genética em espécies de angiquinho que ocorrem em regiões orizícolas dos Estados do RS e SC; determinar os efeitos da profundidade de localização das sementes de angiquinho no solo e da altura da lâmina d'água de irrigação na emergência da infestante; diferenciar espécies de angiquinho quanto às características de crescimento inicial das plantas; comparar as habilidades competitivas relativas entre espécies de angiquinho e dessas com arroz cultivado sob irrigação; e, avaliar a competição exercida por populações de angiquinho em arroz e a influência de cultivares de arroz, épocas de realização da adubação nitrogenada e do início da irrigação na produtividade de grãos, seus componentes e outras características agronômicas do arroz.

## 2 CAPÍTULO I

### Distribuição regional, caracterização molecular e variabilidade genética de três espécies de angiquinho (*Aeschynomene* spp.)

#### 2.1 RESUMO

A identificação e o conhecimento da variabilidade genética de plantas daninhas são fundamentais para o sucesso de programas de manejo dessas espécies. Diferenças adaptativas que garantem a sobrevivência de uma espécie em diferentes ambientes permitem uma rápida adaptação aos sistemas de manejo adotados, inclusive ao controle químico, surgindo biótipos resistentes. Os objetivos desse trabalho foram confirmar a ocorrência de três espécies de *Aeschynomene* em lavouras de arroz do RS e SC, enfocando sua distribuição geográfica, e estudar a variabilidade genética dessas espécies. Para isto, foram coletadas sementes de angiquinho nas principais regiões produtoras de arroz dos dois Estados, que permitiram confirmar a ocorrência de três espécies de *Aeschynomene* em áreas de arroz. *A. denticulata* distribuiu-se somente no Rio Grande do Sul, *A. sensitiva* ocorre em Santa Catarina e *A. indica* é encontrada nos dois Estados, mas predomina na faixa litorânea. Com a utilização de marcadores moleculares ISSR verificou-se haver baixa variabilidade genética, tanto intrapopulacional como intra-específica, para as três espécies de *Aeschynomene*.

## 2.2 INTRODUÇÃO

Espécies de *Aeschynomene* compreendem plantas conhecidas popularmente por “angiquinhos”, cujo gênero pertence à família Fabaceae, subfamília Papilionoideae (Wu et al., 2003), as quais são de ocorrência predominante em regiões tropicais (Bishop et al., 1988). O gênero é representado por cerca de 150 espécies, as quais se distribuem nos trópicos e zonas temperadas quentes das Américas, África e Ásia (Rudd, 1955). Nas Américas, o gênero ocorre desde latitude 40° N até 35° S, ao longo da costa do oceano Atlântico, e de 28° N até 17° S, na costa do oceano Pacífico (Bishop et al., 1988). Estudos taxonômicos sobre o gênero para o Brasil foram realizados por Fernandes (1996), o qual registrou a ocorrência de 52 espécies. No Rio Grande do Sul, são encontradas 10 espécies de *Aeschynomene* (Oliveira, 2002).

Aproximadamente metade das espécies do gênero *Aeschynomene* apresenta hábito hidrófito, ocorrendo em lavouras de arroz irrigado, solos alagados e margens de cursos d’água (Rudd, 1955). Das espécies que ocorrem no Rio Grande do Sul, quatro são citadas, freqüentemente, como infestantes em lavouras de arroz: *A. denticulata*, *A. indica*, *A. rudis* e *A. sensitiva* (Kissmann & Groth, 2000). É comum ocorrer identificação incorreta de *A. rudis* em lavouras de arroz, principalmente por esta possuir caracteres morfológicos muito similares aos de *A. denticulata* e *A. indica* (Oliveira, 1991). Neste sentido, é importante a utilização de técnicas moleculares que permitam identificar e separar corretamente as espécies e detectar a variabilidade existente entre e dentro das mesmas. O conhecimento a respeito da

variabilidade genética em espécies de *Aeschynomene* ainda é restrito, mas fundamental para que se desenvolvam métodos de controle e tecnologias que se insiram em sistemas de manejo integrado de plantas daninhas.

As plantas daninhas, em geral, apresentam elevada variabilidade genética entre indivíduos dentro de uma população ou entre indivíduos pertencentes a populações distintas, exibindo, conseqüentemente, potencial para se adaptarem às diferentes técnicas de manejo e/ou de controle empregadas (Holt & Hochberg, 1997). A variabilidade genética é um importante pré-requisito para a evolução das espécies e para o sucesso no estabelecimento de espécies daninhas (Silverstow & Lovett Doust, 1993).

Variações em caracteres morfológicos e fisiológicos induzidas por diferentes condições de ambiente são imprescindíveis para o sucesso dessas plantas em ambientes adversos, principalmente no que diz respeito à sobrevivência e propagação (Schlichting, 1986; Scheiner, 1993). Elevada variabilidade genética em uma população de plantas daninhas, por exemplo, pode predispor-la à elevada frequência inicial de alelo de resistência aos herbicidas, sendo este um dos principais fatores que tem contribuído para a rápida seleção e expansão do número de biótipos resistentes a tais produtos nas últimas décadas (Vargas et al., 1999).

Com o avanço do conhecimento na área de biologia molecular, principalmente após o advento da reação em cadeia de polimerase (PCR), diversas técnicas foram desenvolvidas para detectar variabilidade genética. Entre essas, destaca-se a utilização de marcadores moleculares, como RAPD (*randomly amplified polymorphic DNA*), SSR (*simple sequence repeat*) e AFLP

(*amplified fragment length polymorphism*) (Ruas et al., 2003; Li et al., 2005; Vidal et al., 2005; Lokko et al., 2006; Miz & Souza-Chies, 2006). A escolha de determinada técnica de marcador molecular depende de sua repetibilidade e simplicidade (Milach, 1998). Desde 1994, marcadores ISSR (*inter simple sequence repeats*) têm sido utilizados para detectar variações na amplificação entre repetições de seqüências simples. ISSRs são marcadores semiarbitrários, cujos produtos são amplificados por PCR em presença de um oligonucleotídeo complementar para um microsatélite designado (Zietkiewicz et al., 1994).

Quando comparado com os demais marcadores baseados em PCR, como SSR, AFLP e RAPD, ISSRs possuem algumas vantagens: a amplificação não requer informações da seqüência do genoma e de padrões altamente polimórficos (Zietkiewicz et al., 1994). Cada fragmento amplificado corresponde a uma seqüência de DNA delimitada por dois microsatélites invertidos. Também, as seqüências-alvo dos ISSRs são abundantes ao longo do genoma de eucariontes e evoluem rapidamente (Fang & Roose, 1997; Esselman et al., 1999). ISSRs são úteis em estudos genéticos intrapopulacionais, especialmente para detecção clonal, diversidade entre espécies e dentro de populações e identificação de indivíduos bastante relacionados (Salimath et al., 1995; Oliveira et al., 1996; Ruas et al., 2003; McRoberts et al. 2005).

O objetivo do trabalho, por sua vez, foi confirmar a distribuição e caracterizar a variabilidade genética em espécies de angiquinho (*Aeschynomene* spp.) que são referidas ocorrer com freqüência em regiões orizícolas nos Estados do RS e SC.

### 2.3 MATERIAL E MÉTODOS

Coletas de sementes de angiquinho foram realizadas durante os meses de fevereiro e março de 2006, período no qual ocorre sua maturação. Foram realizadas coletas em 73 locais, das quais 56 localizavam-se no RS e 17 em SC, abrangendo as principais regiões produtoras de arroz desses Estados. Amostraram-se cerca de cinco plantas em cada local, cada qual abrangendo um raio aproximado de 10 m. As plantas foram acondicionadas individualmente em sacos de papel, identificadas e georreferenciadas através de aparelho GPS (*global position system*) portátil (Tabelas 1, 2 e 3).

Foram utilizadas no estudo três espécies de angiquinho (*Aeschynomene denticulata*, *A. indica* e *A. sensitiva*, designadas, respectivamente, por AESDE, AESIN e AESSE), para avaliação das variabilidades genéticas intrapopulacional, intra-específica e interespecífica.

As plantas de angiquinho amostradas foram identificadas, botanicamente, utilizando-se chave própria referida por Fernandes (1996).

As sementes coletadas sofreram prévia escarificação manual com lixa fina, para superação da dormência. A seguir, as sementes foram distribuídas em bandejas alveoladas de isopor, cujos orifícios estavam preenchidos com vermiculita. Nem todas as sementes coletadas em cada local amostrado foram utilizadas nas análises. Em cada alvéolo das bandejas foram colocadas cinco sementes, as quais provinham da mesma planta.

Tabela 1. Relação dos indivíduos de *Aeschynomene denticulata* utilizados para análise molecular, seus códigos de acesso e locais de coleta. Porto Alegre-RS, 2006

Código	Latitude	Longitude	Local
1.2 <sup>1</sup>	-29,80	-57,14	Uruguaiana/RS
2.1	-29,97	-57,17	Uruguaiana
20.2	-30,87	-51,80	Camaquã/RS
22.1	-31,56	-52,25	Turuçu/RS
24.1	-32,25	-52,49	Rio Grande/RS
25.1	-33,55	-53,41	Sta. Vitória do Palmar/RS
30.1	-31,02	-53,05	Piratini/RS
32.1	-30,06	-53,66	São Sepé/RS
33.1	-29,83	-53,76	Santa Maria/RS
34.2	-30,33	-54,38	São Gabriel/RS
35.1	-30,24	-54,88	Rosário/RS
38.1	-29,98	-56,84	Uruguaiana/RS
39.2	-29,90	-56,55	Uruguaiana
40.1	-29,79	-56,54	Uruguaiana
43.1	-29,50	-56,59	Uruguaiana
44.1	-29,20	-56,54	Itaquí/RS
45.1	-29,17	-56,07	Massambará/RS
47.1	-28,61	-55,76	São Borja/RS
51.2	-28,86	-56,17	São Borja
52.1	-29,32	-56,04	Alegrete/RS
53.2	-30,12	-50,61	Viamão/RS
55.1	-30,12	-50,46	Capivari do Sul/RS
56.1	-29,92	-50,43	Sto Antônio da Patrulha/RS
57.1	-29,86	-50,49	Sto Antônio da Patrulha
59.1	-29,88	-50,75	Glorinha/RS
60.2	-30,23	-52,95	Cachoeira do Sul/RS
60.3	-30,23	-52,95	Cachoeira do Sul
61.1	-30,22	-52,94	Cachoeira do Sul
61.2	-30,22	-52,94	Cachoeira do Sul
61.3	-30,22	-52,94	Cachoeira do Sul
62.1	-30,22	-52,94	Cachoeira do Sul
62.2	-30,22	-52,94	Cachoeira do Sul
62.3	-30,22	-52,94	Cachoeira do Sul
64.3	-30,20	-52,92	Cachoeira do Sul
64.4	-30,20	-52,92	Cachoeira do Sul
79.1	-29,74	-53,15	Paraíso do Sul/RS
80.2	-29,71	-53,27	Agudo/RS
81.2	-29,70	-53,44	Restinga Seca/RS
82.2	-29,73	-53,51	São João do Polêsine/RS
83.1	-29,59	-53,44	Faxinal do Soturno/RS
85.2	-29,62	-53,34	Dona Francisca/RS
87.2	-29,68	-52,94	Cerro Branco/RS

<sup>1</sup> Os primeiros números indicam o local de coleta e o segundo a planta analisada daquele local.

Tabela 2. Relação dos indivíduos de *Aeschynomene indica* utilizados para análise molecular, seus códigos de acesso e locais de coleta. Porto Alegre-RS, 2006

Código	Latitude	Longitude	Local
12.1 <sup>1</sup>	-26,97	-48,91	Gaspar/SC
15.1	-26,60	-49,03	Litoral norte de SC
16.2	-26,60	-49,05	Litoral norte de SC
17.2	-26,53	-49,02	Litoral norte de SC
20.1	-30,87	-51,80	Camaquã/RS
22.1	-31,56	-52,25	Turuçu/RS
23.2	-31,67	-52,23	Pelotas/RS
25.2	-33,55	-53,41	Sta. Vitória do Palmar/RS
26.2	-33,13	-52,95	Sta. Vitória do Palmar
27.1	-31,85	-52,57	Capão do Leão/RS
27.2	-31,85	-52,57	Capão do Leão
27.3	-31,85	-52,57	Capão do Leão
27.4	-31,85	-52,57	Capão do Leão
27.5	-31,85	-52,57	Capão do Leão
28.1	-31,83	-52,57	Capão do Leão
28.2	-31,83	-52,57	Capão do Leão
28.3	-31,83	-52,57	Capão do Leão
28.4	-31,83	-52,57	Capão do Leão
28.5	-31,83	-52,57	Capão do Leão
29.1	-31,83	-52,56	Capão do Leão
30.1	-31,02	-53,05	Piratini/RS
54.1	-30,27	-50,48	Palmares do Sul/RS
58.1	-29,86	-50,72	Glorinha/RS

<sup>1</sup> Os primeiros números indicam o local de coleta e o segundo a planta analisada daquele local.

As bandejas foram mantidas em câmara de crescimento, sob temperatura constante de 22 °C e suplementadas com 24 h de luz constante até as plântulas atingirem o estágio de quatro a seis folhas. A seguir, de cada alvéolo coletaram-se as plântulas inteiras, as quais foram trituradas e congeladas em nitrogênio líquido para posterior análise molecular. As análises moleculares foram realizadas no Laboratório de Biotecnologia Vegetal do Departamento de Plantas de Lavoura da Faculdade de Agronomia da UFRGS.

Tabela 3. Relação dos indivíduos de *Aeschynomene sensitiva* utilizados para análise molecular, seus códigos de acesso e locais de coleta. Porto Alegre-RS, 2006

Código	Latitude	Longitude	Local
3.1 <sup>1</sup>	-26,97	-48,79	Itajaí/SC
3.2	-26,97	-48,79	Itajaí
4.1	-26,96	-48,80	Itajaí
4.2	-26,96	-48,80	Itajaí
5.1	-26,97	-48,79	Itajaí
5.2	-26,97	-48,79	Itajaí
6.1	-27,03	-48,80	Itajaí
6.2	-27,03	-48,80	Itajaí
8.1	-26,99	-48,71	Itajaí
8.2	-26,99	-48,71	Itajaí
9.1	-26,97	-48,72	Itajaí
10.1	-26,86	-48,77	Ilhota
11.2	-26,96	-48,93	Gaspar/SC
14.1	-27,07	-48,87	Litoral norte de SC
16.1	-26,60	-49,05	Litoral norte de SC
18.1	-26,46	-48,94	Litoral norte de SC
19.1	-26,45	-48,92	Litoral norte de SC

<sup>1</sup> Os primeiros números indicam o local de coleta e o segundo a planta analisada daquele local.

Para extração do DNA foi desenvolvido um protocolo específico para angiquinho, resultante da combinação de parte dos protocolos para extração de DNA descritos por Glazebrook et al. (1998) e Murray & Thompson (1980), respectivamente.

Para extração do DNA, foram utilizadas 100 mg de tecido de plântulas inteiras, os quais foram congelados e triturados em nitrogênio líquido. O material foi então disposto em tubos de 1,5 ml, ao qual foram adicionados 410 µl de solução tampão (100 mM Tris-HCl, 50 mM EDTA, 500 mM NaCl), seguindo-se pipetagem de 90 µl de βmercaptoetanol. A solução foi agitada durante 10 s, sendo colocada em gelo até que todas as amostras estivessem prontas. Adicionaram-se 35 µl de SDS (dodecil sulfato de sódio) 20 %, agitando-se rapidamente e incubando-se a 65-70 °C por 10 min em banho-

maria. Após, adicionaram-se 130  $\mu\text{l}$  de acetato de potássio 5 M. Agitaram-se vigorosamente as amostras até formar um precipitado branco, sendo então incubadas em gelo por 5 min. As amostras foram então centrifugadas por 5 min a 12.000 g. Transferiu-se o sobrenadante (aproximadamente 700  $\mu\text{l}$ ) para um tubo de 1,5 ml novo e adicionaram-se 60  $\mu\text{l}$  de acetato de sódio 3 M e 640  $\mu\text{l}$  de isopropanol gelado, misturando-se suavemente por inversão.

Em seqüência, as amostras sofreram nova centrifugação por 5 min a 12.000 g, descartando-se o sobrenadante. Lavou-se então o *pellet* com 500  $\mu\text{l}$  de etanol a 70 % gelado, seguindo-se centrifugação a 13.000 g por 3 min e descartando-se novamente o sobrenadante. Depois, o DNA de cada amostra foi seco em câmara de fluxo laminar, previamente limpa. Seguiu-se a adição de 50  $\mu\text{l}$  de TE (Tris-HCl EDTA) a 0,1X com RNaseA e a incubação por 1 h em temperatura ambiente. Posteriormente, foram adicionados 5  $\mu\text{l}$  de acetato de sódio a 3 M e 100  $\mu\text{l}$  de etanol, mantendo-se as amostras a -20 °C durante 30 min. As amostras foram então centrifugadas a 12.000 g por 5 min, lavando-se de novo o *pellet* com 500  $\mu\text{l}$  de etanol a 70 % gelado. Descartado o sobrenadante, o *pellet* foi seco à temperatura ambiente, ressuspenso em 35  $\mu\text{l}$  de água ultra pura e estocado a 4 °C. O DNA foi então quantificado utilizando-se espectrofotômetro (Espectronic Gênese 2), em que as amostras de DNA foram padronizadas nas concentrações de 600  $\text{ng } \mu\text{l}^{-1}$  e 10  $\text{ng } \mu\text{l}^{-1}$ .

Para se realizar a reação em cadeia de polimerase (PCR) foi utilizado o seguinte protocolo: 5  $\mu\text{l}$  de DNA (10  $\text{ng } \mu\text{l}^{-1}$ ); 2,5  $\mu\text{l}$  de tampão PCR 10X; 2,3  $\mu\text{l}$  de  $\text{MgCl}_2$  (50 mM); 1  $\mu\text{l}$  de *primer* (10  $\mu\text{M}$ ); 0,2  $\mu\text{l}$  de Taq DNA polimerase (5 U  $\mu\text{l}^{-1}$ ); 1  $\mu\text{l}$  de DMSO; 1  $\mu\text{l}$  de dNTP (1 mM) e, 12  $\mu\text{l}$  de água ultra pura estéril

(com volume final da reação de 25  $\mu$ l). As reações de amplificação foram realizadas utilizando-se termociclador (Eppendorf Mastercycler). Foi realizada uma desnaturação inicial a 92 °C por 5 min, seguida de 40 ciclos (92 °C por 1 min; 43, 50 ou 52 °C por 45 s, dependendo do *primer* (Tabela 4); e 72 °C por 2 min). Procedeu-se uma extensão final a 72 °C por 5 min. Os *primers* correspondentes aos marcadores ISSRs utilizados e suas respectivas temperaturas de anelamento estão listados na Tabela 4.

Tabela 4. Relação dos *primers* utilizados para estudo da caracterização molecular de indivíduos de *Aeschynomene*. Porto Alegre-RS, 2006

<i>Primer</i>	Seqüência 5' – 3'	Temperatura de anelamento
(AG) <sub>8</sub> C	AGAGAGAGAGAGAGAGC	52 °C
(AG) <sub>8</sub> G	AGAGAGAGAGAGAGAGG	52 °C
(GA) <sub>8</sub> T	GAGAGAGAGAGAGAGAT	50 °C
(GA) <sub>8</sub> C	GAGAGAGAGAGAGAGAC	52 °C
(GA) <sub>8</sub> A	GAGAGAGAGAGAGAGAA	50 °C
(CT) <sub>8</sub> T	CTCTCTCTCTCTCTT	50 °C
(CT) <sub>8</sub> G	CTCTCTCTCTCTCTTG	52 °C
(AC) <sub>8</sub> T	ACACACACACACACT	50 °C
(AC) <sub>8</sub> C	ACACACACACACACC	52 °C
(CT) <sub>6</sub> RC <sup>1</sup>	CTCTCTCTCTCTRC	43 °C

<sup>1</sup> R = (A e G)

Fonte: Carvalho et al., 2005.

Os fragmentos amplificados através dos marcadores ISSRs foram submetidos à eletroforese em gel de agarose a 1,5 %, à tensão elétrica de 125 volts, em tampão TBE 1x (Tris, ácido bórico, EDTA e água). A visualização dos padrões de bandas para identificação de polimorfismos foi efetuada através da técnica de coloração com brometo de etídeo. Os géis foram então fotografados, utilizando-se o sistema Kodak Digital Science, sob iluminação UV. Os tamanhos dos fragmentos amplificados foram determinados com a utilização do programa Kodak EDAS 290 (electrophoresis documentation and analysis system), comparando-se-os com o padrão de peso molecular de 100 pares de

base (DNA Ladder Invitrogen). Os padrões de bandas gerados pelos ISSRs foram analisados com base na presença (1) ou ausência (0) de cada banda em todos os acessos.

O coeficiente utilizado para calcular a similaridade entre os diferentes acessos das espécies de *Aeschynomene* foi o de Jaccard. Para tal, valeu-se do programa computacional *Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis System* (NTSYSpc), Versão 2.1 (Rohlf, 2001). De posse dos dados de similaridade, realizou-se análise de agrupamento (módulo SHN do NTSYS), utilizando-se o método da média das distâncias (UPGMA – *unweighted pair-group method using an arithmetic average*) e construindo-se os respectivos dendogramas.

Para realizar correlações entre a variabilidade genética e a distância geográfica dos acessos, foi calculada a distância geográfica entre os pontos de coleta das sementes (estimada a partir das coordenadas geográficas) e a variabilidade genética (calculada através do coeficiente de Jaccard) comparando-se, então, todas as populações entre si (SAS, 1989).

Para verificação de similaridade genética, foram realizadas análises intrapopulacionais, ou seja, dentro de um determinado local para cada espécie de *Aeschynomene*; análises intra-específicas, realizadas entre os indivíduos dentro de cada espécie; e, análises interespecíficas, avaliando-se o conjunto dos indivíduos das três espécies.

## 2.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As plantas de angiquinho coletadas em lavouras de arroz no RS e em SC permitiram identificar a ocorrência de três espécies de *Aeschynomene*: *A.*

*denticulata*, *A. indica* e *A. sensitiva*. Nas regiões percorridas do RS predomina a espécie AESDE, a qual foi constatada em todos os locais de coleta. Segundo Rudd (1955), essa é uma espécie de origem sul-americana, com ocorrência no RS, Uruguai, Argentina e Paraguai.

Por sua vez, AESIN foi encontrada em ambos os Estados, mas ocorrendo apenas na faixa litorânea, o que confirma sua distribuição predominantemente na costa (Oliveira, 1991). Essa espécie é nativa dos Estados Unidos (Rudd, 1955). Ela foi amplamente distribuída nos trópicos e zonas temperadas mais quentes através de sementes de arroz, ocorrendo, preferencialmente, em solos arenosos irrigados (Oliveira, 1991).

No caso de AESSE, trata-se de espécie de ocorrência em SC, com distribuição especialmente no Baixo Vale Itajaí. Ela possui origem sul-americana, incluindo sua ocorrência no Brasil (Rudd, 1955).

Os resultados obtidos a partir dos estudos moleculares realizados com as três espécies de *Aeschynomene* são apresentados a seguir. Dos 10 marcadores ISSRs testados, apenas cinco, quatro e seis deles foram consistentes e permitiram amplificar os alelos polimórficos para AESDE, AESIN e AESSE, respectivamente.

#### **2.4.1 Análise intrapopulacional**

Os resultados obtidos para cada espécie de *Aeschynomene* encontraram-se referidos na Tabela 5. Observa-se que, para as três espécies analisadas, houve pequena variação na similaridade genética média intrapopulacional. O número de marcadores utilizados na análise intrapopulacional variou de quatro a seis e o número de bandas analisadas

variou de 168 a 218, encontrando-se maior percentagem de bandas polimórficas em AESIN e menor em AESSE.

Nos dendogramas gerados a partir dos dados de similaridade genética (Figuras 1, 2 e 3), o agrupamento dos indivíduos, tomando a similaridade genética média como ponto de corte, ocorreu a partir de valores acima de 0,63.

Para indivíduos de AESDE e AESIN (Figuras 1 e 2), os valores de similaridade média foram de 0,63, enquanto para os de AESSE (Figura 3) foi de 0,70. Houve alta similaridade local, próximo ao observado em espécies cultivadas, como trigo, em que Freitas et al. (2000) encontraram coeficiente de 73 %.

A análise de agrupamento hierárquico, adotando a similaridade genética média como ponto de corte, indicou que os indivíduos de AESDE oriundos de uma população de Cachoeira do Sul dividiram-se em dois grupos distintos (Figura 1), enquanto os indivíduos de AESIN coletados numa população de Capão do Leão e os de AESSE provenientes de população de Itajaí formaram três grupos (Figuras 2 e 3). Esses resultados indicam haver variabilidade genética dentro das populações, embora de baixa magnitude, sugerindo a possibilidade de ocorrer alguma fecundação cruzada naquelas espécies.

As populações escolhidas no RS para os estudos de variabilidade genética intrapopulacional deveram-se ao longo histórico dessas regiões na produção de arroz, pois Capão do Leão e Cachoeira do Sul são considerados “berços” da cultura do arroz no RS. Por sua vez, em SC o local escolhido foi Itajaí, por ser aquele onde se realizou o maior número de coletas de plantas.

Tabela 5. Número de *primers*, número de bandas, média de bandas por *primer*, tamanho dos fragmentos analisados, porcentagem de bandas polimórficas e similaridade média das análises intrapopulacionais, intra-específicas e interespecífica, respectivamente, de *Aeschynomene* spp. Porto Alegre-RS, 2006

Análise intrapopulacional						
Espécie	Nº de <i>primers</i> analisados	Nº de bandas analisadas	Média de bandas por <i>primer</i>	Tamanhos mín.-máx. (pb)	Bandas polimórficas (%)	Similaridade média intrapopulacional (Índice de Jaccard)
<i>A. denticulata</i>	5	218	7,6	340-2020	76,3	0,63
<i>A. indica</i>	4	168	5,5	420-2040	81,8	0,63
<i>A. sensitiva</i>	6	192	7,2	320-1480	51,2	0,70
Análise intra-específica						
Espécie	Nº de <i>primers</i> analisados	Nº de bandas analisadas	Média de bandas por <i>primer</i>	Tamanhos mín.-máx. (pb)	Bandas polimórficas (%)	Similaridade média intra-específica (índice de Jaccard)
<i>A. denticulata</i>	5	935	10,2	340-2020	90,2	0,59
<i>A. indica</i>	4	337	5,5	420-2040	72,7	0,64
<i>A. sensitiva</i>	6	799	7,8	320-1480	76,6	0,69
Análise interespecífica						
Espécie	Nº de <i>primers</i> analisados	Nº de bandas analisadas	Média de bandas por <i>primer</i>	Tamanhos mín.-máx. (pb)	Bandas polimórficas (%)	Similaridade média interespecífica (índice de Jaccard)
<i>Aeschynomene</i> spp.	6	1799	17,3	320-2040	100	0,25

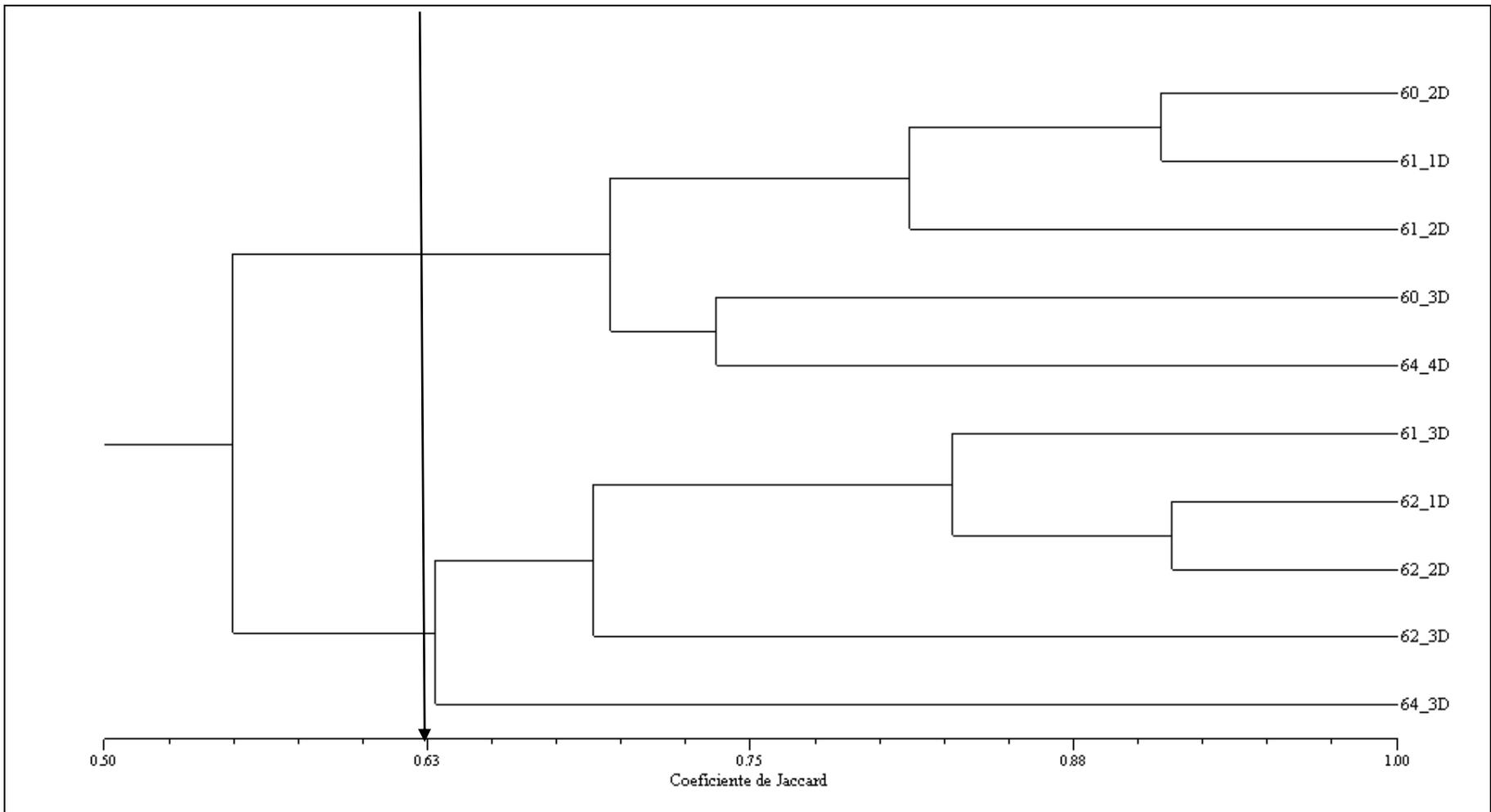


Figura 1. Dendrograma de similaridade genética intrapopulacional gerado por análise comparativa baseada em dados ISSR (*inter simple sequence repeats*) e respectiva similaridade média (seta) para angiquinho (*Aeschynomene denticulata*), a partir de sementes coletadas em Cachoeira do Sul-RS. Porto Alegre-RS, 2006.

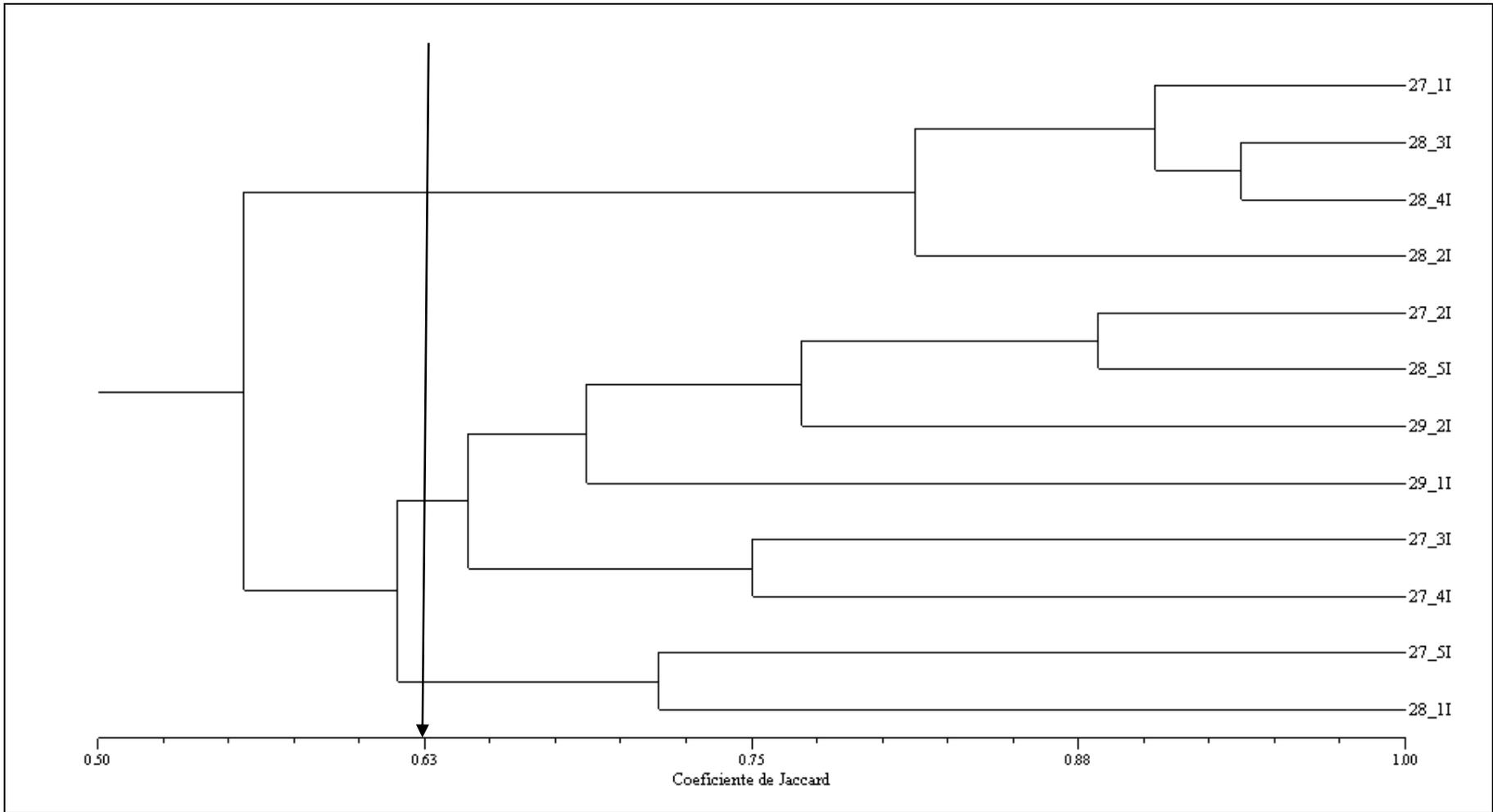


Figura 2. Dendrograma de similaridade genética intrapopulacional gerado por análise comparativa baseada em dados ISSR (*inter simple sequence repeats*) e respectiva similaridade média (seta) para angiquinho (*Aeschynomene indica*), a partir de sementes coletas em Capão do Leão-RS. Porto Alegre-RS, 2006.

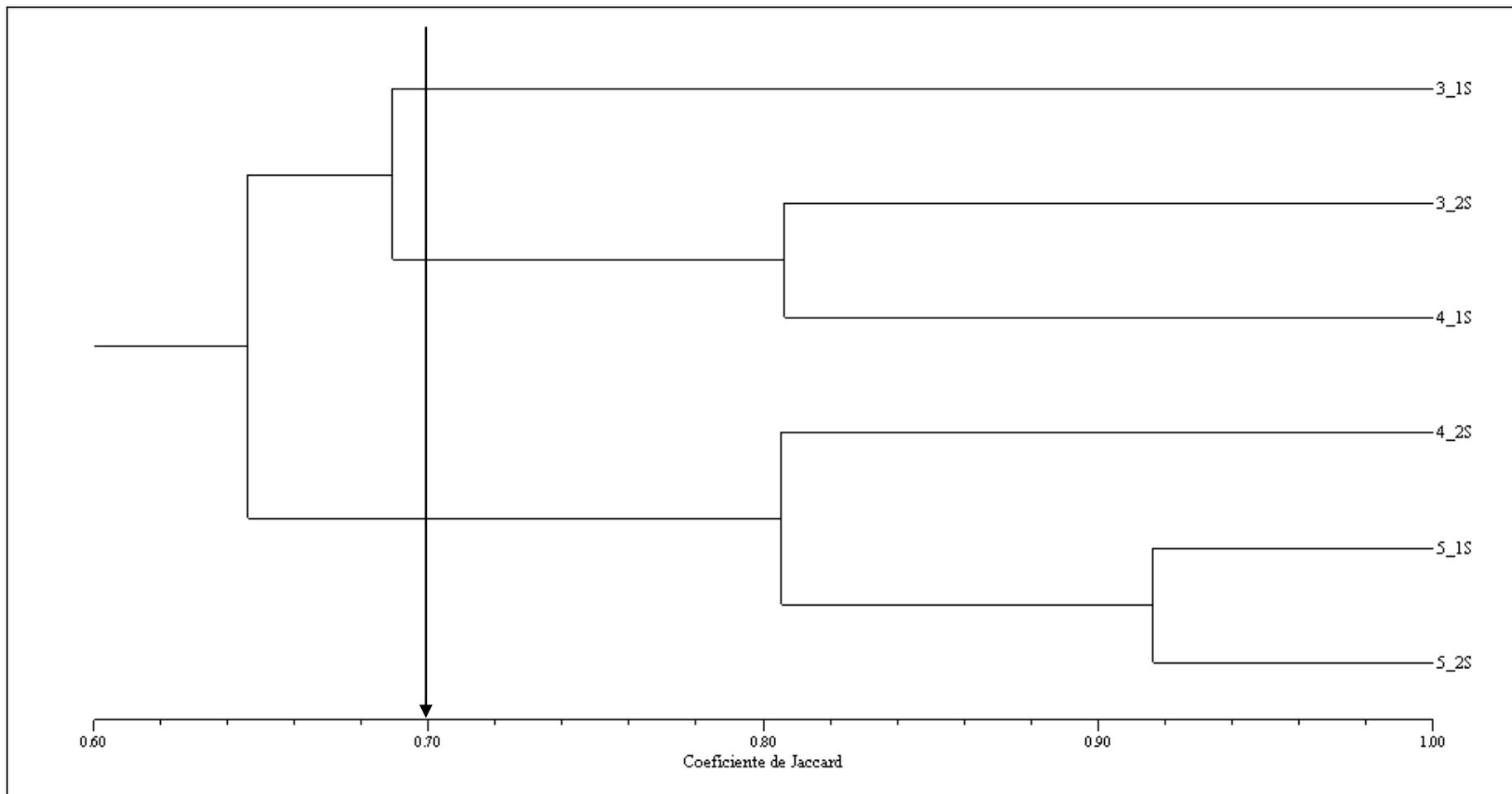


Figura 3. Dendrograma de similaridade genética intrapopulacional gerado por análise comparativa baseada em dados ISSR (*inter simple sequence repeats*) e respectiva similaridade média (seta) para angiquinho (*Aeschynomene sensitiva*), a partir de sementes coletadas em Itajaí-SC. Porto Alegre-RS, 2006.

### 2.4.2 Análise intra-específica

Os resultados referentes às espécies de *Aeschynomene* encontraram-se na Tabela 5. Observa-se que, para as três espécies analisadas, houve pequena variação na similaridade genética intra-específica. O número de marcadores utilizados na análise intra-específica variou de quatro a seis, e o número de bandas analisadas variou de 337 a 935.

Os dendogramas gerados a partir dos dados de similaridade genética (Figuras 4, 5 e 6), tomando a similaridade genética média como ponto de corte, agrupou os indivíduos a partir de valores acima de 0,59.

Em AESDE (Figura 4), o valor de similaridade genética média foi 0,59, para AESIN de 0,64 (Figura 5) e para AESSE foi 0,69 (Figura 6). Portanto, houve similaridade relativamente elevada, semelhante aos resultados encontrados na análise intrapopulacional. A partir desses resultados, pode-se inferir que os indivíduos de cada espécie, independente do local de procedência, são muito similares, geneticamente.

Os resultados encontrados para *Aeschynomene* divergem do usualmente esperado para espécies daninhas que, em geral, costumam apresentar elevada variabilidade genética em virtude das condições adversas as quais são freqüentemente submetidas, uma vez que crescem em ambientes muito variáveis e até extremos. Por exemplo, para *Euphorbia heterophylla*, Winkler et al. (2003) encontraram valor de distância genética máxima de 40 %, enquanto Rutledge et al. (2000) observaram, para *Echinochloa crus-galli*, distância genética de 43 % entre as 16 populações amostradas. Por seu turno, acessos de *Bidens* spp. resistentes aos herbicidas inibidores da enzima ALS,

coletados em diferentes locais no RS, também mostraram baixa similaridade genética, 27 % (Hernandes, 2004). No entanto, acessos de *Eichornia crassipes* (aguapé) apresentaram similaridade genética de 90 %, considerada alta, o que se explica pela forma usual de propagação que é vegetativa, o que diminui a possibilidade de recombinação genética (Cardoso et al., 2002).

Em estudos conduzidos para estimar diversidade genética, o modo de reprodução da espécie é fator determinante para explicar a ocorrência de variação genética intrapopulacional (Bartish et al., 1999). Os resultados desse trabalho estão de acordo com o método de reprodução referido para *Aeschynomene* que, em geral, apresenta alto grau de autofecundação e baixa taxa de fecundação cruzada (Hardy & Quesenberry, 1984). Eles também corroboram aqueles encontrados por McRoberts et al. (2005) para alpiste (*Phalaris minor*), espécie que, predominantemente, apresenta autofecundação, para a qual os autores verificaram elevada similaridade genética, tanto intrapopulação (88 a 90 %), como interpopulações (80 a 87 %).

Repetidos eventos de autofecundação tendem a diminuir a variabilidade genética, enquanto a fecundação cruzada atua na direção oposta (Pinto, 1995). Na partição da variabilidade nas populações, aquelas formadas por espécies alógamas caracterizam-se por grande heterogeneidade, em que cada indivíduo na população é altamente heterozigótico e distinto dos demais. As espécies alógamas são consideradas mais flexíveis do que as autógamias, por gradativamente otimizarem sua frequência gênica, adaptando-se ao ambiente onde ocorrem (Bórem, 1997).

De outro lado, as populações de espécies autógamas apresentam variabilidade intrapopulacional menor, quando comparadas com as alógamas (Pinto, 1995). A variabilidade interpopulacional compreende o conjunto de diferenças genéticas entre plantas de duas ou mais populações distintas. Para as espécies autógamas, a variabilidade interpopulacional é maior do que para as espécies alógamas, ou seja, as populações são mais distintas. Espécies autógamas são mais adaptadas ao ambiente existente, já que a ausência de dominância (pela ausência de heterozigose) tende a otimizar o desempenho dessas plantas em ambientes específicos (Pinto, 1995).

A alta similaridade intrapopulacional encontrada no presente estudo sugere que as espécies de *Aeschynomene* apresentam alto grau de autofecundação, o que, conforme indica Pinto (1995), torna-se contraditório com os valores encontrados nas análises interpopulacionais, nas quais se esperaria maior variabilidade interpopulacional. Há três hipóteses que podem sustentar a alta similaridade interpopulacional: ocorrência de fluxo gênico entre as populações e/ou intercâmbio de sementes de arroz contaminadas com sementes de angiquinho entre as propriedades e regiões de cultivo ou, ainda, problemas derivados das amostragens realizadas neste estudo, as quais podem ter incluído número insuficiente de plantas para caracterizar apropriadamente aquele processo.

A primeira hipótese é suportada pelo fato da fecundação cruzada em *Aeschynomene* depender de polinizadores, que poderiam superar barreiras de até 450 km (McKellar et al., 1991). Contudo, os autores não identificaram qual(is) agente(s) polinizador(es) seria(m) o responsável(is) pelo fluxo gênico;

além disso, não se encontram trabalhos realizados no Brasil que indiquem polinizadores em *Aeschynomene*. Plantas de angiquinho apresentam crescimento indeterminado, com a floração iniciando em janeiro e se estendendo até março, o que pode favorecer a ocorrência de fecundação cruzada, devido à presença de flores aptas à fecundação e à disponibilidade de pólen durante todo este período. Em relação à última hipótese, partiu-se da pressuposição de que a fecundação em angiquinho é autógama, de modo que as coletas de plantas foram realizadas com esta orientação. Contudo, alguns trabalhos indicam que o angiquinho apresenta alguma taxa de fecundação cruzada (Hardy & Quesenberry, 1984), embora seja baixa. Conseqüentemente, a metodologia adotada para coleta das plantas a campo pode ter sido inadequada ao tipo de fecundação, pois o sistema de amostragem pode ter mascarado a existência de variabilidade genética. Fatores que limitaram a adoção de um sistema de amostragem mais amplo foram a extensão da área abrangida no estudo e o tempo despendido para realizar as coletas das plantas, os quais comprometeram amostragens mais detalhadas em cada local.

Através da análise de agrupamento hierárquico, as populações de angiquinho foram separadas em grupos distintos (Figuras 4, 5 e 6). A espécie AESDE formou cinco grupos, mas não foi possível identificar relação entre grupos e locais, sendo que os locais apresentaram distribuição heterogênea no dendograma (Figura 4). AESIN formou dois grupos; da mesma forma, não houve agrupamento de locais. Para esta espécie, houve indivíduos geograficamente distantes que apresentaram alta similaridade genética como, por exemplo, indivíduos coletados em Santa Vitória do Palmar (extremo sul do

RS) e indivíduos coletados no nordeste de SC, locais que distam 900 km, aproximadamente.

Os grupos de indivíduos de *Aeschynomene* não estiveram ligados à origem geográfica, como foi demonstrado por Steiner & de los Santos (2001) e Johnson et al. (2002), quando estudaram alpiste e *Poa pratensis*, respectivamente. A causa para isto não está clara, mas indivíduos que possuem a mesma origem podem ter desenvolvido diferentes caracteres devido a diferenças de ambiente. Por outro lado, indivíduos de diferentes locais podem formar grupos similares, pois eles podem ter-se submetido às mesmas condições, independente do local de sua origem (Steiner & de los Santos, 2002). Finalmente, a causa para falta de ligação com a origem geográfica, também pode dever-se à troca de germoplasma entre locais ou a múltiplas transferências, como foi relatado por Johnson et al. (2002) para *Poa pratensis*.

Por outro lado, AESSE formou quatro grupos de indivíduos, em que um deles agrupou os indivíduos coletados no nordeste de SC, enquanto os demais formaram três grupos compostos por indivíduos geograficamente próximos, localizados na região do Baixo Vale do Itajaí.

As espécies AESDE e AESIN apresentaram baixas correlações entre distâncias genética e geográfica, -0,37 e -0,15 respectivamente (Figuras 7 e 8). Esses resultados corroboram a maioria dos trabalhos que, em geral, também encontraram baixas correlações. Em biótipos de *Andropogon gerardii*, Gustafson et al. (1999) encontraram valores entre -0,09 e -0,16. No caso de *Monochoria vaginalis*, encontraram-se correlações de 0,45 e 0,16 (Li et al., 2005). Da mesma forma, trabalhos realizados por Vidal et al. (2005; 2006)

indicaram nenhuma ou baixa correlação em biótipos de *Bidens pilosa*, fato que os autores atribuem ao elevado conjunto de dados amostrado.

A baixa correlação entre as distâncias geográfica e genética em angiquinho pode decorrer do fluxo de suas sementes junto com as sementes de arroz, pela dispersão natural das sementes entre lavouras através da água de irrigação ou do maquinário de colheita, seja como função da taxa de fecundação cruzada de 30 %, conforme foi relatado por McKellar et al. (1991) em espécies de *Aeschynomene*.

Por outro lado, houve correlação negativa entre distâncias genética e geográfica para AESSE, cujo valor foi relativamente elevado, -0,62 (Figura 9). Essa correlação pode dever-se às condições geográficas próprias da região de cultivo de arroz em SC, onde o cereal tem sido cultivado em vales cercados por montanhas, sem interligação das bacias hidrográficas, criando barreiras físicas naturais, o que reduziria o fluxo gênico entre regiões.

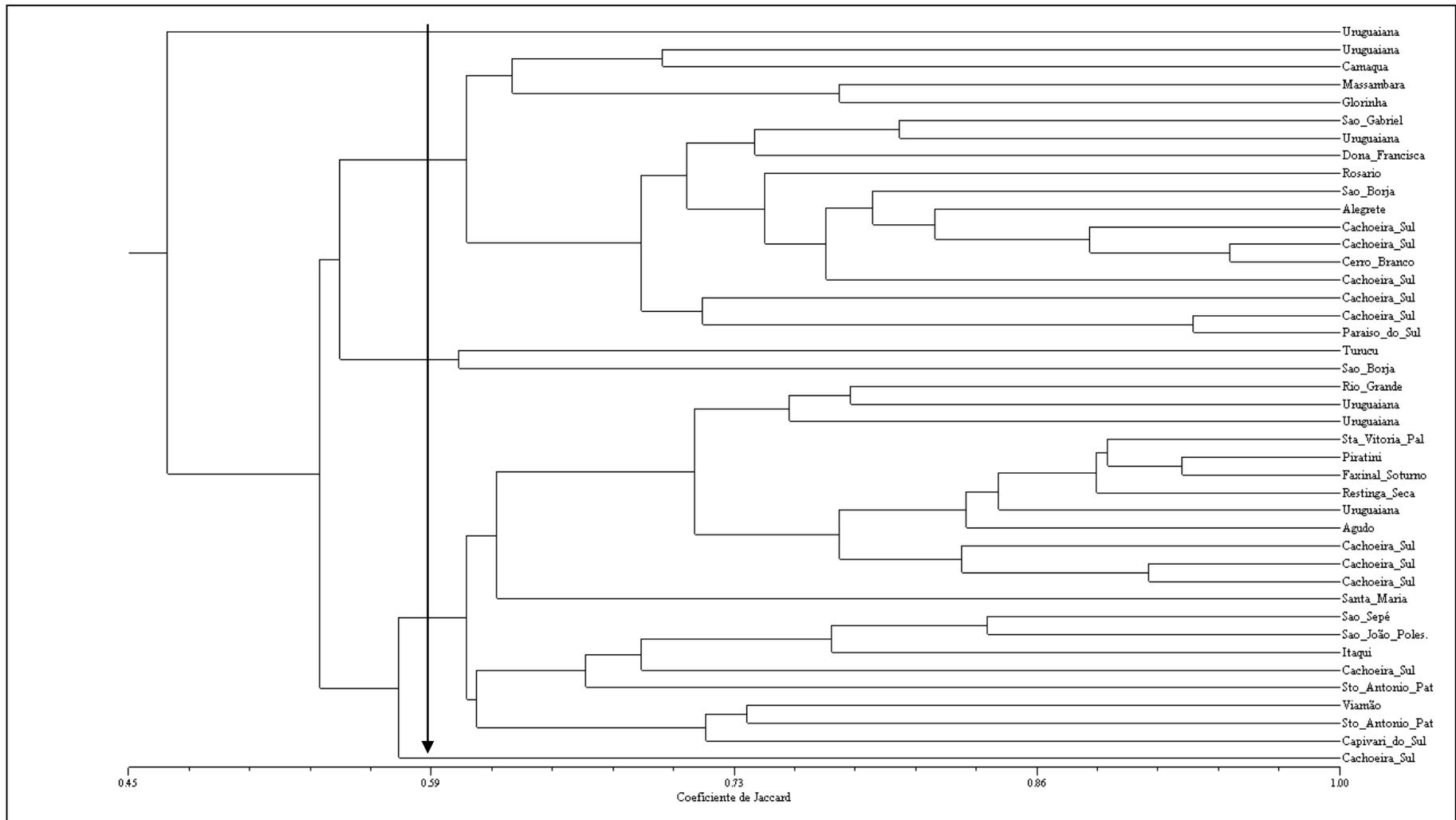


Figura 4. Dendrograma de similaridade genética intra-específica gerado por análise comparativa baseada em dados ISSR (*inter simple sequence repeats*) e respectiva similaridade média (seta) em angiquinho (*Aeschynomene denticulata*). Porto Alegre-RS, 2006.

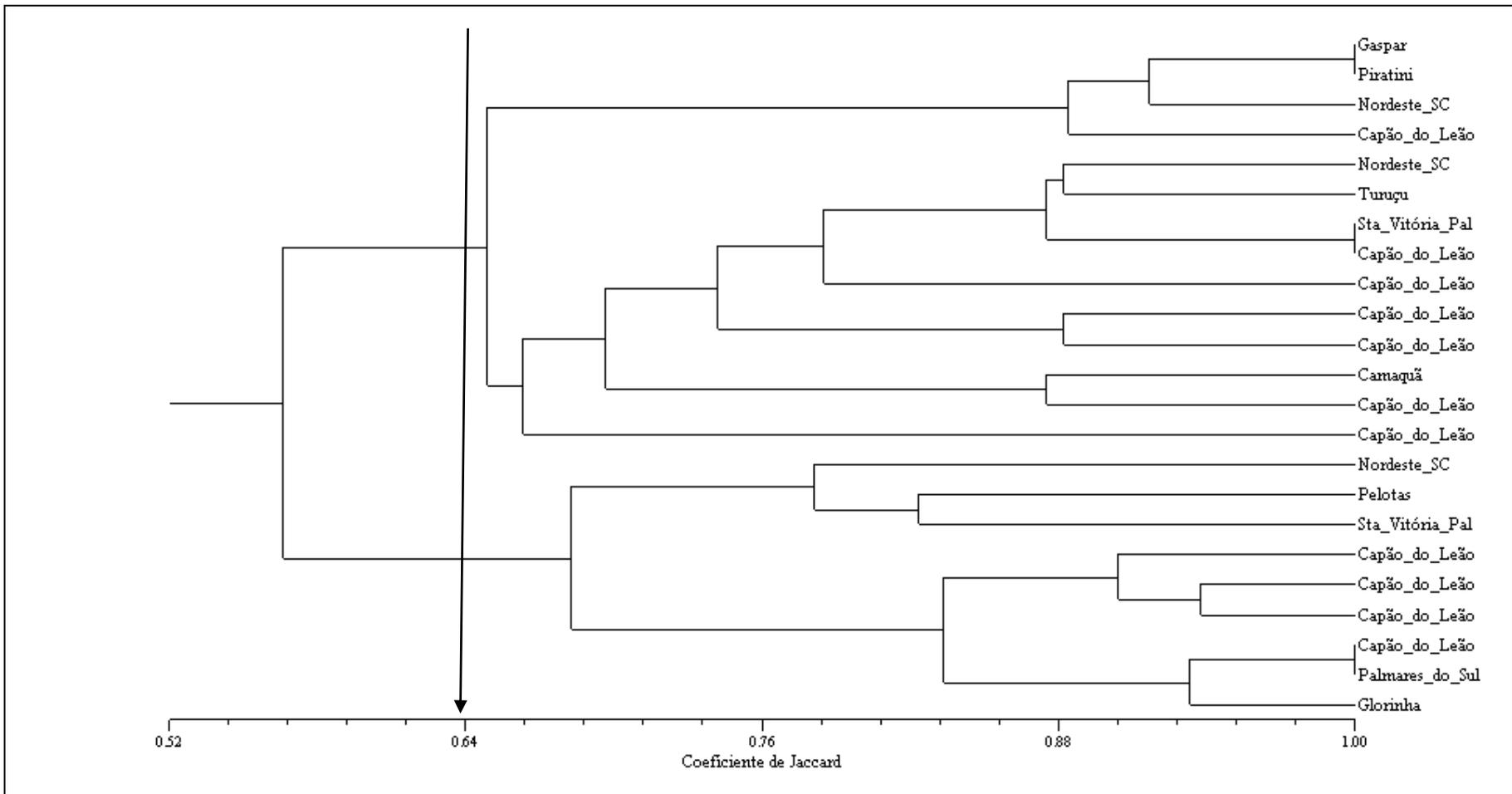


Figura 5. Dendrograma de similaridade genética intra-específica em angiquinho (*Aeschynomene indica*) gerado da análise comparativa baseada em dados ISSR (*inter simple sequence repeats*) interpopulacionais e respectiva similaridade média (seta). Porto Alegre-RS, 2006.

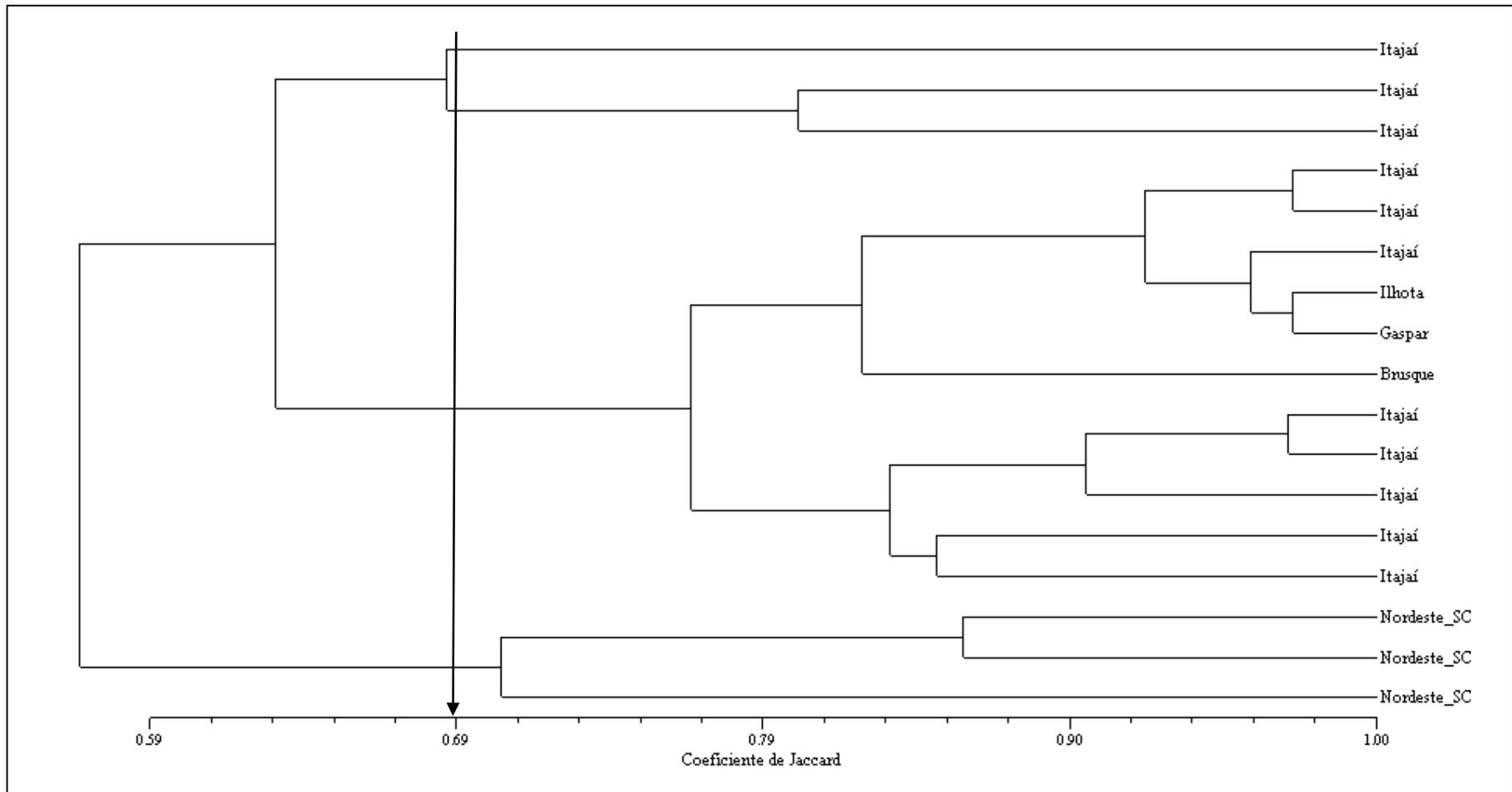


Figura 6. Dendrograma de similaridade genética intra-populacional gerado por análise comparativa baseada em dados ISSR (*inter simple sequence repeats*) e respectiva similaridade média (seta) em angiquinho (*Aeschynomene sensitiva*). Porto Alegre-RS, 2006.

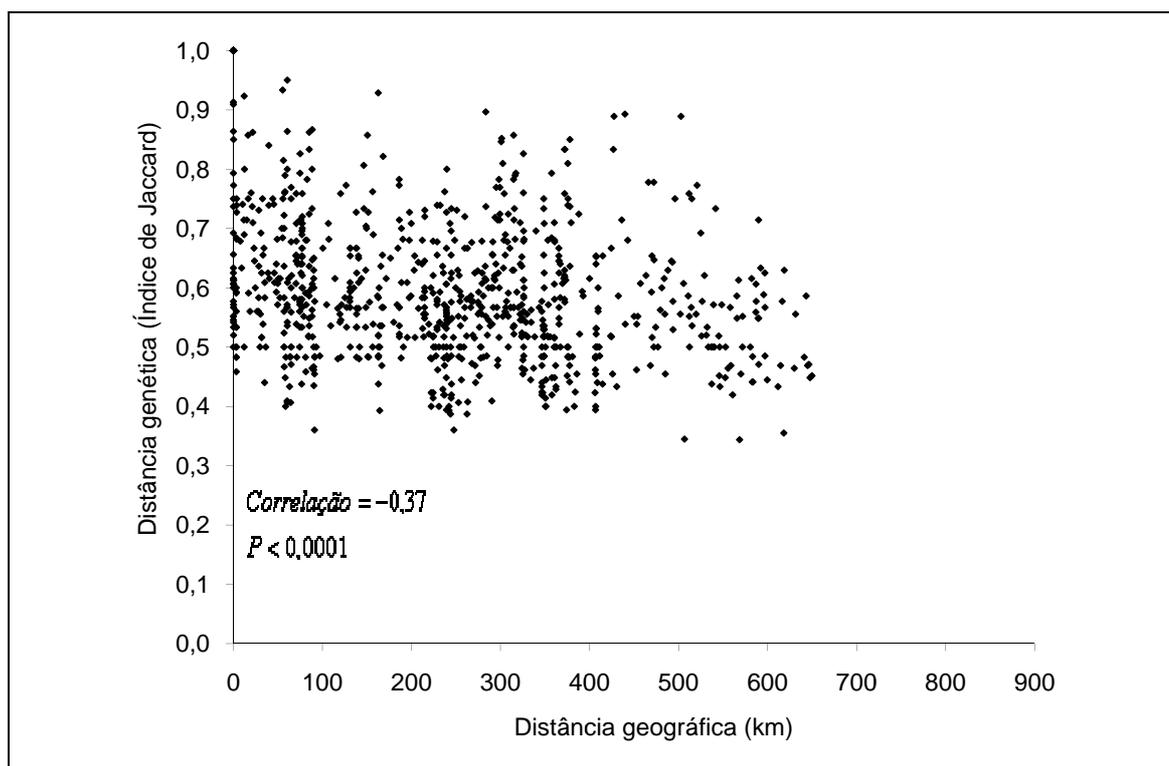


Figura 7. Correlação entre distância genética e distância geográfica obtida entre indivíduos de angiquinho - *Aeschynomene denticulata*. Porto Alegre-RS, 2006.

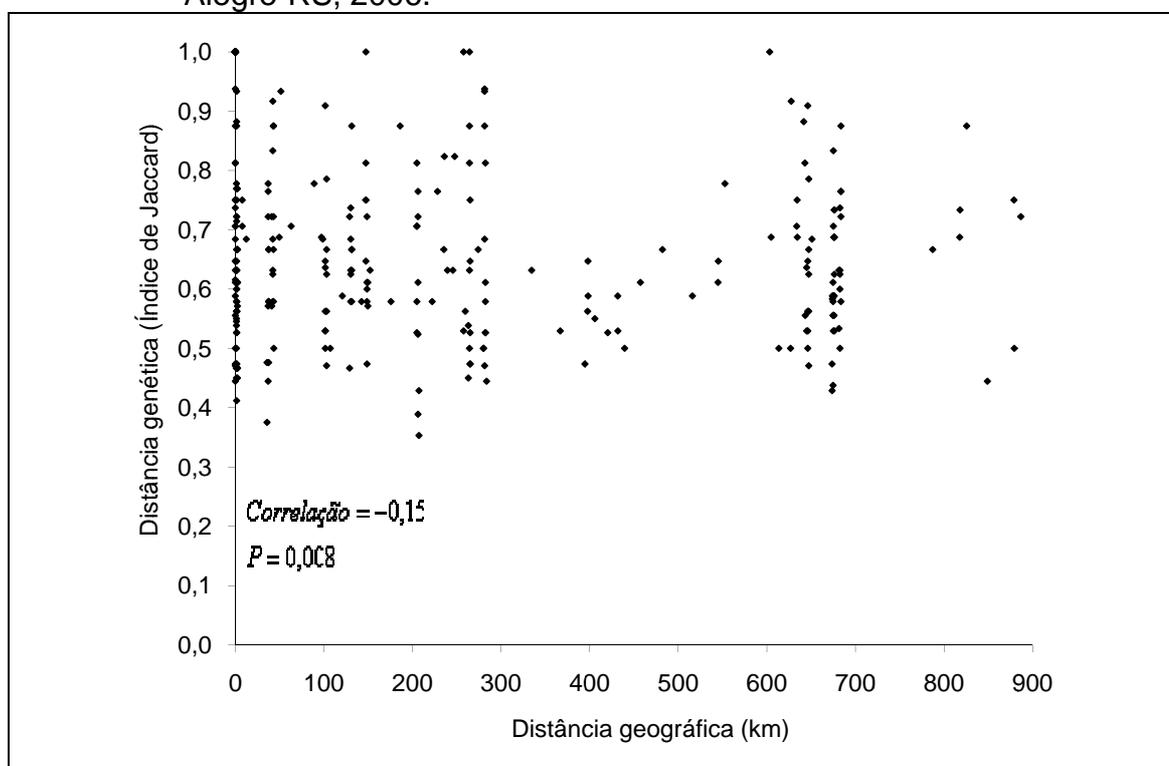


Figura 8. Correlação entre distância genética e distância geográfica obtida entre indivíduos de angiquinho - *Aeschynomene indica*. Porto Alegre-RS, 2006.

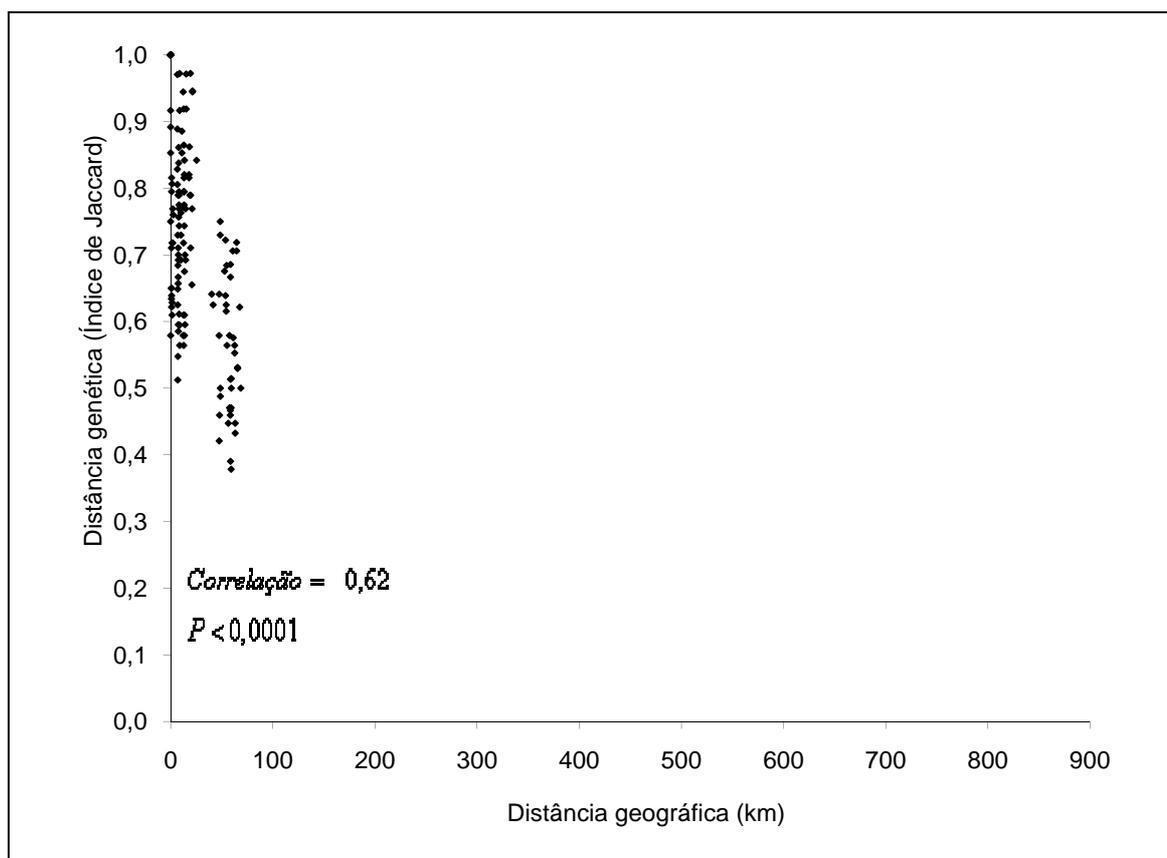


Figura 9. Correlação entre distância genética e distância geográfica obtida entre indivíduos de angiquinho - *Aeschynomene sensitiva*. Porto Alegre-RS, 2006.

### 2.4.3 Análise entre espécies

Os resultados obtidos na análise interespecífica encontraram-se relacionados na Tabela 5. Os resultados apontam para similaridade genética média interespecífica baixa. O número de marcadores utilizados na análise interespecífica foi seis e o número de bandas analisadas foi 1799.

No dendograma gerado a partir dos dados de similaridade genética (Figura 10), a formatação dos grupos, tomando a similaridade genética média como ponto de corte, ocorreu a partir do valor 0,25, o que possibilitou uma perfeita separação das três espécies em ramos distintos. Os marcadores utilizados foram eficientes para separar as espécies entre si, bem como os indivíduos da mesma espécie.

A partir dos resultados expostos, constata-se que a determinação das espécies através da utilização de chave botânica de identificação foi eficiente para separar as espécies, verificando-se que todos os indivíduos pertencentes a uma espécie compuseram o mesmo grupo. Deste modo, as chaves botânicas e as características morfológicas tradicionalmente utilizadas na identificação das espécies podem ser empregadas com segurança para separar as três espécies de angiquinho estudadas nesta pesquisa. Além disto, este método apresenta menor custo operacional do que os procedimentos que envolvem análises genéticas.

Provavelmente, este tenha sido um estudo pioneiro com aplicação de marcadores ISSR para determinar a variabilidade genética em espécies de *Aeschynomene*. A distribuição da diversidade genética indicou que as três espécies distribuem-se igualmente dentro e entre populações. A estrutura genética populacional de uma espécie é influenciada por múltiplos fatores evolutivos, incluindo sistema de reprodução, fluxo gênico, modo de reprodução e seleção natural (Godt & Hamrick, 1996). Pode-se inferir que espécies de *Aeschynomene* disponham de um sistema misto de reprodução, composto por alto grau de autofecundação e fecundação cruzada parcial e, adicionalmente, mostrem eficientes métodos de dispersão de suas sementes. Em geral, a detecção de níveis elevados de polimorfismo faz da análise de ISSR uma ferramenta poderosa na avaliação da diversidade genética, como ocorreu em *Aeschynomene*. Nenhuma das plantas individuais foi geneticamente idêntica à outra, o que indica que o nível de resolução da técnica nesse estudo foi suficiente para distinguir adequadamente os genótipos.

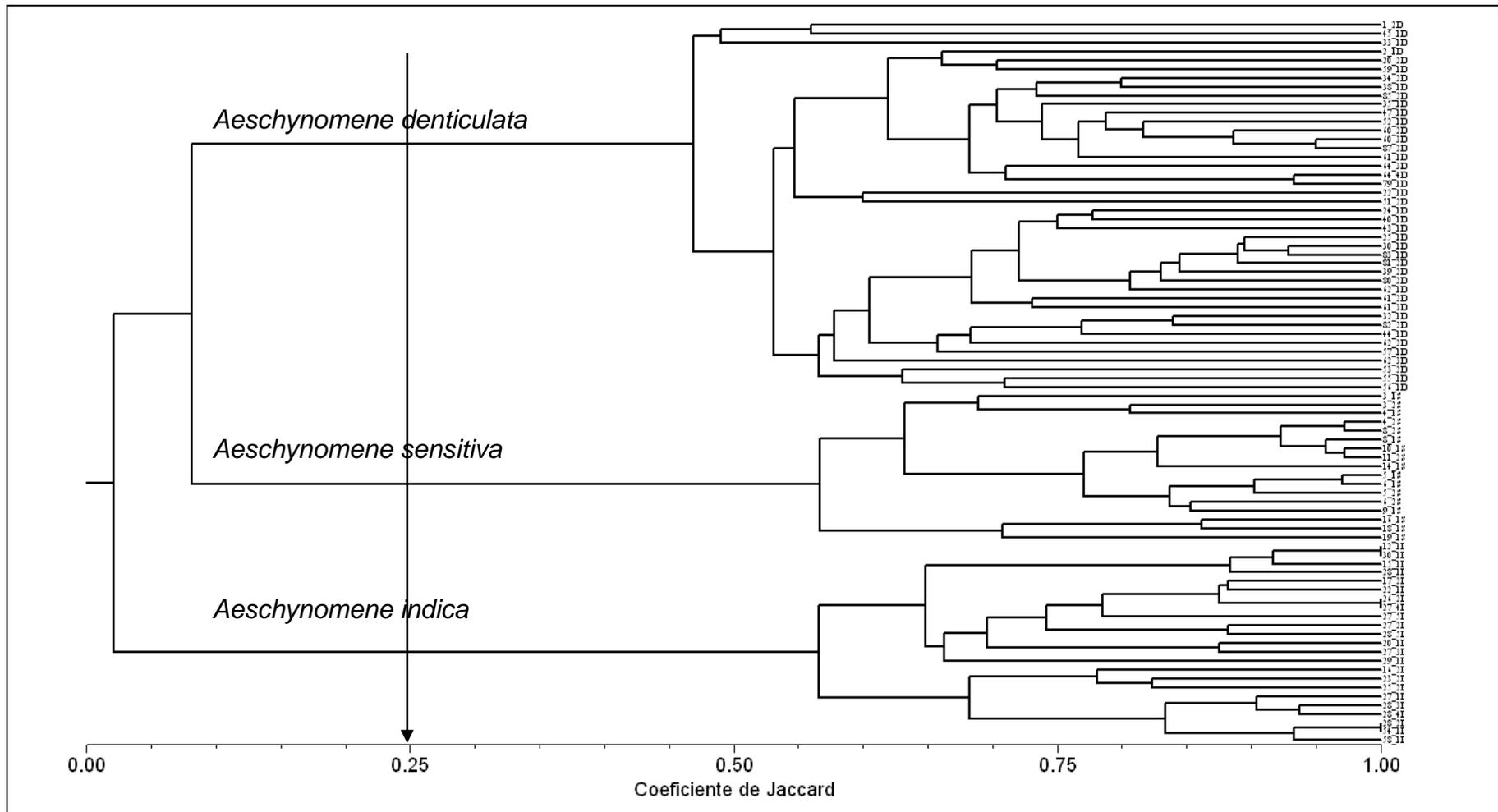


Figura 10. Dendrograma de similaridade genética interespecífica gerado por análise comparativa baseada em dados ISSR (*inter simple sequence repeats*) e respectivo valor de similaridade média (seta) para três espécies de anguinho (*Aeschynomene denticulata*, *A. indica* e *A. sensitiva*). Porto Alegre-RS, 2006.

A ocorrência de baixa variabilidade genética entre populações de *Aeschynomene* oferece uma oportunidade especial para aplicação do controle biológico de suas espécies. Os agentes de biocontrole, comumente patógenos, devem atuar especificamente em cada espécie de planta daninha. Geralmente, populações de plantas daninhas que apresentam baixo nível de diversidade genética resultam em fácil infecção e epidemia das plantas. Por outro lado, populações portadoras de alta diversidade genética podem apresentar resistência aos agentes biológicos (Burdon & Marshall, 1981). Por exemplo, a ferrugem (*Puccinia canaliculata*), quando foi aplicada para controle de *Cyperus esculentus* nos EUA, infectou apenas um genótipo específico (Okoly et al., 1997). Ainda, devido à baixa variabilidade genética encontrada nas populações de angiquinho, há grandes chances de se obter sucesso na aplicação de outras práticas de manejo ou métodos de controle, incluindo o químico, em situações diversas. Uma baixa variabilidade genética também pressupõe maior dificuldade das populações ou espécies virem a desenvolver resistência aos herbicidas, ao menos a curto ou médio prazo, em sistemas agrícolas onde haja alta pressão de seleção, como é o caso no uso repetido dos mesmos herbicidas (agentes de seleção).

## 2.5 CONCLUSÕES

A espécie *Aeschynomene denticulata* predomina em áreas de arroz do Rio Grande do Sul, *A. sensitiva* é freqüente nas lavouras de Santa Catarina e *A. indica* ocorre em ambos os Estados, ao longo da faixa litorânea;

A técnica de marcador molecular ISSR (*inter simple sequence repeats*) permite separar as espécies de angiquinho *Aeschynomene denticulata*, *A. indica* e *A. sensitiva*;

As espécies *Aeschynomene denticulata*, *A. indica* e *A. sensitiva* apresentam baixa variabilidade genética;

Existe associação entre distâncias genética e geográfica para a espécie *Aeschynomene sensitiva*, mas não para *A. denticulata* e *A. indica*;

O número de marcadores moleculares utilizados não permite agrupar as populações de *Aeschynomene indica* e de *A. denticulata*.

### 3 CAPÍTULO II

#### **Biologia e habilidade competitiva de espécies de angiquinho**

#### **(*Aeschynomene* spp.)**

##### **3.1 RESUMO**

O conhecimento de características morfológicas e adaptativas em angiquinho, principalmente nos estádios iniciais de desenvolvimento, pode fornecer subsídios para adoção de medidas eficientes para seu manejo. Os objetivos desse trabalho foram: comparar a emergência de angiquinho em diferentes profundidades no solo e sob lâmina d'água e caracterizar o crescimento inicial e a habilidade competitiva de espécies de angiquinho entre si e com arroz irrigado. Para isso, foram realizados quatro experimentos na UFRGS em Porto Alegre, RS, no período de 2004 a 2006. No estudo, avaliaram-se diversas variáveis em plantas de angiquinho e de arroz (cultivares Irga 418 e BR-Irga 409) e a produtividade de grãos de arroz. Os resultados mostram que sementes de angiquinho só emergem sob lâmina d'água quando se encontram na superfície do solo, mas não quando enterradas em solo saturado ou coberto com água. As espécies *A. indica* e *A. sensitiva* reúnem características indicadoras de potencial competitivo inicial superior ao de *A. denticulata*. As cultivares de arroz BR-Irga 409 e Irga 418 respondem da

mesma forma à presença do angiquinho e exercem capacidade competitiva equivalente sobre a infestante.

### 3.2 INTRODUÇÃO

A região Sul do Brasil ocupa posição de destaque em produção e produtividade de arroz irrigado, na qual o Rio Grande do Sul se destaca como maior produtor, com 58 % da produção nacional (Conab, 2006). No entanto, diversos fatores limitam o potencial de produtividade, dentre os quais, a interferência exercida por plantas daninhas. É comum a ocorrência de infestações de capim-arroz (*Echinochloa* spp.) e de arroz-vermelho (*Oryza sativa*), as quais representam as principais espécies daninhas em lavouras de arroz. Além dessas, encontram-se, com relativa freqüência, três espécies de angiquinho, *A. denticulata* (AESDE), *A. indica* (AESIN) e *A. sensitiva* (AESSE). O conhecimento a respeito da biologia dessas plantas e sua associação com habilidade competitiva ainda é restrito, mas essencial para se desenvolverem tecnologias que se insiram em sistemas de manejo integrado de plantas daninhas.

Uma das limitações para implantação de sistemas de manejo integrado é a carência de conhecimentos básicos sobre a biologia e a ecologia de plantas daninhas (Fernández, 1982). Neste sentido, o estudo da germinação, dinâmica de emergência e crescimento inicial das plantas daninhas, em especial de angiquinho, desempenha papel relevante. A germinação tem sido estudada para modelar e prever a dinâmica de emergência de várias espécies daninhas (Forcella, 1993). Essas informações são essenciais para se

manejarem as infestações de diferentes espécies e para se adotarem estratégias de manejo cultural e de controle químico ou biológico.

A germinação e a dinâmica de emergência das plantas são importantes para determinar as relações competitivas entre plantas daninhas e cultura (Gibson et al., 2002). As populações de plantas que se estabelecem precocemente são as que, geralmente, vencem a competição e produzem o maior número de sementes (Maluf, 1999). Igualmente, o manejo da água em arroz irrigado pode influenciar a superação da dormência de sementes, como foi evidenciado em *Heteranthera limosa* (Baskin et al., 2003), a qual mostra máxima germinação em solo alagado, condição comum encontrada no cultivo do arroz irrigado.

Em cultivos de arroz, é possível regular o nível da água na lavoura seja por irrigação contínua ou intermitente, sendo que a profundidade da lâmina é variável, dependendo do sistema de irrigação adotado. Tanto a germinação como as espécies daninhas que emergem são bastante afetadas pela umidade do solo e pela profundidade da lâmina d'água (Begum et al., 2006).

Geralmente, a profundidade da lâmina d'água e a duração da irrigação exercem grande efeito na germinação de sementes de espécies daninhas, principalmente no caso de poáceas (Begum et al., 2006). Os fatores que afetam a eficácia do manejo da água para manejar plantas daninhas incluem época de inundação (Floresca et al., 1979), a altura da lâmina, o estágio de desenvolvimento da planta (Civico & Moody, 1979), a espécie infestante e a profundidade das sementes no solo (Ismail & Hossain, 1995). Lâmina d'água de 2 cm, mantida constante, pode reduzir o crescimento de plantas em 60 %,

aproximadamente, em comparação à lâmina d'água intermitente (Kent & Johnson, 2001). Portanto, o manejo adequado da irrigação é importante na supressão de infestantes; para isso, torna-se fundamental conhecer o comportamento de cada espécie em diferentes condições de manejo.

A interferência ocasionada por plantas daninhas nos cultivos, como no de arroz irrigado, é influenciada por diversos fatores, dentre os quais, as características inerentes à própria comunidade infestante, à cultura e, principalmente, às condições de ambiente em que ambas interagem (Pitelli, 1985). A composição da comunidade infestante é fator importante em definir o grau de interferência, pois as espécies que se associam variam bastante em hábitos de crescimento e exigências em recursos do meio. Além disso, Roush & Radosevich (1985) salientam que plantas que apresentam maior porte e crescimento mais rápido são as que comumente causam maior interferência. As plantas portadoras de elevada velocidade de emergência e de rápido crescimento inicial utilizam, prioritariamente, os recursos do meio e, assim, geralmente, tornam-se dominantes e mais competitivas (Firbank & Watkinson, 1985).

Segundo teoria proposta por Grime, apud Radosevich et al. (1997), planta competidora é aquela que possui elevada velocidade de utilização dos recursos do meio, indisponibilizando-os para seus vizinhos. Assim, uma planta competidora geralmente apresenta elevada taxa de crescimento. Em uma análise teórica, Fischer & Miles (1973) estabeleceram que o aumento de 50 % na taxa de crescimento radial faz dobrar a habilidade competitiva de uma planta.

A competição entre a cultura do arroz irrigado e as plantas daninhas ocorre, principalmente, por nutrientes e luz. Gibson et al. (2001) consideram que a competição pelos recursos água e nutrientes geralmente é pouco expressiva, por estes serem supridos adequadamente pela irrigação e adubação. No caso do angiquinho, por tratar-se de uma Fabaceae fixadora de N (Becker & Ladha, 1996), este pode não ser um nutriente limitante; portanto, características de planta que confirmam elevada interceptação de luz proporcionariam maior sucesso competitivo a esses indivíduos.

A interceptação de luz pelo dossel depende, além da população e do arranjo das plantas, de um conjunto de características morfológicas, como capacidade de afilhamento, estatura de planta, número de folhas formadas, área folhar, distribuição das folhas, ângulo folhar, decumbência do limbo das folhas e produção de matéria na parte aérea (Blackshaw, 1994; Seavers & Wright, 1999).

Plantas que mostram maior acúmulo de massa (Lemerle et al., 1996), estatura (Fleck, 1980; Jannink et al., 2000) e interceptação de luz (Jannink et al., 2000) na fase inicial de desenvolvimento, costumam apresentar habilidade competitiva superior. A característica da planta competidora que, geralmente, causa maiores reduções na massa da espécie que está sendo suprimida é a massa da parte aérea. Embora esta variável seja indicadora de espécies portadores de habilidade competitiva, em experimentos que incluam poucas espécies, a estatura ou outras variáveis morfológicas podem definir adequadamente a dominância relativa entre as espécies (Gaudet & Keddy, 1988). Estudos realizados a campo demonstram que *Brachiaria brizantha*, por

exemplo, apresenta vantagem na competição com cultivares de arroz irrigado no início do ciclo, devido à maior velocidade de crescimento em estatura (Fischer et al., 1995).

Estudos sobre o crescimento de plantas têm sido freqüentemente utilizados para embasar o conhecimento da ecologia de diferentes espécies e para se efetuarem análises comparativas entre plantas daninhas e culturas (Dunan & Zimdahl, 1991; Christoffoleti et al., 1997; Radosevich et al., 1997; Brighenti et al., 2001; Christoffoleti, 2001). Neste sentido, Roush & Radosevich (1985) enfatizam que as taxas de crescimento podem refletir a habilidade e a hierarquia competitivas das espécies numa comunidade vegetal.

Na literatura, poucos são os relatos sobre a biologia de angiquinho, principalmente no que se refere à emergência, crescimento, desenvolvimento e habilidade competitiva. Em geral, os principais estudos referem-se ao seu potencial como planta forrageira ou de cobertura de solo, não enfocando aspectos sobre sua biologia. Além disso, a maioria dos estudos realizados com o gênero *Aeschynomene* enfoca a biologia do fungo *Colletotrichum gloeosporioides* f. sp. *aeschynomene*, utilizado no controle biológico do angiquinho em arroz.

Devido à ocorrência de diferentes espécies de angiquinho (*Aeschynomene* spp.) em lavouras de arroz irrigado do Sul do Brasil, faz-se necessário conhecer melhor a biologia dessas espécies e sua habilidade em interferir na cultura do arroz. O conhecimento da biologia e de características de crescimento e desenvolvimento do *Aeschynomene* spp. permitirá que se

escolham métodos de manejo mais adequados para cada espécie, reduzindo os prejuízos causados por suas infestações.

Este trabalho teve como hipóteses: o angiquinho emerge sob lâmina d'água, cujo processo é função da profundidade de posicionamento das sementes no solo; diferentes espécies de angiquinho apresentam variação em características morfológicas que influenciam no seu crescimento na fase inicial do ciclo e, espécies de angiquinho apresentam variações em características de crescimento e em habilidade competitiva entre si e com arroz irrigado.

Os objetivos do trabalho foram determinar os efeitos da profundidade de localização das sementes no solo e da altura da lâmina d'água de irrigação na emergência das plantas de angiquinho; diferenciar três espécies de angiquinho quanto às características de crescimento inicial das plantas e, comparar as habilidades competitivas relativas entre espécies de angiquinho e dessas com arroz cultivado sob irrigação.

### **3.3 MATERIAL E MÉTODOS**

Para se atingir os objetivos propostos, foram realizados quatro experimentos: três deles em casa-de-vegetação e um em telado, na Faculdade de Agronomia da UFRGS, no Município de Porto Alegre, RS, os quais foram estabelecidos no período de 2004 a 2006.

Nos experimentos em casa-de-vegetação foi utilizado como substrato solo proveniente de área cultivada com arroz na Estação Experimental do Arroz (EEA), pertencente ao Instituto Rio-Grandense do Arroz (Irga), que se localiza no Município de Cachoeirinha, RS. Este solo é classificado como Planossolo Hidromórfico Eutrófico arênico e pertence à unidade de mapeamento Vacacaí

(Embrapa, 1999). No experimento em telado foi utilizado solo coletado junto à Faculdade de Agronomia, em Porto Alegre.

Antecedendo à instalação dos experimentos, realizou-se análise físico-química dos solos, obtendo-se os seguintes resultados: argila, 17 %; matéria orgânica, 2 %; pH (em água), 5,9;  $P_2O_5$ , 17 mg l<sup>-1</sup>;  $K_2O$ , 98 mg l<sup>-1</sup> e argila, 25 %; matéria orgânica, 2,5 %; pH (em água), 5,0;  $P_2O_5$ , 9,4 mg l<sup>-1</sup>;  $K_2O$ , 72 mg l<sup>-1</sup>, respectivamente, para o solo utilizado em casa-de-vegetação e em telado.

As sementes de AESDE foram coletas no Irga em Cachoeirinha-RS, e as de AESIN e AESSE na Estação da Epagri de Itajaí-SC, em Fevereiro e Março de 2004. Em todos os experimentos foram utilizadas sementes de angiquinho previamente escarificadas de forma mecânica, por serem originalmente sementes “duras” (Ferreira, 1974).

O delineamento experimental utilizado nesses experimentos foi inteiramente casualizado, sendo que nos experimentos em casa-de-vegetação foram utilizadas cinco repetições por tratamento e no experimento em telado três repetições. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias dos tratamentos foram comparadas através do teste de Duncan, ambos ao nível de 5 % de probabilidade. Para significância dos efeitos individuais dos fatores adotou-se o nível de 5% de probabilidade e o de 10% para os casos de interação de fatores (Riboldi, 1993). Precedendo à análise de variância, foram realizados os testes de aditividade, homocedasticidade, normalidade e independência. Na seqüência, são detalhados os experimentos realizados.

### 3.3.1 Experimento 1

Para avaliar a capacidade de emergência de plântulas de angiquinho sob lâmina d'água, em função da localização das sementes no solo, foi conduzido um experimento em ambiente de casa-de-vegetação durante o mês de janeiro de 2006.

No experimento se utilizaram vasos (copos plásticos) com capacidade volumétrica de 0,2 l, preenchidos com solo, os quais foram posicionados em diferentes alturas dentro de caixas plásticas (Figura 11). As sementes de angiquinho foram posicionadas em diferentes profundidades no solo, sendo colocadas dez sementes por copo. Previamente, as sementes sofreram escarificação mecânica para superação da dormência, pois o angiquinho apresenta sementes "duras". Teste preliminar em laboratório demonstrou que menos de 5% das sementes de angiquinho germinam quando não sofrem escarificação (dados não apresentados). O nível da água nas caixas foi mantido constante, recebendo reposição diária.

Os tratamentos foram dispostos em esquema fatorial (5x4x3). O fator A correspondeu a tratamentos de condições de umidade no solo (solo saturado, próximo da capacidade de campo e lâminas d'água com alturas de 1; 2 e 4 cm); o fator B incluiu profundidades das sementes no solo (0; 1; 2 e 4 cm) (Figura 12) e o fator C englobou espécies de angiquinho (AESDE, AESIN e AESSE).

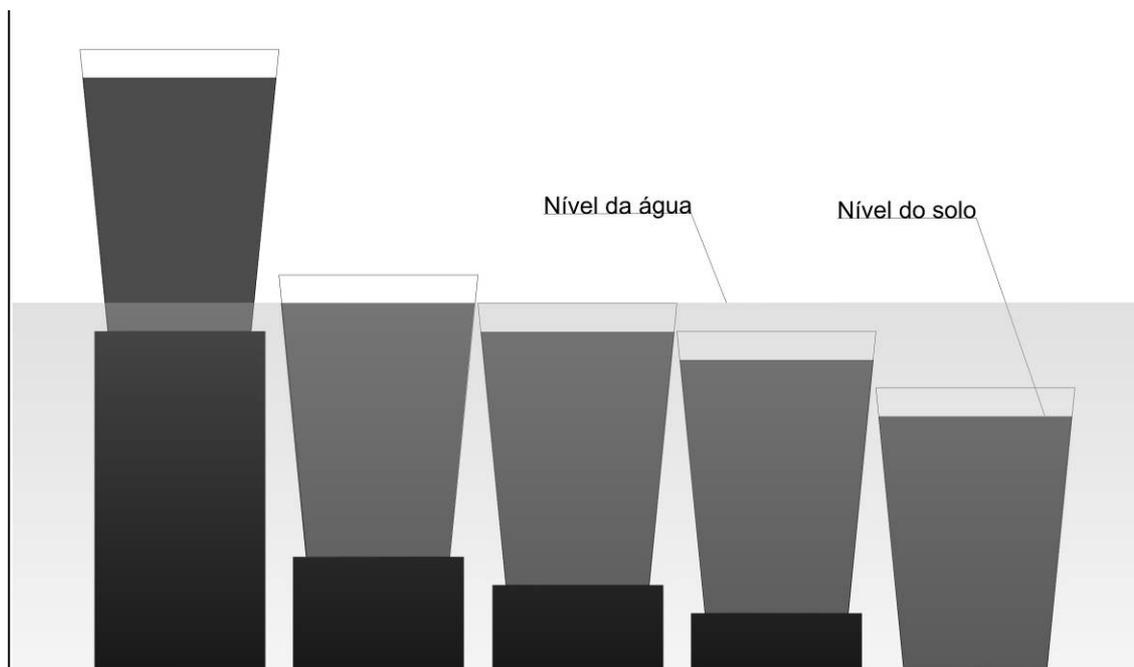


Figura 11. Ilustração dos vasos posicionados em diferentes alturas dentro de caixas plásticas contendo água, para o Experimento 1. Porto Alegre-RS, 2005.

As variáveis avaliadas foram: plântulas emergidas (%) 15 dias após a semeadura e viabilidade das sementes que não germinaram quando permaneceram sob lâmina d'água durante 30 dias. Para esta, separaram-se as sementes do solo, as quais foram colocadas em germinador, à temperatura de 25 °C, a fim de se avaliar sua eventual germinação.

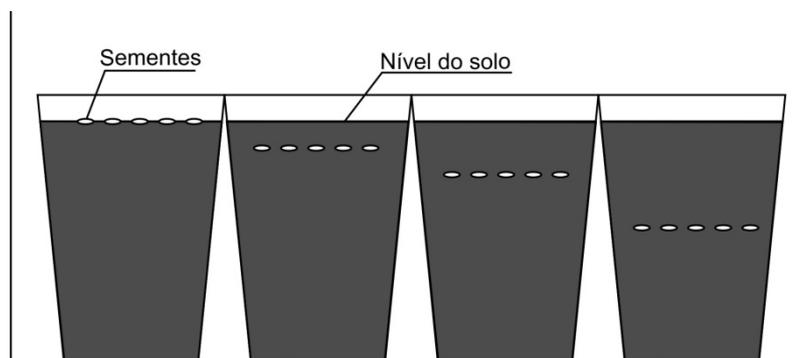


Figura 12. Ilustração da distribuição das sementes de angiquinho (*Aeschynomene* spp.) em diferentes profundidades em vasos, no Experimento 1. Porto Alegre-RS, 2005.

### 3.3.2 Experimento 2

Com a finalidade de comparar características de crescimento de espécies de angiquinho, foi conduzido um experimento em ambiente de casa-de-vegetação, no período de janeiro a fevereiro de 2005.

O experimento foi instalado em vasos (baldes plásticos), com capacidade volumétrica de 5 l, os quais foram preenchidos com solo. A semeadura dos angiquinhos foi realizada manualmente, posicionando-se as sementes à profundidade de 0,5 cm. Foram distribuídas dez sementes em cada vaso. Os tratamentos englobaram três espécies de angiquinho (AESDE, AESIN e AESSE).

As variáveis avaliadas foram: estatura de plântula (cm), número de folhas por planta, comprimento de raiz (cm), massas de raízes, caules e folhas secos ( $\text{mg planta}^{-1}$ ), amostrados em intervalos de 3 dias, durante 30 dias, iniciando-se a primeira avaliação 3 dias após a emergência (DAE).

### 3.3.3 Experimento 3

Objetivando-se comparar a habilidade competitiva entre espécies de angiquinho, foi conduzido um experimento em ambiente de casa-de-vegetação, no período de janeiro a março de 2006.

O experimento foi instalado em vasos plásticos com capacidade volumétrica de 0,5 l, os quais foram preenchidos com solo. A semeadura dos angiquinhos foi realizada manualmente, à profundidade de 0,5 cm, a partir de sementes pré-germinadas. Foram colocadas dez sementes da espécie reagente e 30 da espécie competidora por vaso, nos quais as plantas da espécie competidora circundaram as da espécie reagente (Figura 13).

Após 15 dias da emergência das plantas, procedeu-se desbaste do excesso de plantas, mantendo-se quatro indivíduos no centro e quinze plantas na borda dos vasos.



Figura 13. Arranjo da espécie reagente de *Aeschynomene* ao centro na presença (A) ou na ausência (B) de espécie competidora de *Aeschynomene* na borda, no Experimento 3. Porto Alegre-RS, 2006.

Os tratamentos foram constituídos por combinações de espécies de angiquinho (AESDE, AESIN e AESSE), conforme constam na Tabela 6.

Tabela 6. Combinações de espécies reagentes e competidoras de angiquinho (*Aeschynomene* spp.), comparadas no Experimento 3. Porto Alegre-RS, 2006

Reagente	Competidora
<i>A. denticulata</i>	Ausente
<i>A. denticulata</i>	<i>A. denticulata</i>
<i>A. denticulata</i>	<i>A. indica</i>
<i>A. denticulata</i>	<i>A. sensitiva</i>
<i>A. indica</i>	Ausente
<i>A. indica</i>	<i>A. denticulata</i>
<i>A. indica</i>	<i>A. indica</i>
<i>A. indica</i>	<i>A. sensitiva</i>
<i>A. sensitiva</i>	Ausente
<i>A. sensitiva</i>	<i>A. denticulata</i>
<i>A. sensitiva</i>	<i>A. indica</i>
<i>A. sensitiva</i>	<i>A. sensitiva</i>

As variáveis avaliadas foram: estatura de planta (cm), massas do caule e de folhas secos ( $\text{g planta}^{-1}$ ) da espécie reagente e massa da parte aérea seca

da espécie competidora. Massa “da parte aérea” seca se refere ao somatório das massas do caule e de folhas secos, avaliados 60 DAE.

### 3.3.4 Experimento 4

Com a meta de se compararem as habilidades competitivas de três espécies de angiquinho com arroz cultivado, foi conduzido um experimento na estação de crescimento 2005/06.

O experimento foi instalado em tanques de alvenaria (unidades experimentais), cada um com capacidade volumétrica de  $0,7 \text{ m}^3$  e área de superfície de  $1,3 \text{ m}^2$ , preenchidos com solo. As sementeiras do angiquinho e do arroz foram realizadas com sementes pré-germinadas, em 18/12/04, sendo que para angiquinho a densidade de sementeira objetivou obterem-se 30 plantas  $\text{m}^{-2}$ . As sementes de arroz foram distribuídas em cinco linhas espaçadas de 0,2 m, usando-se densidade de 400 sementes aptas  $\text{m}^{-2}$ . O adubo nitrogenado em cobertura foi aplicado no estágio  $V_4$  do arroz ( $200 \text{ kg ha}^{-1}$  de uréia, equivalente a  $90 \text{ kg ha}^{-1}$  de N), sendo que, a irrigação iniciou imediatamente após a adubação. O nível da água (5 cm de altura) nos tanques foi mantido constante, através de um sistema de irrigação controlado por bóias individuais (Figura 14).

Os tratamentos foram dispostos em esquema fatorial (3x2). O fator A foi formado por espécies de angiquinho (AESDE, AESIN e AESSE) e o fator B por cultivares de arroz (BR-Irga 409 e Irga 418, de ciclos médio e precoce, respectivamente). Estas cultivares foram escolhidas por apresentarem características bastante próximas exceto ciclo (Apêndice).

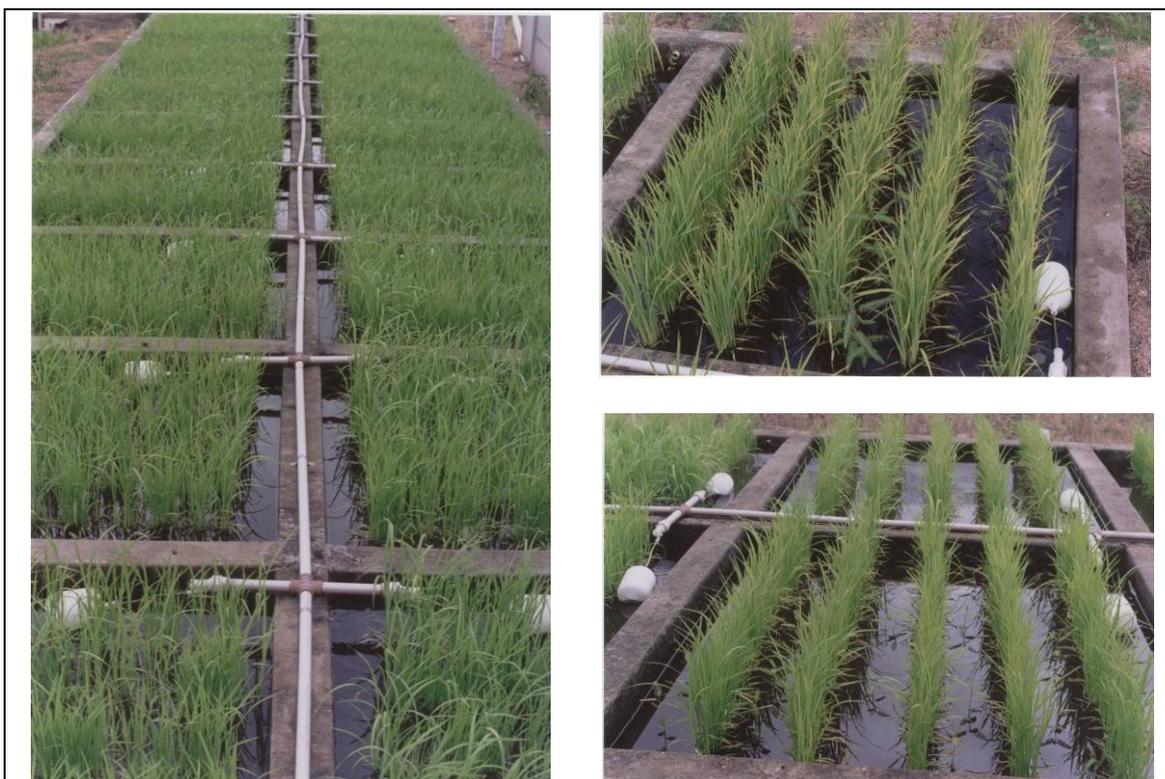


Figura 14. Tanques de alvenaria (unidades experimentais) e detalhe do sistema de irrigação utilizado na condução do Experimento 4. Porto Alegre-RS, 2004/05.

As variáveis avaliadas foram: estatura das plantas de arroz e de angiquinho aos 38, 56 e 105 DAE (cm), área da folha composta de angiquinho situada na parte intermediária da planta ( $\text{cm}^2$ ), massa das plantas secas de angiquinho por ocasião da colheita do arroz ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) e produtividade de grãos do arroz ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), para a produtividade de grãos foram colhidos um metro das três linhas centrais ( $0,6 \text{ m}^2$ ).

### 3.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir são apresentados e discutidos os resultados de cada um dos experimentos realizados.

### 3.4.1 Experimento 1

Espécies do angiquinho e alturas da lâmina d'água e sua interação influenciaram a emergência das plântulas (Figura 15A). Observaram-se diferenças significativas entre as espécies apenas quando as sementes foram semeadas em solo na capacidade de campo, independente da profundidade de semeadura. A espécie AESDE apresentou menor emergência média (38 %), quando comparada com AESIN e AESSE, que apresentaram 70 e 69 % de emergência, respectivamente.

Para todas as espécies, a germinação foi maior na condição de capacidade de campo e diminuiu gradativamente com o aumento da altura da lâmina d'água, de modo que, quanto maior foi a profundidade da lâmina, menor foi a percentagem de emergência (Figura 15B).

A altura da lâmina d'água interagiu com a profundidade das sementes no solo (Figura 16). Somente ocorreu emergência de angiquinho quando as sementes se encontravam em solo na capacidade de campo ou quando estiveram dispostas na superfície do solo. Não ocorreu emergência quando as sementes se encontravam enterradas em solo saturado ou sob lâmina d'água (Figuras 16A e 16B). A maior emergência de plântulas ocorreu em solo saturado e com as sementes localizadas na superfície do solo (84 %). Resultados semelhantes foram encontrados para *Fimbristylis miliacea* (Begum et al., 2006) e *Richardia scabra* (Biswas et al., 1975), as quais apresentaram redução na germinação com o aumento da profundidade das sementes no solo e com o aumento da altura da lâmina d'água. A diminuição da emergência com o aumento da profundidade das sementes no solo tem sido freqüentemente

demonstrada para várias espécies de plantas daninhas, incluindo *Bidens pilosa* (Reddy & Singh, 1992), *Chenopodium album* (Karim & Naylor, 1999) e *Campsis radicans* (Chachalis & Reddy, 2000).

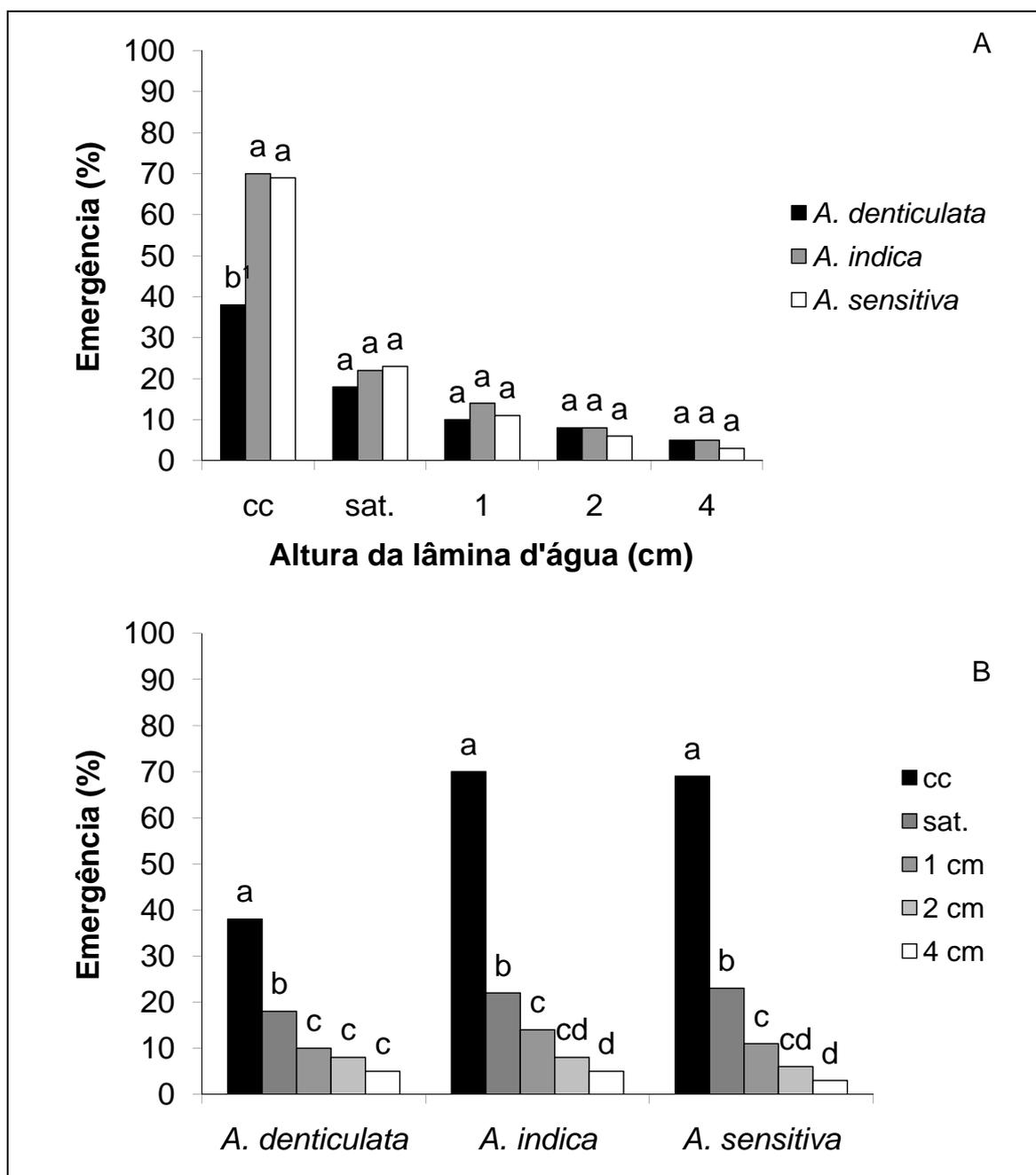


Figura 15. Emergência de plântulas de angiquinho (*Aeschynomene denticulata*, *A. indica* e *A. sensitiva*) em solo na capacidade de campo (cc), saturado com água (sat) e sob lâmina d'água de 1; 2 ou 4 cm de altura. Porto Alegre-RS, 2006.

<sup>1</sup>Letras iguais superpostas em colunas dispostas dentro do mesmo tratamento contido no eixo x, não indicam diferenças entre tratamentos pelo teste de Duncan ao nível de 5 % de probabilidade.

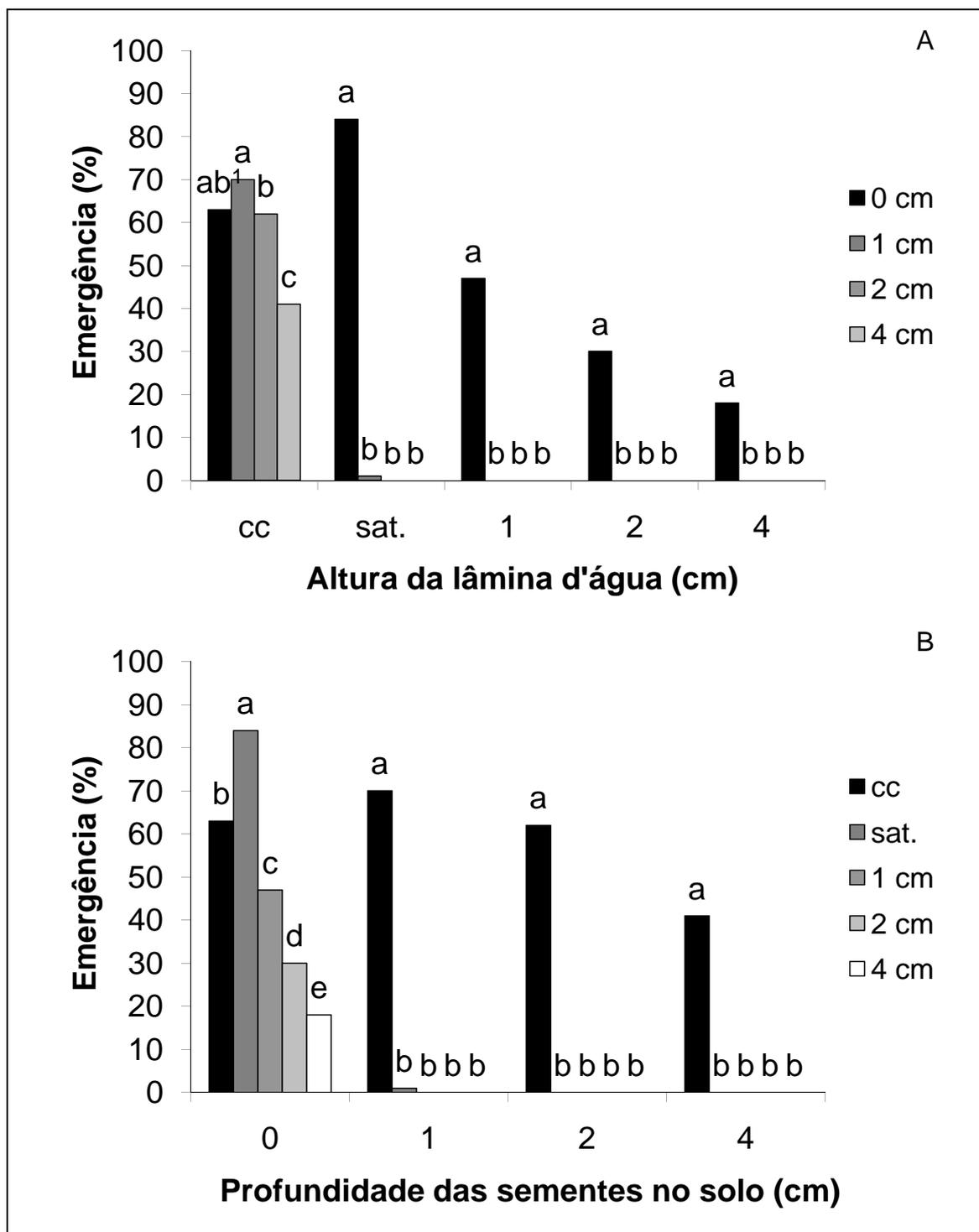


Figura 16. Emergência média de espécies de angiquinho (*Aeschynomene* spp.) em solo na capacidade de campo (cc), saturado com água (sat.) e sob lâmina d'água de 1; 2 ou 4 cm e cujas sementes foram posicionadas na superfície do solo ou às profundidades de 1, 2 ou 4 cm. Porto Alegre-RS, 2006.

<sup>1</sup> Letras iguais superpostas em colunas dispostas dentro do mesmo tratamento contido no eixo x, não indicam diferenças entre tratamentos pelo teste de Duncan ao nível de 5 % de probabilidade.

A inibição da emergência e a redução do crescimento das plantas daninhas em solos inundados podem relacionar-se às diferenças nas propriedades físicas, químicas ou biológicas do solo submerso. A água preenche os poros do solo e reduz os níveis de  $O_2$  (Smith & Fox, 1973). A deficiência de  $O_2$  é a principal restrição à germinação em solos mal drenados e inundados. Sabe-se, também, que a taxa de germinação das sementes de plantas daninhas diminui com a redução da concentração de  $O_2$  (Pons, 1982). Existe um nível parcial crítico da pressão de  $O_2$  necessário para o crescimento normal ou ótimo da planta e um nível crítico da pressão abaixo do qual não ocorre nenhum crescimento da planta (Erickson, 1946). Conseqüentemente, a redução na emergência de angiquinho, observado neste trabalho, provavelmente se relacione às condições anaeróbicas do solo inundado.

Em solo próximo da capacidade de campo ocorreu maior emergência quando as sementes se encontravam a 1 cm de profundidade (70 %), mas esta condição não diferiu da emergência de sementes posicionadas na superfície do solo (63 %) (Figura 16A). Observou-se que as germinações das sementes localizadas na superfície ou a 2 cm (62 %) também não diferiram entre si. Já, quando as sementes foram posicionadas a 4 cm, ocorreu a menor taxa de emergência (41 %).

Sementes de angiquinho colocadas na superfície do solo apresentaram maior emergência quando este se encontrava saturado (84 %); seguiram-se então aquelas semeadas em solo próximo a capacidade de campo (63 %) (Figura 16b). Ocorreram menores emergências quando as sementes se encontravam sob lâmina d'água. Quanto mais profunda foi a lâmina d'água,

maior foi a redução na emergência, de modo que sob camada de 4 cm houve apenas 18 % de emergência. Para *Fimbristylis miliacea*, Begum et al. (2006) observaram que a condição de solo saturado aumentou a emergência das plântulas e seu crescimento, por favorecer a embebição das sementes e evitar sua dessecação.

A germinação das sementes que não o fizeram sob lâmina d'água após período de 30 dias, diferiu entre as espécies (Figura 17). AESSE apresentou o maior número de sementes viáveis (43,5 %), indicando maior longevidade das sementes em condição de solo saturado, em comparação com as outras duas espécies. Por outro lado, as espécies AESDE e AESIN apresentaram baixas taxas de sementes ainda viáveis, 13,6 e 2,6 %, respectivamente, sendo que as sementes que não germinaram estavam mortas (decomposição). Estes resultados indicam que o enterramento das sementes no solo a 1 cm ou mais, seja em solo saturado ou com lâmina d'água, reduz a viabilidade de sementes de angiquinho, especialmente a dessas duas espécies, desde que a restrição à embebição (dormência) esteja superada.

A máxima emergência ocorreu quando as sementes se localizaram na superfície do solo, o que sugere que práticas como semeadura direta ou cultivo mínimo do solo aumentem o potencial de sementes viáveis emergirem se posicionadas na superfície do solo. Logo, as plântulas teriam que ser controladas através de métodos físico, cultural ou químico.

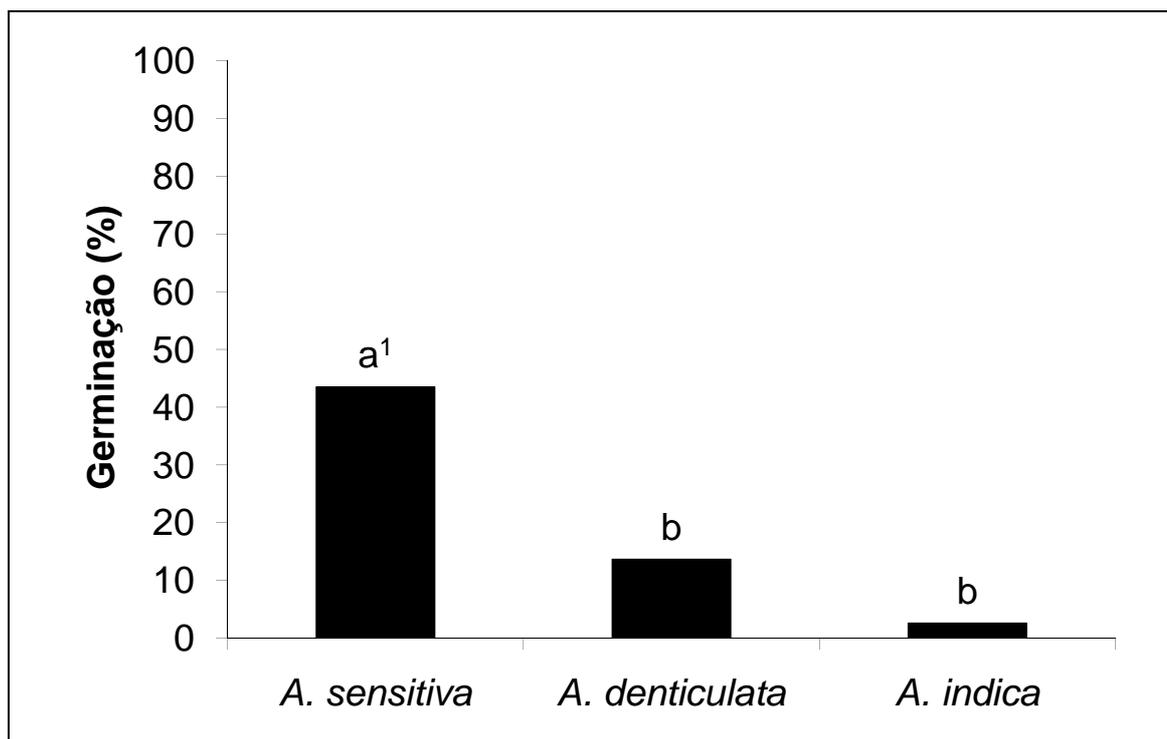


Figura 17. Germinação em laboratório das sementes de três espécies de angiquinho (*Aeschynomene* spp.) que não germinaram após permanência de 30 dias sob lâmina d'água. Porto Alegre-RS, 2006.

<sup>1</sup> Colunas contendo letras iguais não diferem entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5 % de probabilidade.

Por outro lado, o preparo do solo, com o conseqüente enterramento das sementes e o uso de irrigação precoce antes que elas possam emergir, podem constituir-se em práticas eficientes para diminuir sua emergência e reduzir o banco de sementes no solo. Verificou-se que mais de 57 % das sementes não dormentes de AESSE, 87 % das de AESDE e 97 % das de AESIN, quando enterradas no solo, foram inviabilizadas pela irrigação (Figura 17).

### 3.4.2 Experimento 2

Houve diferenças significativas no número de folhas entre as espécies de angiquinho (Tabela 7). Aos 30 DAE, o maior valor para a variável ocorreu em AESIN e o menor para AESDE. Verificou-se, ainda, para as espécies AESDE e AESSE, que o número de folhas, avaliado entre 3 e 30 DAE,

geralmente não diferiu entre elas, exceto ao final do período avaliado (Figura 18). Por outro lado, AESIN exibiu comportamento semelhante às duas até 15 DAE; contudo, a partir desta data, o número de folhas de AESIN superou as outras duas espécies, elevando-se rapidamente. Esse aumento acelerado do número de folhas em AESIN se deveu à emissão de ramos laterais, o que não foi observado nas outras duas espécies até 30 DAE.

Tabela 7. Número (Nº) de folhas expandidas por planta, estatura de planta e comprimento das raízes de três espécies de *Aeschynomene* spp., avaliados aos 30 dias após a emergência. Porto Alegre-RS, 2005

Espécies	Nº de folhas	Estatura (cm)	Comprimento das raízes (cm)
<i>A. denticulata</i>	5,4 c <sup>1</sup>	15,9 c	17,6 c
<i>A. indica</i>	15,6 a	18,5 b	27,3 a
<i>A. sensitiva</i>	7,5 b	22,1 a	21,4 b
Média	9,4	18,8	22,1
C.V. (%)	21,8	14,5	21,8

<sup>1</sup> Médias seguidas por letras iguais comparadas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5 % de probabilidade.

Até 30 DAE, AESDE e AESSE apresentaram incrementos médios de 0,19 e 0,24 folha por dia, respectivamente (Figura 18). Ao final do período de 30 DAE, as espécies mostravam diferenças significativas na variável: AESIN apresentou o maior número de folhas, seguindo-se AESSE e AESDE (15,6; 7,4 e 5,4 folhas por planta, respectivamente).

A luz representa um recurso importante para o desenvolvimento das plantas e, em geral, é o principal recurso do meio que limita a produção dos cultivos (Ransom & Oelke, 1982). O principal fator que afeta a absorção da radiação fotossinteticamente ativa é a área folhar (Paranhos et al., 1991). Assim, plantas ramificadas e que emitem maior número de folhas possuem maior capacidade de cobrir o solo e sombrear suas vizinhas. Tal

comportamento foi observado para AESIN, nos estádios iniciais de desenvolvimento, o que sugere que essa espécie possua elevado potencial de competição.

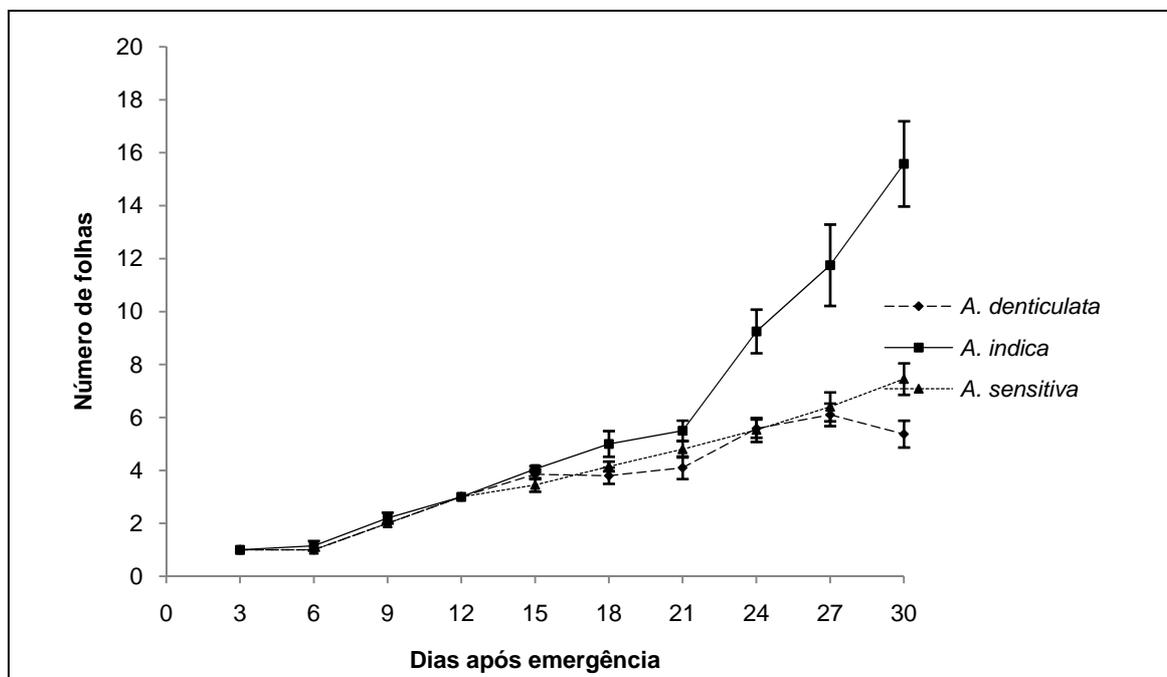


Figura 18. Incremento no número de folhas expandidas de três espécies de angiquinho (*Aeschynomene* spp.), durante os primeiros 30 dias após a emergência. Porto Alegre-RS, 2005. Barras verticais representam o erro padrão entre médias em cada data de avaliação.

As três espécies de angiquinhos diferenciaram-se no crescimento em estatura, em que, aos 30 DAE, AESSE apresentou a maior estatura, seguindo-se AESIN e AESDE (Tabela 7). Até 24 DAE, as três espécies apresentaram, essencialmente, crescimento semelhante; a partir daí, AESSE e AESIN incrementaram suas estaturas de forma mais rápida (Figura 19).

Geralmente, plantas que apresentam rápido aumento em estatura obtêm vantagem na competição por luz. Desse modo, plantas que se desenvolvem rapidamente, alcançando maiores estatura e área folhar, competem mais eficientemente pela luz (Walker et al., 1988).

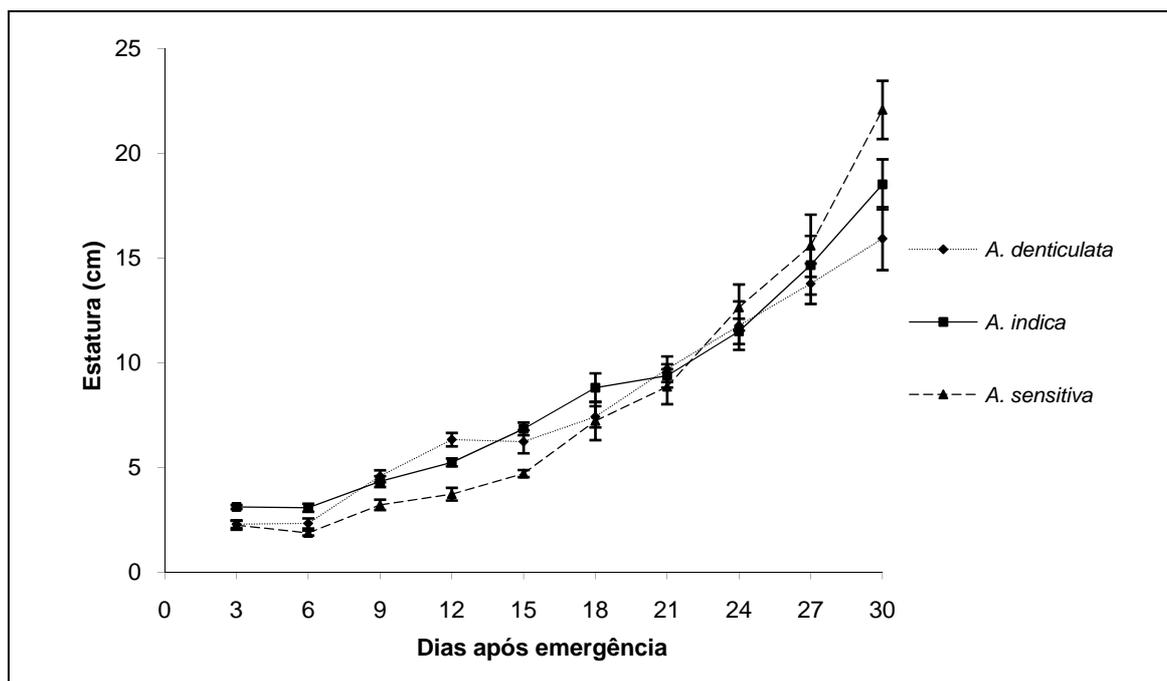


Figura 19. Incremento na estatura de plantas de três espécies de angiquinho (*Aeschynomene* spp.), durante os primeiros 30 dias após emergência. UFRGS, Porto Alegre-RS, 2005.

Barras verticais representam o erro padrão entre médias em cada data de avaliação.

As espécies de angiquinho apresentaram rápida alongação das raízes durante o período avaliado (30 DAE), mas diferiram significativamente entre si (Tabela 7 e Figura 20). A espécie AESIN apresentou maior incremento a partir de 18 DAE; já, AESSE, que mostrou a mais rápida alongação até 15 DAE, passou a alongar menos as raízes após esta data. Por sua vez, AESDE apresentou o menor crescimento relativo da variável durante o período avaliado.

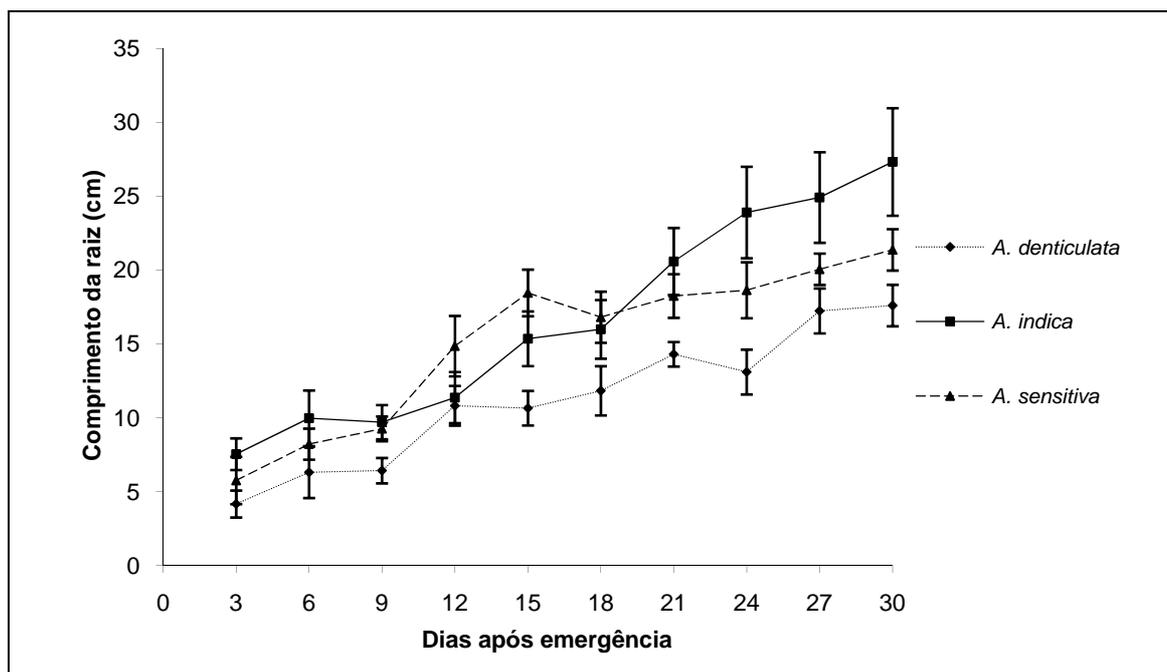


Figura 20. Incremento no comprimento das raízes de três espécies de angiquinho (*Aeschynomene* spp.), durante os primeiros 30 dias após emergência. Porto Alegre-RS, 2005.

Barras verticais representam o erro padrão entre médias em cada data de avaliação.

A massa de algumas frações das plântulas de angiquinho diferiu entre as espécies (Tabela 8). AESIN produziu mais massa de folhas secas por planta do que AESDE e AESSE foi intermediária.

Para massa de raízes secas, as três espécies de angiquinho se equivaleram na avaliação realizada aos 30 DAE (Tabela 8).

Tabela 8. Massas de folhas, colmo e raízes secos de três espécies de angiquinho (*Aeschynomene* spp.), avaliados aos 30 dias após emergência. Porto Alegre-RS, 2005

Espécies	Folhas (mg)	Colmo (mg)	Raízes (mg)	Parte aérea (mg)	Total (mg)
<i>A. denticulata</i>	79 b <sup>1</sup>	57 b	46 a	136 a	182 A
<i>A. indica</i>	119 a	67 b	64 a	186 a	250 A
<i>A. sensitiva</i>	100 ab	92 a	65 a	192 a	257 A
Média	99,3	72,5	58,3	166	230
C.V. (%)	22,2	18,6	22,3	20,4	20,9

<sup>1</sup> Médias seguidas por letras iguais, comparadas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5 % de probabilidade.

Para as espécies AESDE e AESSE, os valores de massa folhar, medidos entre 3 e 30 DAE, mostraram comportamento semelhante (Figura 21). Já, AESIN superou aquelas duas na produção de massa folhar.

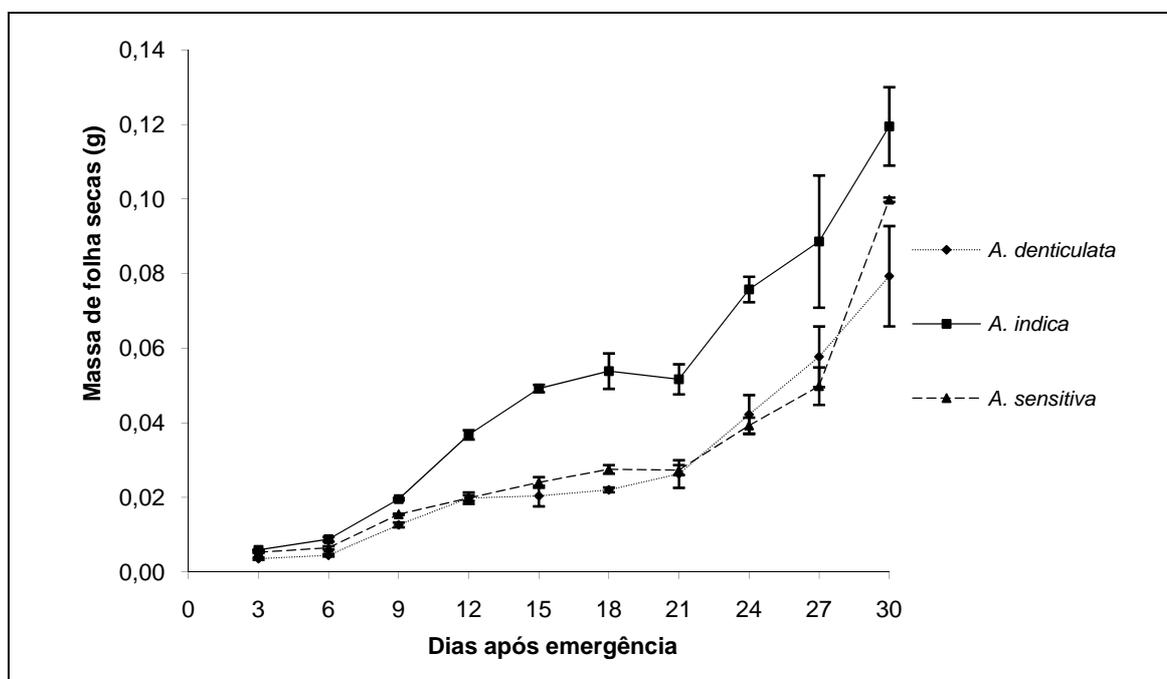


Figura 21. Massa de folhas secas de três espécies de angiquinho (*Aeschynomene* spp.), durante os primeiros 30 dias após emergência. Porto Alegre-RS, 2005.

Barras verticais representam o erro padrão entre médias em cada data de avaliação.

Houve diferença significativa na produção de massa do colmo seco das plantas aos 30 DAE (Tabela 8). AESDE e AESIN produziram menores massas de colmo, não diferindo entre si, sendo superadas por AESSE. A massa do colmo de AESDE apresentou menor incremento do que as outras duas a partir de 21 DAE (Figura 22).

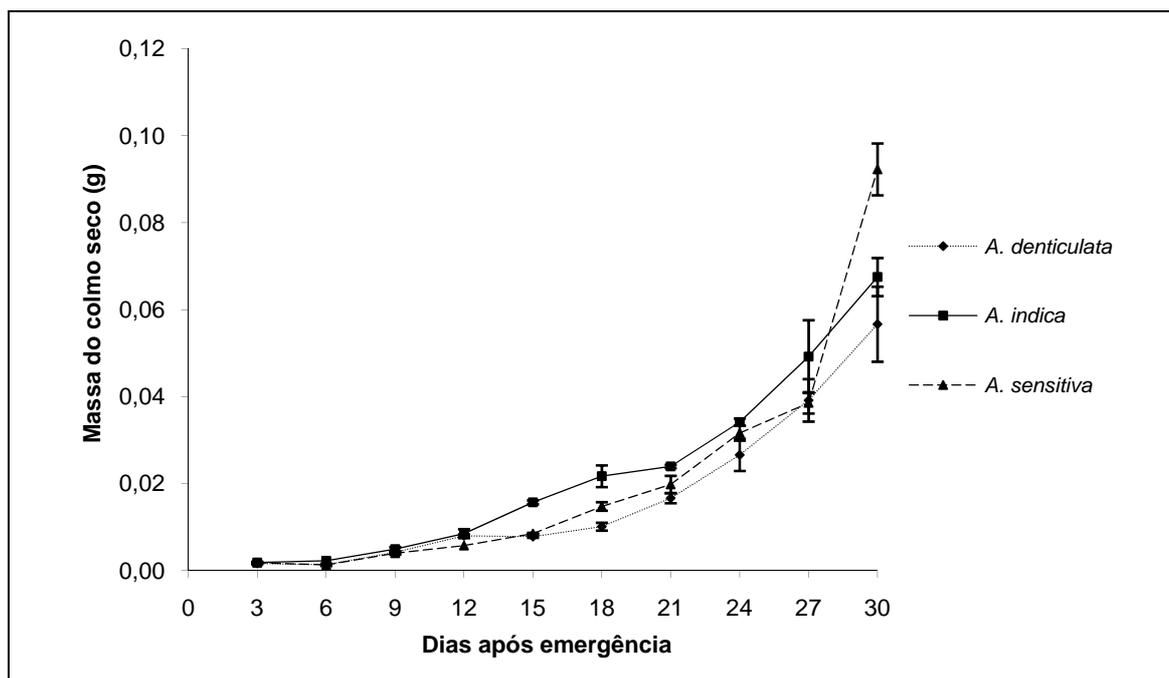


Figura 22. Massa do colmo seco de três espécies de angiquinho (*Aeschynomene* spp.), durante os primeiros 30 dias após emergência. Porto Alegre-RS, 2005.

Barras verticais representam o erro padrão entre médias em cada data de avaliação.

As massas médias das raízes, parte aérea e total das plantas secas, aos 30 DAE, não diferiram entre as espécies (Tabela 8 e 9). No entanto, em valores relativos (percentuais), as massas das plantas de AESIN e AESSE superaram as de AESDE em 37 e 41 %, respectivamente. As três espécies exibiram comportamentos equivalentes, embora, em valores relativos, AESDE apresentasse menores incrementos para as três variáveis, especialmente durante a segunda metade do período avaliado.

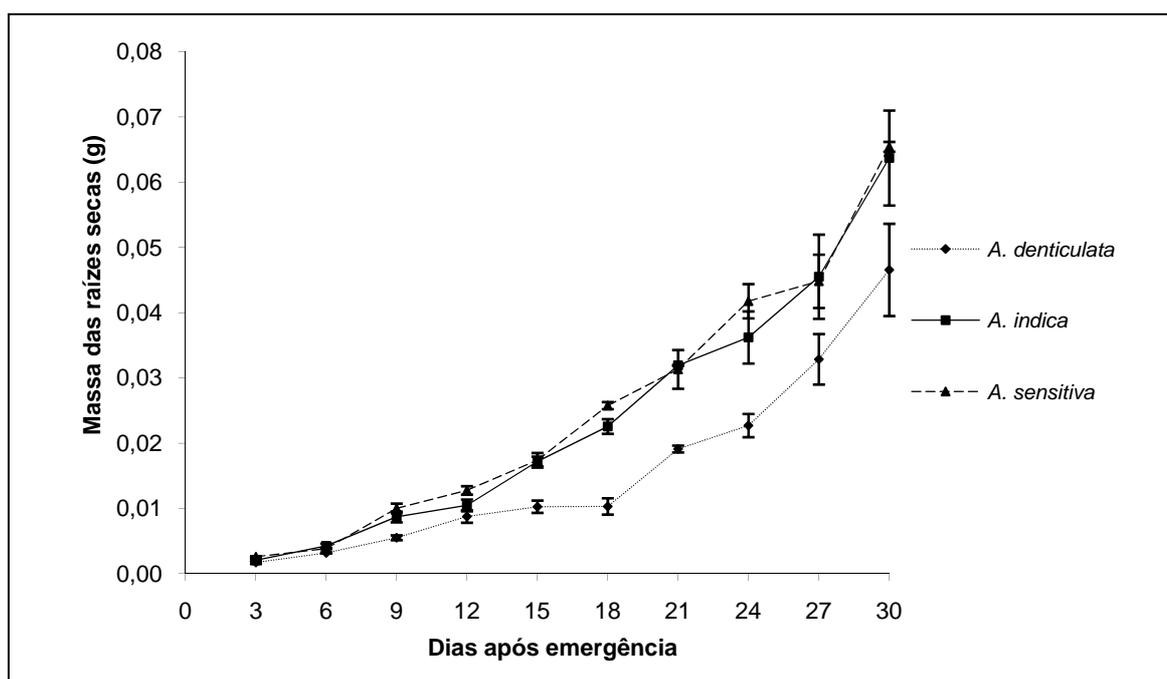


Figura 23. Massa das raízes secas de três espécies de anguinho (*Aeschynomene* spp.), durante os primeiros 30 dias após emergência. Porto Alegre-RS, 2005.

Barras verticais representam o erro padrão entre médias em cada data de avaliação.

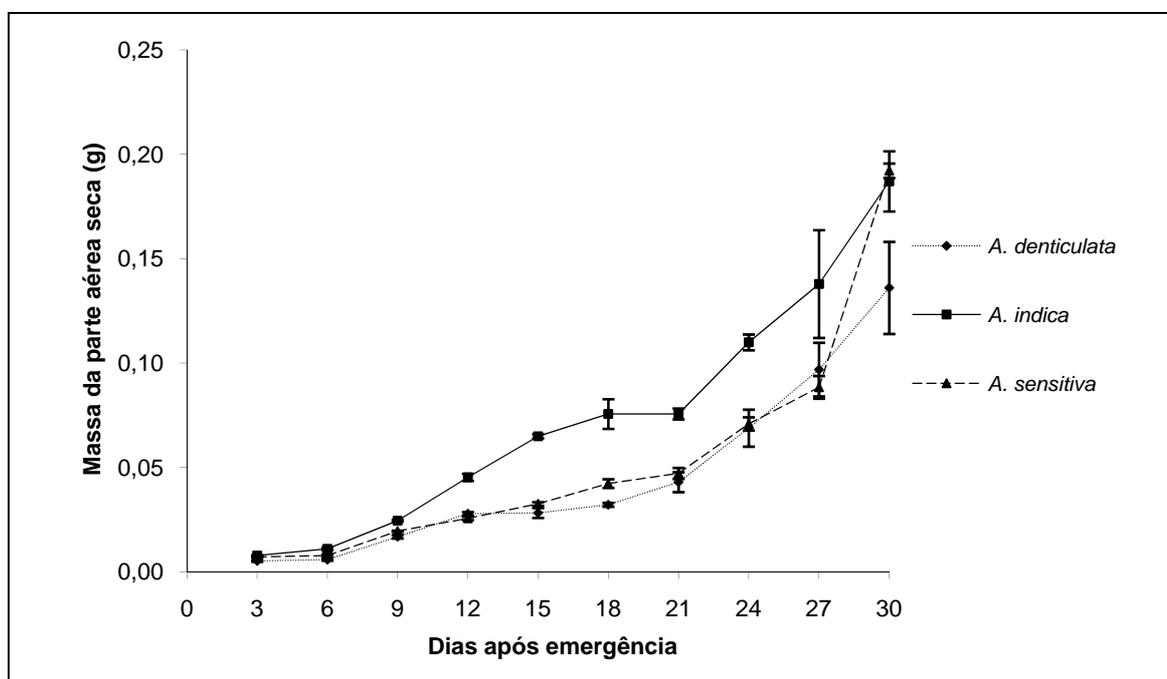


Figura 24. Massa da parte aérea seca de três espécies de anguinho (*Aeschynomene* spp.), durante os primeiros 30 dias após emergência. Porto Alegre-RS, 2005.

Barras verticais representam o erro padrão entre médias em cada data de avaliação.

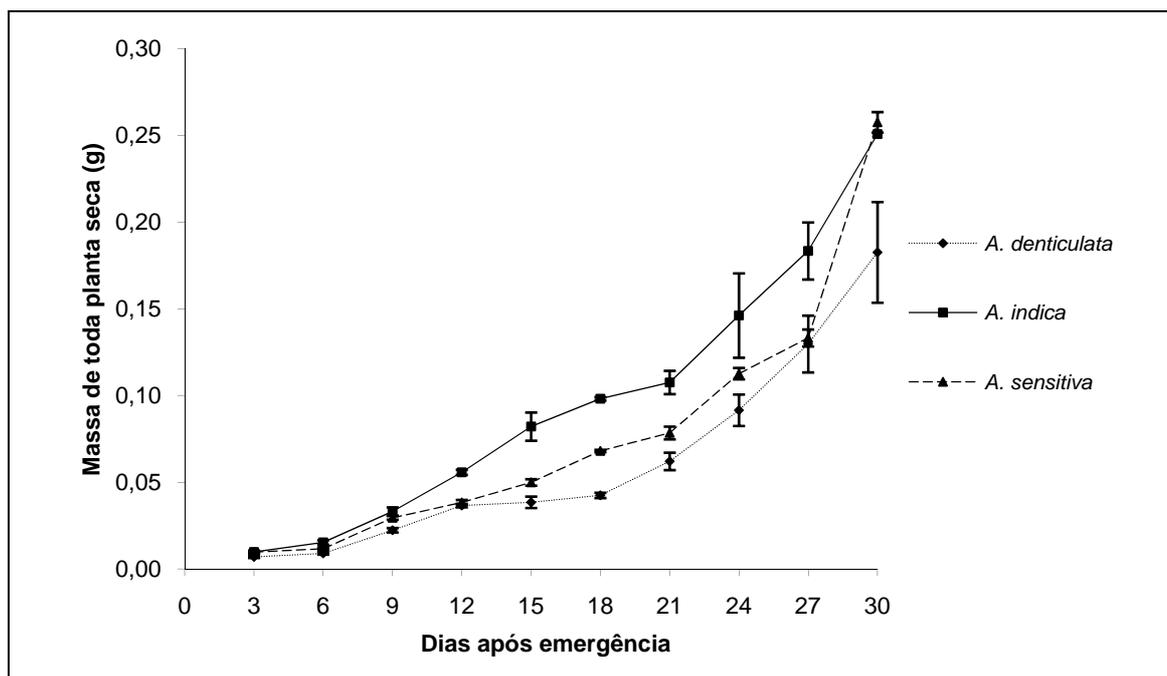


Figura 25. Massa da planta inteira seca de três espécies de angiquinho (*Aeschynomene* spp.), durante os primeiros 30 dias após emergência. Porto Alegre-RS, 2005.

Barras verticais representam o erro padrão entre médias em cada data de avaliação.

As três espécies de angiquinho apresentaram características morfológicas bem distintas, o que pode refletir diferentes potenciais em habilidade competitiva. AESIN demonstrou maior potencial competidor inicial, por apresentar maiores investimentos em parte aérea (maiores massa e número de folhas) e, também, em extensão de raiz. O investimento em parte aérea pode proporcionar maior sombreamento das plantas vizinhas, garantindo maior interceptação de luz e, por conseqüência, maior capacidade fotossintética. Já, o investimento em raízes, pode proporcionar uma exploração do solo mais eficiente, garantindo maior absorção de nutrientes e água (especialmente na fase de estabelecimento da cultura, quando ainda não foi introduzida a irrigação).

De igual modo, AESSE demonstrou possuir características de potencial competitivo vantajoso, por mostrar rápido crescimento inicial em estatura, característica importante em plantas competidoras. O rápido crescimento inicial da planta daninha evita que ela seja sombreada precocemente pela cultura, permitindo que obtenha vantagem na aquisição de luz. Em geral, plantas de porte alto demonstram maior competitividade, devido à vantagem obtida na captação de radiação solar, em relação às plantas baixas, conforme se verificou em trigo (Fleck, 1980), sorgo (Traoré et al., 2002), ervilha (McDonald, 2003) e arroz competindo com angiquinho (Schaedler et al., 2005). Além disso, o rápido crescimento em estatura, na fase inicial de desenvolvimento, como foi observado para AESSE, confere maior competitividade à espécie (Jannink et al., 2000). Paralelamente à estatura de planta, o acúmulo de área folhar elevada também apresenta influência relevante sobre a capacidade das plantas em sombrear seus vizinhos (Fischer & Miles, 1973).

Entre as espécies de angiquinho estudadas, AESDE demonstrou o menor potencial competitivo inicial, ao apresentar valores inferiores para as variáveis estudadas, o que pode refletir em menor habilidade competitiva. Provavelmente, tal comportamento decorra das características genéticas da própria espécie, que apresenta pouca ramificação, folhas pequenas e porte relativamente baixo (Fernandes, 1996). Contudo, observações efetuadas a campo, indicam que essa espécie é a que apresenta maior distribuição nas lavouras de arroz no Rio Grande do Sul, caracterizando seu sucesso adaptativo junto à cultura e relevância como planta daninha (Capítulo I).

### 3.4.3 Experimento 3

A espécie AESDE apresentou-se como a mais sensível à competição, embora a presença das plantas concorrentes (AESDE, AESIN e AESSE) não chegasse a afetar sua estatura (Tabela 9). Os efeitos causados pela presença das plantas competidoras resultaram em reduções nas massas das folhas, do caule e da planta inteira de AESDE, cujas variáveis foram reduzidas, em média, 60, 59 e 57 %, respectivamente.

Tabela 9. Estatura de planta e massas de folhas e caule e de toda a planta secos, de angiquinho (*Aeschynomene denticulata*) em associação ou não com *A. denticulata*, *A. indica* ou *A. sensitiva*. Porto Alegre-RS, 2006

Competidoras	Estatura (cm)	Massa (g)		
		Folhas	Caule	Total
Ausência	32,9 a <sup>1</sup>	0,63 a	0,41 a	1,04 a
<i>A. denticulata</i>	33,0 a	0,21 b	0,22 ab	0,52 b
<i>A. indica</i>	33,3 a	0,21 b	0,15 b	0,36 b
<i>A. sensitiva</i>	30,0 a	0,21 b	0,13 b	0,35 b
Média	32,3	0,32	0,23	0,57
C.V. (%)	13,9	44,4	46,4	42,4

<sup>1</sup> Médias seguidas por letras iguais, comparadas nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5 % de probabilidade.

AESIN, por sua vez, apresentou maior estatura quando em associação com a própria espécie, do que na ausência de competição, mas não alterou a variável quando teve por competidoras AESDE e AESSE (Tabela 10). As massas de folhas, caule e total secos das plantas reagentes de AESIN não foram afetadas pela presença de nenhuma das demais espécies competidoras.

Igualmente, AESSE, como reagente à competição, foi pouco afetada pela presença das demais espécies concorrentes (Tabela 11). Somente as massas do caule e de toda planta foram reduzidas quando na presença de AESDE como competidora. As demais variáveis da reagente não foram afetadas pela presença das competidoras.

Tabela 10. Estatura de planta e massas de folhas e caule e de toda a planta secos, de angiquinho (*Aeschynomene indica*) em associação ou não com *A. denticulata*, *A. indica* e *A. sensitiva*. Porto Alegre-RS, 2006

Competidoras	Estatura (cm)	Massa (g)		
		Folhas	Caule	Total
Ausência	30,9 b <sup>1</sup>	0,56 a	0,24 a	0,70 a
<i>A. denticulata</i>	37,0 ab	0,48 a	0,27 a	0,71 a
<i>A. indica</i>	38,2 a	0,54 a	0,32 a	0,86 a
<i>A. sensitiva</i>	33,9 ab	0,37 a	0,22 a	0,59 a
Média	35,0	0,49	0,26	0,72
C.V. (%)	13,0	39,1	34,6	34,5

<sup>1</sup> Médias seguidas por letras iguais, comparadas nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5 % de probabilidade.

Tabela 11. Estatura de plantas e massas de folhas e caule e de toda a planta secos, de angiquinho (*Aeschynomene sensitiva*) em associação ou não com *A. denticulata*, *A. indica* e *A. sensitiva*. Porto Alegre-RS, 2006

Competidoras	Estatura (cm)	Massa (g)		
		Folhas	Caule	Total
Ausência	36,6 a	0,53 a	0,46 a	0,99 a
<i>A. denticulata</i>	35,8 a	0,34 a	0,22 b	0,49 b
<i>A. indica</i>	40,1 a	0,42 a	0,42 ab	0,84 ab
<i>A. sensitiva</i>	39,0 a	0,32 a	0,29 ab	0,61 ab
Média	37,9	0,40	0,35	0,73
C.V. (%)	9,67	41,2	36,6	37,1

Médias seguidas por letras iguais, comparadas nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5 % de probabilidade.

Dentre as espécies reagentes, AESDE sofreu os maiores impactos da presença de espécies concorrentes nas variáveis relativas às massas de partes vegetais, embora sua estatura não chegasse a ser afetada (Tabela 9). Em geral, independente da espécie competidora com a qual aquela esteve associada, todas as variáveis relativas às massas vegetais foram reduzidas, quando comparadas à ausência de plantas concorrentes. Em competição com cultivares de arroz em estágio inicial de desenvolvimento a estatura do AESDE foi pouco afetada pelas cultivares de arroz (Schaedler et al., 2005).

Por outro lado, para AESIN ocorreram respostas um tanto quanto divergentes daquelas relatadas para AESDE. Para aquela, não se constataram

diferenças significativas para as variáveis relacionadas às massas de frações da planta (Tabela 10). No entanto, para estatura, verificou-se incremento da variável quando a espécie esteve associada com plantas dela própria, comparativamente à ausência de plantas competidoras. Salienta-se que, para a espécie reagente AESIN, ocorreram reduções, em valores relativos, entre 8,3 e 34 % para variáveis relativas às massas vegetais, na comparação entre presença de AESSE e ausência de plantas concorrentes.

Situação inversa à anterior foi detectada para AESIN quando se comparam, em termos relativos, os valores de massas na presença de plantas da própria espécie versus ausência de plantas concorrentes; neste caso, para massas de caule e total ocorreram incrementos de 33 e 23 %, respectivamente (Tabela 10).

Em parte, não foram detectadas diferenças significativas para algumas variáveis relativas às frações de planta devido aos elevados coeficientes de variação geralmente obtidos para tais variáveis.

#### **3.4.4 Experimento 4**

Ao se compararem as estaturas de plantas de arroz com as de angiquinho, verifica-se que as estaturas dessas foram equivalentes entre si até 56 DAE, época em que ultrapassaram o arroz em estatura (Figura 26). Aos 106 DAE, época da colheita do arroz, AESSE apresentou a maior estatura (média de 2,5 m), seguindo-se AESDE e AESIN, com estaturas médias de 1,5 e 1,4 m, respectivamente (Figura 26). As duas cultivares de arroz avaliadas (Irga 418 e BR-Irga 409) apresentaram crescimentos equivalentes, atingindo estaturas médias de 0,8 m ao final do ciclo.

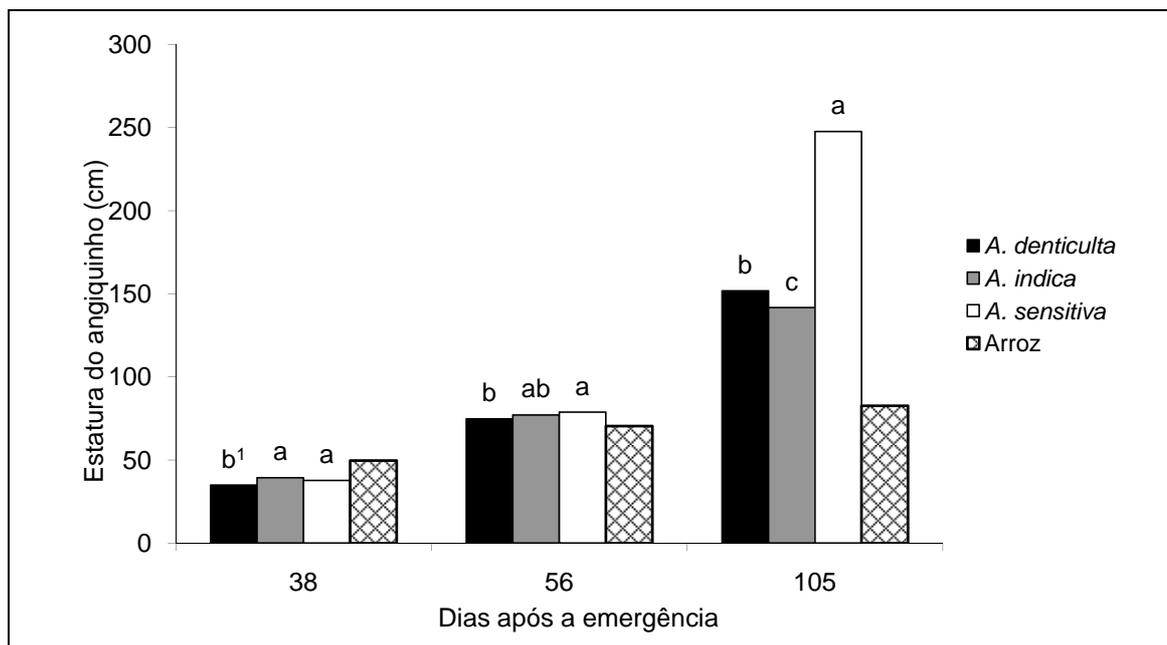


Figura 26. Estaturas das plantas de três espécies de angiquinho (*Aeschynomene* spp.) e de arroz aos 38, 56 e 106 dias após emergência. Porto Alegre-RS, 2005/06.

<sup>1</sup> Letras iguais comparadas entre as espécies dentro de cada época não diferem entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5 % de probabilidade.

A estatura das plantas de arroz aos 38 e 56 DAE foi afetada apenas pela presença de AESDE (Figura 27). Este efeito se caracterizou por um pequeno atraso no crescimento; contudo, ao final do ciclo da cultura, não houve diferenças em estatura, independente da espécie concorrente presente.

O tamanho médio das folhas das três espécies de angiquinho não foi afetado pelas cultivares de arroz (Figura 28A), sendo uma característica inerente a cada espécie. Contudo, esta variável diferiu entre espécies de angiquinho (Figura 28B). AESDE e AESIN apresentaram tamanhos médios de folhas de 7,3 e 7,0 cm<sup>2</sup>, respectivamente. Já AESSE apresentou folhas bem maiores (22,9 cm<sup>2</sup>), mais do que o triplo do tamanho das folhas das outras duas espécies, sendo esta uma característica que pode revelar plantas com

elevado potencial competitivo por luz (Wortmann, 1993; Shilling et al., 1995; Lemerle et al., 1996).

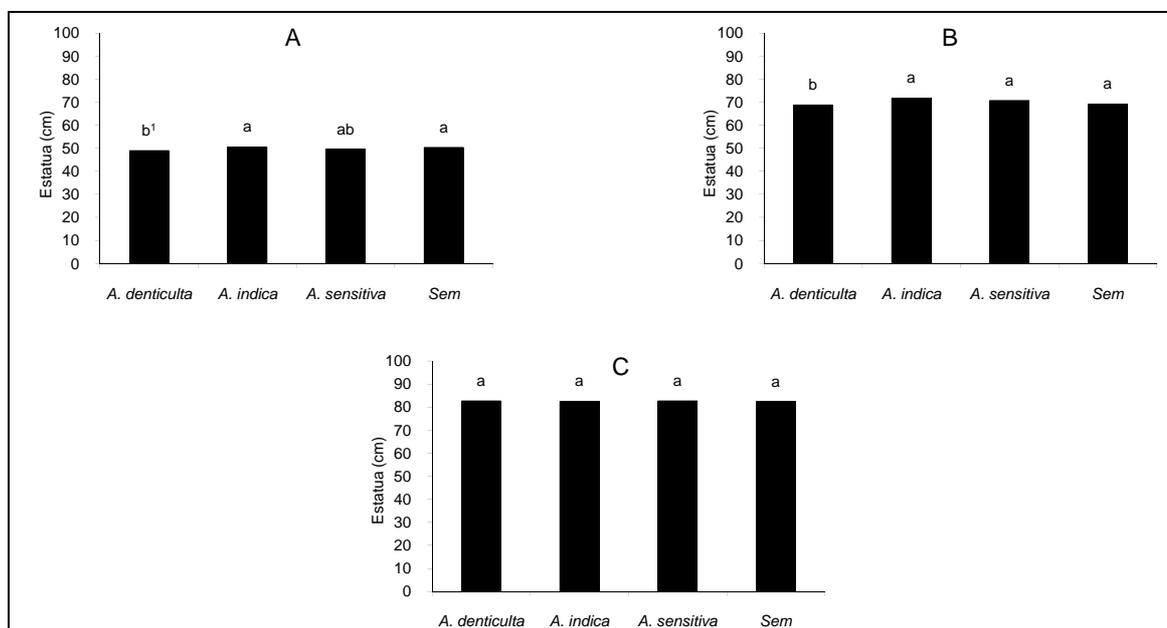


Figura 27. Estatura de plantas de arroz na ausência ou na presença de três espécies de angiquinho (*Aeschynomene* spp.) aos 38 (A), 56 (B) e 106 (C) dias após emergência do arroz. Porto Alegre-RS, 2005/06.

<sup>1</sup> Letras iguais sobrepostas nas barras em cada gráfico não diferem entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5 % de probabilidade.

As cultivares de arroz não afetaram as massas das plantas de angiquinho, as quais produziram, em média, 3540 kg ha<sup>-1</sup> (Figura 29A). Contudo, em valores relativos, as espécies de angiquinho que estiveram associadas com a cultivar BR-Irga 409 sofreram redução média de 16 % no valor da variável, comparativamente àquelas que conviveram com Irga 418 (Figura 29A).

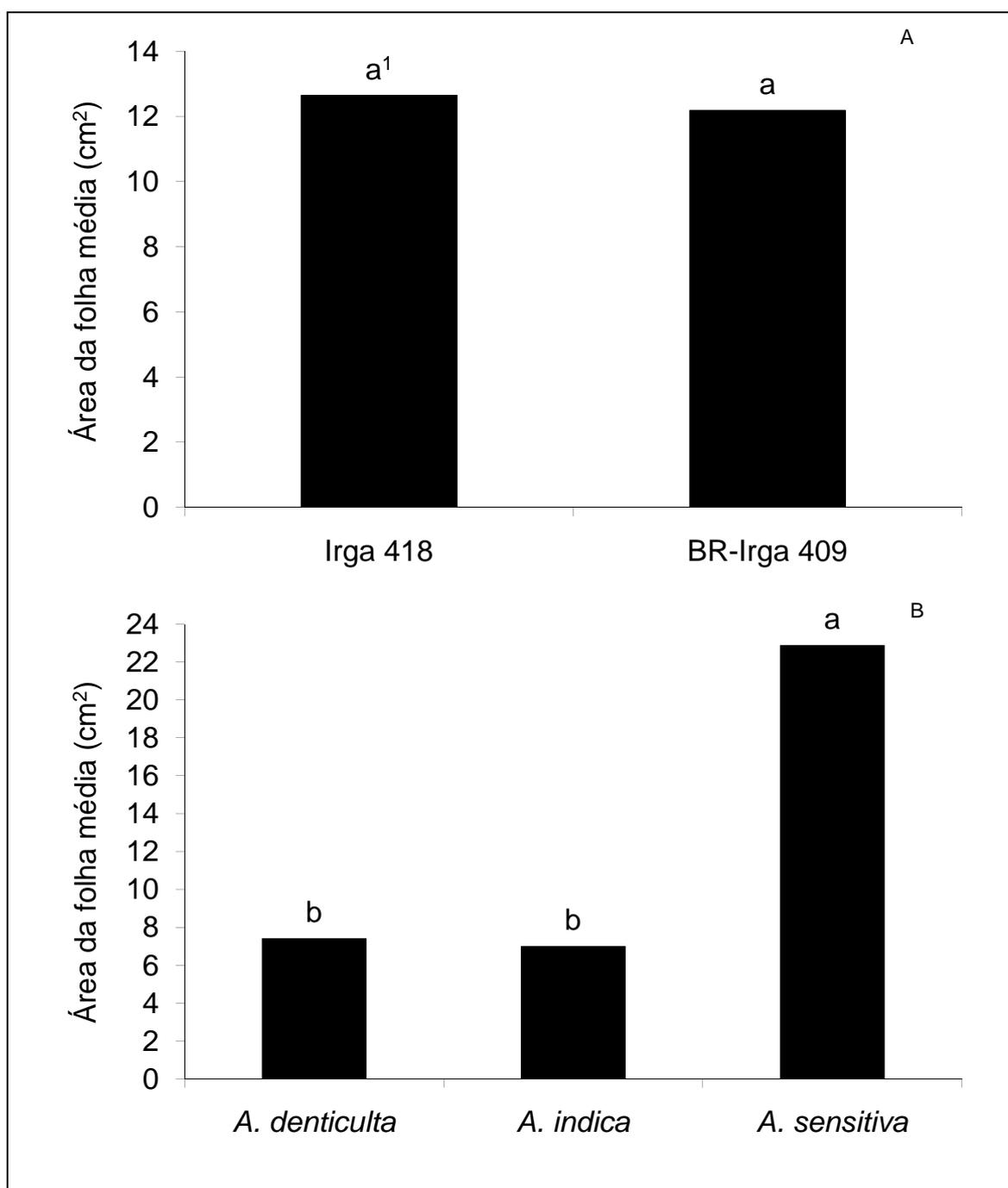


Figura 28. Área da folha intermediária de plantas de três espécies de angiquinho (*Aeschynomene* spp.) aos 105 dias após emergência: valores médios das três espécies quando associadas a cada uma das cultivares de arroz (Irga 418 e BR-Irga 409) (A) e valores médios quando associadas com as duas cultivares de arroz (B). Porto Alegre-RS, 2005/06.

<sup>1</sup> Letras iguais sobrepostas nas barras em cada gráfico não diferem entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5 % de probabilidade.

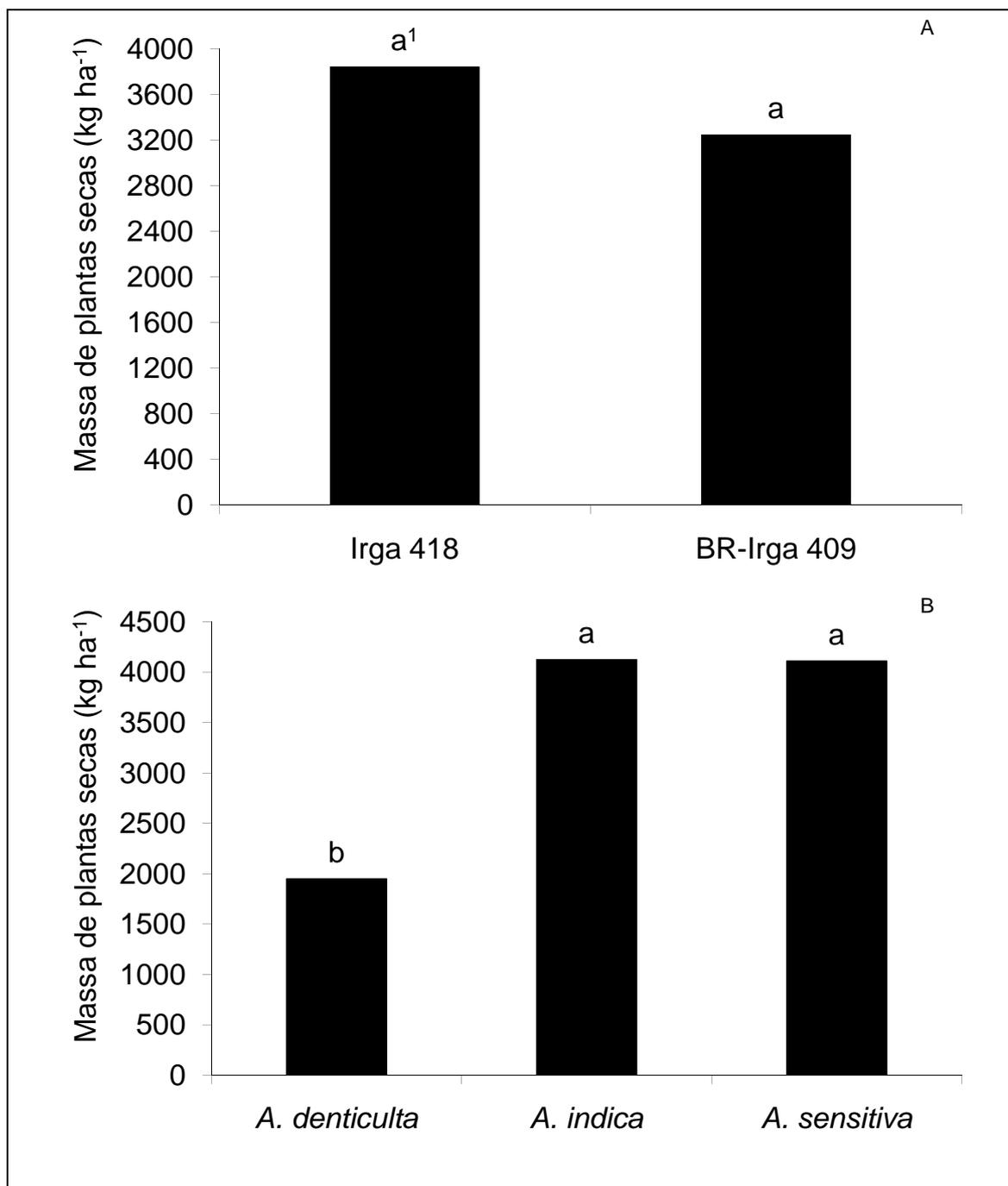


Figura 29. Massas de plantas secas de três espécies de anguinho (*Aeschynomene* spp.) aos 105 dias após emergência: valores médios das três espécies quando associadas a cada uma das cultivares de arroz (Irga 418 ou BR-Irga 409) (A) e valores médios para cada espécie quando associadas às duas cultivares de arroz (B). Porto Alegre-RS, 2005/06.

<sup>†</sup> Letras iguais sobrepostas nas barras de cada gráfico não diferem entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5 % de probabilidade.

Por sua vez, para uma população média de 30 plantas  $m^{-2}$ , as espécies de angiquinho apresentaram diferenças nas massas das plantas secas (Figura 29B). AESDE produziu a menor quantia de massa seca, equivalente a 1950 kg  $ha^{-1}$ , enquanto AESIN e AESSE produziram quantidades maiores, 4125 e 4110 kg  $ha^{-1}$ , respectivamente (Figura 29b). A matéria seca que uma planta acumula resulta da quantidade de recursos do ambiente que ela consegue captar. Em geral, plantas que produzem mais massa causam maior depleção de recursos do meio, o que pode resultar na supressão do crescimento de plantas vizinhas (Fleck et al., 2006).

As duas cultivares de arroz (Irga 418 e BR-Irga 409) apresentaram produtividades de grãos equivalentes, independente das espécies de angiquinho com as quais conviveram, respectivamente 5453 e 5210 kg  $ha^{-1}$  (Figura 30a). No entanto, na ausência de angiquinho, a produtividade média combinada das duas cultivares foi 7464 kg  $ha^{-1}$  (Figura 30b).

A competição exercida pelo angiquinho reduziu significativamente a produtividade de grãos do arroz. A presença de AESDE reduziu a variável em 16 %, a menor perda dentre as três espécies. Por outro lado, AESIN e AESSE diminuíram a produtividade de grãos de arroz em 49 e 53 %, respectivamente (Figura 30B).

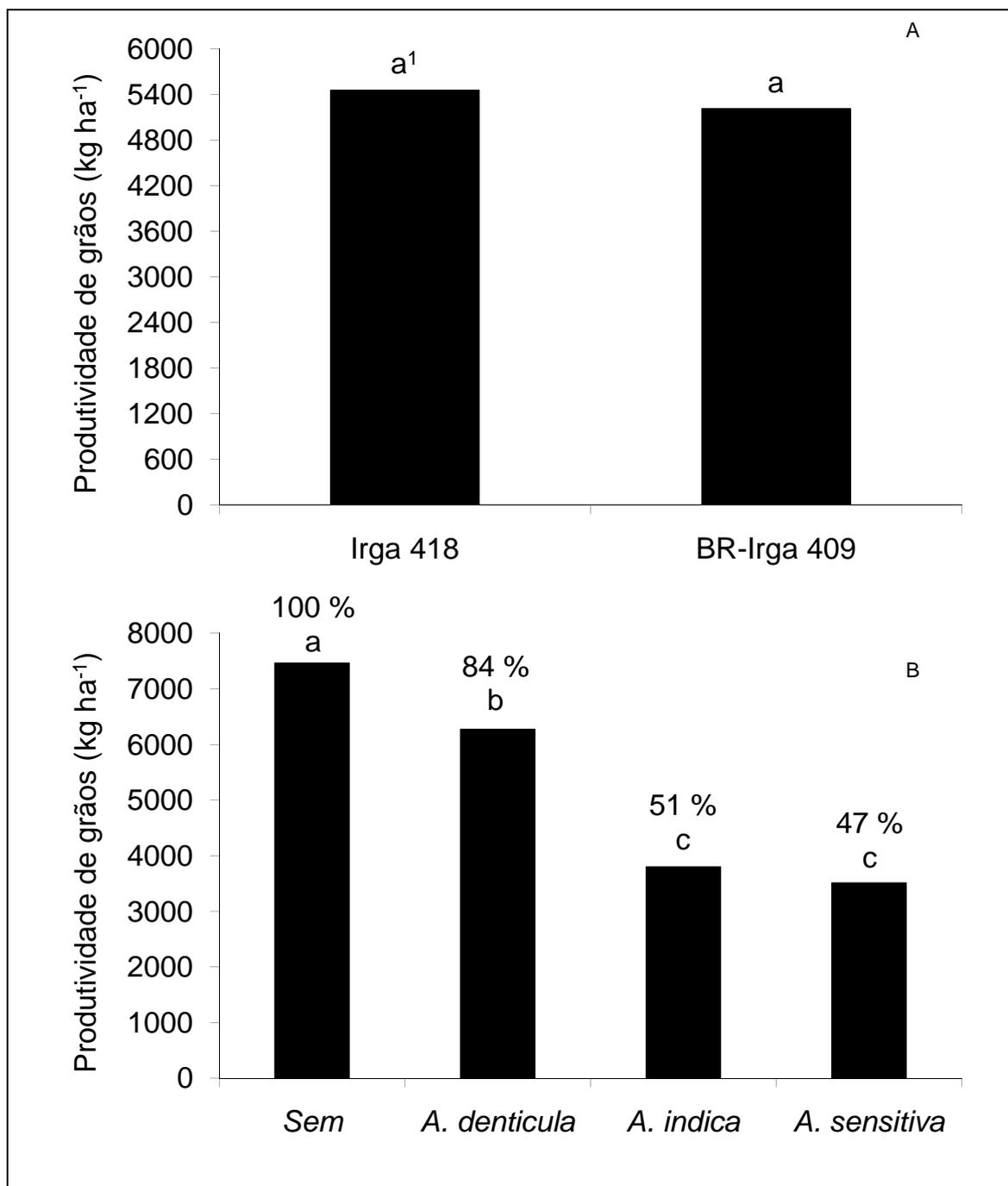


Figura 30. Produtividade de grãos de arroz para as cultivares de arroz Irga 418 e BR-Irga 409: valores médios de cada cultivar para associações com três espécies de angiquinho (*Aeschynomene* spp.) (A) e valores médios das duas cultivares quando associadas ou não a cada uma das espécies de angiquinho (B). Porto Alegre-RS, 2005/06.

<sup>1</sup> Letras iguais sobrepostas nas barras de cada gráfico não diferem entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5 % de probabilidade.

Plantas daninhas que apresentam maior estatura do que o arroz são capazes de sombreá-lo e causar redução na produtividade da cultura. Por exemplo, a espécie daninha *Brachiaria brizantha* apresentou maior velocidade de crescimento em estatura, levando vantagem na competição com cultivares de arroz irrigado no início do ciclo (Fischer et al., 1995). Da mesma forma, no presente trabalho, as espécies de angiquinho ultrapassaram as plantas de arroz em estatura a partir dos 56 DAE, sombreando a cultura durante o período reprodutivo, fase crítica para captação da radiação solar, resultando em redução da produtividade de grãos.

Geralmente, maior tamanho de planta reflete competitividade superior, sendo a matéria seca, freqüentemente, também utilizada como indicadora de maior habilidade competitiva. No entanto, outras variáveis também são importantes para inferir o potencial competitivo de plantas daninhas, como estatura elevada (Fleck, 1980; Shilling et al., 1995; McDonald, 2003), folhas amplas (Wortmann, 1993; Shilling et al., 1995; Lemerle et al., 1996), alto índice de área folhar (Wortmann, 1993; Gibson et al., 2003; Haefele et al., 2004) e elevada interceptação da radiação fotossinteticamente ativa (Lindquist & Mortensen, 1998). Por sua vez, crescimento inicial vigoroso, expresso em massa de plantas secas (Wortmann, 1993; Balbinot Jr. et al., 2003) e rápido incremento em estatura (Jannink et al., 2000; Caton et al., 2003), conferem maior potencial competitivo.

As três espécies de angiquinho apresentaram características de planta e de crescimento bastante distintas, além de responderem diferentemente à

competição, fatores que podem explicar os níveis variáveis de dano causados às plantas e à produtividade do arroz.

A presença de AESDE causou menor interferência no desenvolvimento do arroz; por conseqüência, ocasionou menor perda de produtividade da cultura. Esta espécie se caracterizou por mostrar menores valores em número de folhas, estatura, comprimento de raiz e massas de folhas e de colmo secos aos 30 DAE, caracterizando um baixo e lento crescimento inicial. Além disso, esta espécie apresentou, ao final do ciclo, estatura média não superior a 1,5 m, folhas pequenas e baixa produção de matéria seca, o que implica em menores produções de folhas e de ramos, possivelmente resultando em menores área folhar e cobertura do solo.

Constataram-se perdas bem mais consideráveis em produtividade de grãos de arroz decorrentes da presença de AESIN e AESSE, embora ambas apresentassem características de plantas bastante distintas. AESIN produziu maiores número de folhas, comprimento de raízes e massa de folhas secas aos 30 DAE, além de emitir ramos já a partir de 21 DAE, o que não se observou nas outras duas espécies. Adicionalmente, AESIN apresentou estatura média de até a 1,4 m, folhas pequenas e, diferentemente de AESDE, produziu elevada matéria seca ao final do ciclo, o que indica altas produções de folhas e ramos, possivelmente resultando em maiores área folhar e cobertura do solo.

Por sua vez, AESSE investiu, prioritariamente, em estatura e tamanho de folhas. Aos 30 DAE essa espécie apresentou maiores estatura e massa de colmo, o que resultou em plantas com estatura média final de 2,5 m.

Igualmente, ela mostrou grande produção de massa ao final do ciclo, além de folhas grandes, o que sugere maiores área folhar e capacidade de cobertura do solo pelo dossel.

### 3.5 CONCLUSÕES

Sementes de angiquinho das espécies *Aeschynomene denticulata*, *A. indica* e *A. sensitiva* emergem sob lâmina d'água, desde que se encontrem na superfície do solo, mas não emergem quando estão enterradas em solo saturado ou cobertas por lâmina d'água;

As plantas das três espécies de angiquinho diferem morfológicamente, em que algumas características inerentes à *A. indica* e *A. sensitiva* as posicionam como de maior potencial competitivo inicial do que *A. denticulata*;

Na fase inicial de crescimento, *A. indica* caracteriza-se por priorizar investimento em massas de folhas e de ramos e *A. sensitiva* por investir mais em estatura de planta e tamanho de folhas;

As cultivares de arroz BR-Irga 409 e Irga 418 mostram capacidades competitivas equivalentes sobre angiquinho e reagem igualmente quanto à produtividade de grãos à presença dessa infestante, independente da espécie de *Aeschynomene* associada à cultura;

As espécies de angiquinho assumem a seguinte hierarquia competitiva relativa considerando-se a redução que ocasionam à produtividade de grãos de arroz irrigado: *A. sensitiva* = *A. indica* > *A. denticulata*.

## 4 CAPÍTULO III

### Competição de angiquinho (*Aeschynomene denticulata*) com arroz irrigado e estratégias para seu manejo

#### 4.1 RESUMO

As relações de competição entre arroz irrigado e angiquinho podem sofrer influência de práticas de manejo que posicionem a cultura em vantagem sobre a infestante. Este trabalho teve por objetivo avaliar os efeitos de cultivares de arroz, épocas de aplicação de adubo nitrogenado e épocas de início da irrigação na resposta da cultura à infestação de angiquinho. Foram conduzidos quatro experimentos no Município de Cachoeirinha-RS, nas estações de crescimento de 2003/04 e 2004/05. Avaliaram-se variáveis de plantas de angiquinho e de arroz (cultivares Irga 418, BR-Irga 409 e BR-Irga 410) e produtividade de grãos de arroz. Os resultados mostraram que as cultivares de arroz diferem na habilidade em competir com angiquinho e que esta habilidade é alterada por práticas de manejo. A antecipação da adubação nitrogenada aumenta a habilidade competitiva da cultivar precoce de arroz (Irga 418), enquanto o fracionamento da adubação beneficia a cultivar de ciclo médio (BR-Irga 409). O início da irrigação e a aplicação do nitrogênio em estádios precoces ( $V_3 - V_4$ ) favorecem diversas características agrônômicas do arroz e aumentam sua capacidade em competir com angiquinho.

## 4.2 INTRODUÇÃO

O angiquinho constitui-se em importante planta daninha que infesta as lavouras de arroz irrigado no Sul do Brasil, representando um dos fatores que limitam a produtividade potencial da cultura. Sua presença em lavouras de arroz causa prejuízos de ordem econômica, social e ambiental. As perdas de ordem econômica incluem aumento do custo de produção, competição por recursos do meio e, conseqüentemente, diminuição da produtividade e, por fim, depreciação do produto colhido.

A crescente preocupação com os efeitos negativos associados ao uso de herbicidas, aliado ao anseio dos agricultores em reduzir os custos de produção, levaram à busca de sistemas de manejo alternativos. Entre estes, destaca-se o manejo integrado de plantas daninhas (MIPD). Este sistema depende, principalmente, da habilidade da cultura em competir com as infestantes e em se estimar a perda de produtividade da cultura devido à interferência de infestantes.

Para atingir o objetivo geral de reduzir a interferência das plantas daninhas, enquanto se mantêm os potenciais de produtividade das culturas, o MIPD incorpora práticas diversificadas, como escolha de cultivares, adubação correta, rotação e sucessão de culturas e manejo do solo e da irrigação (Cowan et al., 1998). Porém, as relações de competição cultura-plantas daninhas possuem fatores temporais e espaciais que, muitas vezes, limitam a implantação plena do MIDP (Swanton & Weise, 1991). Segundo esses autores, os fatores temporais incluem o período crítico de interferência das plantas

daninhas e os fatores espaciais incluem as perdas de produtividade causadas pelas infestantes.

Diversas são as práticas de manejo que podem minimizar as perdas de produtividade da cultura por interferência de plantas daninhas. Dentre elas, destacam-se, para a cultura do arroz irrigado, a utilização de cultivares com maior habilidade competitiva e o manejo adequado do adubo nitrogenado e da irrigação para maximizar esse potencial.

O aumento da tolerância da cultura às plantas daninhas auxilia o manejo, ao reduzir o impacto que cada indivíduo causa à produtividade do cultivo, resultando em aumento no número de indivíduos necessários para atingir o nível de dano econômico (Lindquist & Kropff, 1996). Diversas características da cultura podem associar-se à habilidade competitiva com plantas daninhas, dentre as quais se destacam: velocidade de emergência, produção de massa vegetal, área folhar, estatura de planta e cobertura do solo pelo dossel.

As plantas daninhas geralmente apresentam maior velocidade de emergência do que as de arroz, principalmente por suas sementes se localizarem mais próximo à superfície do solo e por já se encontrarem pré-embecidas quando ocorre a semeadura do arroz. Deste modo, elas iniciam o processo de hidrólise dos compostos de reserva antes que as sementes do arroz. Por conseguinte, as cultivares que possuem maior velocidade de emergência, rápido crescimento radicular, assim como rápida formação de massa na parte aérea, mostram maior habilidade em superar os efeitos da competição inicial (Balbinot Jr. et al., 2001).

As plantas daninhas normalmente crescem com mais rapidez do que as cultivadas e se apropriam dos nutrientes disponíveis já nos estádios iniciais de desenvolvimento, convertendo este período na fase de mais forte competição com a cultura (Moddy, 1981). De acordo com Alkamper (1976), o incremento no nível de nutrientes no solo só beneficia as culturas onde a infestação de plantas daninhas for baixa. Em lavouras altamente infestadas, a adubação pode, inclusive, estimular o crescimento das plantas daninhas, a ponto da cultura sofrer danos consideráveis. Em áreas altamente infestadas, os danos causados pelas plantas daninhas podem chegar até à perda total da produção (Cobucci, 1998).

A competição entre o arroz irrigado e as plantas daninhas ocorre, principalmente, por nutrientes e luz. Quando o nitrogênio (N) se encontra em suprimento adequado, primeiramente ocorre competição por luz (Kawano et al., 1974). O N é um dos principais macronutrientes necessários para o desenvolvimento normal das plantas de arroz (Bollich et al., 1994) e, na maioria dos casos, é o primeiro elemento a tornar-se limitante, como resultado da competição entre a cultura e as plantas daninhas (Moody, 1981). Considerando que espécies de *Aeschynomene* são Fabaceae capazes de fixar N através de simbiose com bactérias nitrificantes (Giraud & Fleischman, 2004), não necessitando competir pelo N do solo, a competição por luz passa a desempenhar um papel mais importante em sua associação com arroz.

Para analisar a competição por nutrientes é necessário ter-se em conta a sua dinâmica na solução do solo. O N, por ser um nutriente móvel, difunde-se no meio, em resposta ao gradiente de sua concentração na solução do solo

(Ter Steege et al., 2001), razão pela qual a competição será influenciada, em certo grau, pela disponibilidade de água.

O efeito da adubação nitrogenada na interação arroz-angiquinho ainda não é conhecido, particularmente porque esta planta daninha é capaz de fixar N através de simbiose com bactérias nitrificantes. Assim, a época de aplicação do adubo nitrogenado poderá constituir-se em estratégia promissora para maximizar a habilidade competitiva do arroz em relação ao angiquinho, com provável vantagem na produtividade de grãos.

A irrigação da lavoura de arroz por inundação é um método que apresenta elevada eficiência no manejo de plantas daninhas que não desenvolveram mecanismos para tolerar condições de anoxia em solos alagados. A prática da irrigação, com a manutenção de uma lâmina d'água permanente sobre a superfície do solo, constitui-se num método complementar aos demais usualmente utilizados, tornando o ambiente inadequado à germinação de sementes ou restringindo o crescimento inicial de diversas espécies de plantas daninhas. Por outro lado, para espécies aquáticas, as condições do habitat tornam-se favoráveis, em decorrência de adaptações anatômicas, morfológicas e/ou fisiológicas que desenvolveram em ambiente altamente restritivo. Assim, a inundação da lavoura atua como um fator de seleção da flora daninha, em que diversas espécies são favorecidas, devido às estratégias que desenvolveram para tolerar condições de hipoxia/anoxia, enquanto outras sofrem sérias limitações em seu crescimento (Fleck, 2000).

O manejo da lâmina d'água deve ser realizado com muito cuidado, elevando-se o nível gradativamente, de modo a acompanhar a altura das

plantas de arroz e mantendo sempre submersas as plantas daninhas que tenham emergido. A manutenção de uma lâmina d'água sobre a superfície do solo provoca alterações em suas características, na maioria das vezes favoráveis às plantas de arroz (Gomes et al., 1999). A distribuição e o controle da água, a necessidade de água para irrigação e o período de submersão do solo são aspectos importantes a serem considerados na irrigação. Moscareli & Rosinha (1967) recomendam que o início da submersão do solo, em uma lavoura de arroz irrigado, deve ocorrer 10 a 20 dias após a emergência das plântulas. Todavia, trabalhos mais recentes indicam que o início pode ocorrer 30 a 40 dias após a emergência do arroz, dependendo da cultivar, sem ocorrer prejuízo para a produtividade e a qualidade dos grãos (Gomes et al., 1985).

Adicionalmente, trabalhos realizados por Ramirez et al. (1999) estabeleceram relações entre épocas da aplicação de herbicidas e de início da irrigação, demonstrando que o atraso na entrada d'água na lavoura de arroz, dependendo das características do herbicida utilizado, pode resultar em produtividades semelhantes às aquelas obtidas quando a irrigação se inicia mais cedo. Por outro lado, embora os autores mencionem atraso no ciclo da cultivar BR-Irga 410 com o atraso do início da submersão do solo, analisando-se o trabalho constata-se que a submersão do solo 15 dias após a emergência das plântulas contribuiu para reduzir o ciclo daquela cultivar em 8 dias.

O conhecimento da habilidade competitiva do angiquinho é um elemento essencial na previsão de perdas de produtividade do arroz e, também, da vantagem econômica advinda do seu controle.

Alguns trabalhos realizados com angiquinho para determinar seu prejuízo agronômico demonstraram que ele apresenta grande capacidade competitiva com o arroz irrigado, reduzindo a produtividade de grãos. Neste sentido, Menezes et al. (2001) recomendam controlar AESDE sempre que estiver presente na lavoura, mesmo em baixas populações, face à grande quantidade de sementes produzidas por planta e à facilidade de dispersão das mesmas através da água de irrigação. Por sua vez, Smith Jr. (1988), ao relacionar o nível de dano econômico (NDE) para várias espécies daninhas que competem com o arroz em várzeas irrigadas no Sul dos Estados Unidos, indicou que *Aeschynomene virginica* (a qual não ocorre em lavouras do RS), necessita ser controlada quando sua população situar-se entre três e seis plantas  $m^{-2}$ . Pois cada indivíduo da espécie causa redução de  $113 \text{ kg ha}^{-1}$  na produtividade de grãos do arroz.

Em São Paulo, Adoryan (2004), encontrou que cada indivíduo da espécie *A. rudis* causa redução de  $120 \text{ kg ha}^{-1}$  na produtividade do arroz. Já, Xavier & Pinto (1985), no Município de Capão do Leão, RS, relataram perdas de 75 % na produção de grãos, em área infestada com uma associação de 62 e nove plantas  $m^{-2}$  de AESRU e *A. hispida*, respectivamente. Por outro lado, Andrade (1986), estudando a viabilidade de diferentes herbicidas aplicados em pós-emergência tardia das plantas daninhas, constatou perda total na produtividade da cultura em área infestada com 200 plantas  $m^{-2}$  de AESRU. Esta espécie pode ter sido identificada erroneamente, visto que, não foi encontrada no RS, sendo muitas vezes confundida com AESDE (Kissmann & Groth, 2000).

Este trabalho teve como hipóteses: o grau de interferência causado pelo angiquinho (AESDE) ao arroz é aumentado por seu nível populacional, pelas características da cultivar de arroz e pela época de aplicação do adubo nitrogenado e, a antecipação simultânea da adubação nitrogenada e da irrigação reduzem as perdas causados pelo angiquinho à produtividade do arroz.

Os objetivos do trabalho foram avaliar a influência de populações de angiquinho (AESDE), características de cultivares de arroz, épocas de realização da adubação nitrogenada e do início da irrigação na competição da infestante na produtividade de grãos, seus componentes e outras características agronômicas do arroz.

### **4.3 MATERIAL E MÉTODOS**

Foram realizados quatro experimentos em campo na Estação Experimental do Arroz (EEA), pertencente ao Instituto Rio-Grandense do Arroz (Irga), no Município de Cachoeirinha-RS, nas estações de crescimento 2003/04 (Experimentos 1, 2 e 3) e 2004/05 (Experimento 4).

O solo da área experimental é classificado como Planossolo Hidromórfico Eutrófico arênico, pertencendo à unidade de mapeamento Vacacaí (Embrapa, 1999). Antecedendo à instalação dos experimentos no primeiro ano, realizou-se amostragem do solo para análise físico-química, obtendo-se os seguintes resultados: argila, 19 %; matéria orgânica, 0,9 %; pH (em água), 5,3;  $P_2O_5$ , 7,5 mg l<sup>-1</sup> e  $K_2O$ , 26 mg l<sup>-1</sup>.

O delineamento experimental utilizado nos Experimentos 1, 2 e 3 foi completamente casualizado, com três repetições por tratamento. No

Experimento 4, foi aplicado o delineamento de blocos casualizados, com três repetições, em parcelas sub-subdivididas (com o fator A alocado nas parcelas principais, o fator B nas subparcelas e o C nas sub-subparcelas). Nos ensaios cada unidade experimental (parcela) incluiu área de 12 m<sup>2</sup> (6 m x 2 m), e conteve dez fileiras de arroz espaçadas a 0,20 m.

Na estação de crescimento 2003/04, os experimentos foram conduzidos sob sistema de semeadura direta, comumente também referido como sistema plantio direto. Este sistema se caracteriza pelo não revolvimento do solo para semeadura da cultura. A área experimental foi mantida sem cultivo durante a entressafra (estação fria). O arroz foi semeado na densidade de 400 sementes aptas m<sup>-2</sup>, em 31/10/2003, utilizando-se semeadora para experimentos. A emergência da cultura ocorreu em 12/11/2003. A irrigação, através de inundação, iniciou em 01/12/2003 e foi mantida até próximo à data de colheita, exceto para o Experimento 3, em que se iniciou a irrigação 23 dias após a emergência (DAE) do arroz. O Experimento 4 foi conduzido sob sistema convencional de preparo do solo, o qual incluiu aração e gradagem. O arroz foi semeado em 29/10/2004, utilizando-se semeadora para experimentos, com densidade de 400 sementes aptas m<sup>-2</sup>. A emergência da cultura ocorreu em 09/11/2004.

A eliminação de plantas daninhas Poaceae nos experimentos foi efetuada em pós-emergência com aplicação do herbicida cyhalofop n-butyl (Clincher), acrescido de óleo mineral (Assist) nas doses de 270 g ha<sup>-1</sup> e 1,5 l ha<sup>-1</sup>, respectivamente. As demais espécies dicotiledôneas foram removidas manualmente (exceto as plantas de AESDE). As demais práticas culturais

seguiram as recomendações técnicas para o cultivo do arroz no RS (Sosbai, 2003). A adubação de semeadura foi realizada junto às fileiras quando da semeadura do arroz, na qual se aplicaram 17,5; 50 e 105 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O.

#### **4.3.1 Experimento 1**

Para avaliar as épocas de realização da adubação nitrogenada na habilidade competitiva de cultivares de arroz, em relação ao AESDE, foi conduzido o experimento sendo os tratamentos dispostos em esquema fatorial (2 x 2 x 2). O fator A incluiu duas cultivares de arroz (BR-Irga 409 e Irga 418, de ciclos médio - 126 dias e precoce - 115 dias, respectivamente); o fator B comparou duas condições de competição (ausência e presença de AESDE, este em população média de 35 plantas m<sup>-2</sup>) e o fator C testou duas modalidades de aplicação de adubo nitrogenado na dose de 200 kg ha<sup>-1</sup> de uréia, equivalentes a 90 kg ha<sup>-1</sup> de N (100 % na semeadura ou 25 % na semeadura mais 75 % na diferenciação do primórdio floral). As cultivares de arroz utilizadas foram escolhidas devido apresentarem características bastante semelhantes, mas diferindo especialmente em ciclo. O estabelecimento da população de AESDE e a eliminação das demais plantas indesejáveis foram realizados em 28/11/2003 (16 dias após a emergência do arroz - DAE). A irrigação foi iniciada aos 20 DAE, com o arroz no estágio V<sub>3</sub>.

As avaliações iniciais foram realizadas a partir do 7º DAE do arroz e prosseguiram em intervalos de 7 ou 14 dias, incluindo as seguintes variáveis: cobertura (%) do solo proporcionado pelo dossel do arroz, massa (kg ha<sup>-1</sup>) da parte aérea seca da cultura e estatura (cm) de planta de arroz e de AESDE.

Foram ainda avaliados: na maturação fisiológica do arroz, panículas por área (número  $m^{-2}$ ) e, na maturação de colheita, produtividade ( $kg\ ha^{-1}$ ) de grãos da cultura. Para isto, foram colhidas, manualmente, as oito fileiras centrais das unidades experimentais, descartando-se 0,5 m em suas extremidades, perfazendo área útil de  $8\ m^2$ .

Os dados foram analisados aplicando-se o teste F sobre a análise da variância, com o objetivo de detectar significância da interação fatorial, adotando-se como limites de aceitação os níveis de 5% de probabilidade para significância dos efeitos individuais dos fatores e de 10% para os casos de interação de fatores (Riboldi, 1993). Precedendo à análise de variância, foram realizados testes de aditividade, homocedasticidade, normalidade e independência. Quando significativas, as médias dos tratamentos foram comparadas através do teste de Duncan a 5% de probabilidade.

#### **4.3.2 Experimento 2**

Este experimento objetivou avaliar a influência de populações de AESDE e de cultivares de arroz na produtividade de grãos, seus componentes e outras características agronômicas do cereal. Os tratamentos foram dispostos em esquema fatorial, em que o fator A comparou duas cultivares de arroz (BR-Irga 409 e Irga 418, de ciclos médio e precoce, respectivamente); e o fator B testou diversas populações de AESDE (variáveis de zero a 13 plantas  $m^{-2}$ ). As cultivares de arroz foram escolhidas por apresentarem características bastante semelhantes, exceto em ciclo. O estabelecimento das populações de AESDE foi realizado em 27/11/2003 (15 DAE do arroz). A irrigação do arroz foi iniciada

aos 19 DAE, com o arroz no estágio V<sub>3</sub> e a aplicação do adubo nitrogenado foi realizada aos 23 DAE, com o arroz no estágio V<sub>4</sub>.

As avaliações iniciais foram realizadas a partir do 7º DAE do arroz e prosseguiram em intervalos de 7 ou 14 dias, incluindo as seguintes variáveis: massa (kg ha<sup>-1</sup>) da parte aérea seca da cultura e estatura (cm) de planta do arroz e do AESDE. Na maturação da cultura, foi obtida a produtividade (kg ha<sup>-1</sup>) de grãos; para isto, foram colhidas as oito fileiras centrais das unidades experimentais, descartando-se 0,5 m em suas extremidades, compondo 8 m<sup>2</sup> de área útil.

A partir dos dados obtidos para a variável produtividade de grãos foram calculadas as perdas percentuais, em relação às parcelas mantidas sem infestação (testemunhas), de acordo com a Equação 1 (Agostinetto, 2003):

$$Perda(\%) = \left( \frac{Pa - Pb}{Pa} \right) \times 100 \quad \text{Equação 1}$$

Onde: *Pa* e *Pb* = produtividade de arroz sem e com presença de angiquinho, respectivamente.

Os dados foram analisados aplicando-se o teste F sobre a análise da variância, com o objetivo de detectar significância da interação fatorial, adotando-se como limites de aceitação os níveis de 5% de probabilidade para significância dos efeitos individuais dos fatores e de 10% para os casos de interação de fatores (Riboldi, 1993). Precedendo à análise de variância, foram realizados testes de aditividade, homocedasticidade, normalidade e independência. Quando significativas, as médias dos tratamentos foram comparadas através do teste de Duncan a 5% de probabilidade.

As relações entre perdas percentuais de produtividade de grãos do arroz, em função das populações de AESDE (competidora), foram estimadas a partir das interações, utilizando-se equação de regressão linear. O valor da estatística F, ao nível de 5 % de probabilidade, foi utilizado como critério de aceitação do modelo de regressão.

### 4.3.3 Experimento 3

Para avaliar a influência de populações de AESDE e de épocas de aplicação do adubo nitrogenado na produtividade de grãos, seus componentes e outras características agronômicas do arroz, foi conduzido um experimento em campo durante a estação de crescimento 2003/04, utilizando-se a cultivar de arroz BR-Irga 410 (ciclo médio de 123 dias) como reagente aos tratamentos.

Os tratamentos foram dispostos em esquema fatorial, em que o fator A testou duas épocas de aplicação de adubo nitrogenado (estádios  $V_4$  ou  $V_8$  do arroz) (Sosbai, 2003) aplicando-se  $200 \text{ kg ha}^{-1}$  de uréia, equivalentes a  $90 \text{ kg ha}^{-1}$  de N e o fator B comparou populações de AESDE (variáveis de zero a 35 plantas  $\text{m}^{-2}$ ). O estabelecimento das populações de AESDE foi realizado em 05/12/2003 (23 DAE do arroz). A irrigação e a aplicação da uréia foram realizadas com o arroz no estágio  $V_5$ , aos 26 e 28 DAE, respectivamente.

Cada unidade experimental (parcela) englobou área de  $6 \text{ m}^2$  (2 m x 3 m) e contou com dez fileiras de arroz espaçadas a 0,20 m.

As avaliações realizadas incluíram as seguintes variáveis: massa ( $\text{kg ha}^{-2}$ ) da parte aérea seca da cultura e estatura (cm) de planta do arroz e do AESDE. Na época da maturação fisiológica do arroz, foram avaliados: panículas de arroz por área (número  $\text{m}^{-2}$ ) e massa ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) e estatura (cm) das

plantas de angiquinho. Na maturação de colheita da cultura, obteve-se a produtividade ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) de grãos; para isto, foram colhidas, manualmente, as oito fileiras centrais das parcelas, descartando-se 0,5 m em suas extremidades, perfazendo área útil de  $8 \text{ m}^2$ .

Os dados foram analisados aplicando-se o teste F sobre a análise da variância, com o objetivo de detectar significância da interação fatorial, adotando-se como limites de aceitação os níveis de 5% de probabilidade para significância dos efeitos individuais dos fatores e de 10% para os casos de interação de fatores (Riboldi, 1993). Precedendo à análise de variância, foram realizados testes de aditividade, homocedasticidade, normalidade e independência. Quando significativas, as médias dos tratamentos foram comparadas através do teste de Duncan a 5% de probabilidade.

As relações entre perdas percentuais de produtividade de grãos do arroz, em função das populações de AESDE (competidora), foram estimadas a partir das interações, utilizando-se modelos de regressão linear. O valor da estatística F, ao nível de 5 % de probabilidade, foi utilizado como critério de aceitação do modelo de regressão.

#### **4.3.4 Experimento 4**

Visando avaliar os efeitos dos manejos de épocas de início da irrigação e da adubação nitrogenada nas relações competitivas de AESDE e arroz foi conduzido um experimento com tratamentos dispostos em esquema fatorial. O fator A incluiu duas épocas de início da irrigação (plantas de arroz no estágio  $V_3$  ou  $V_6$ ), o fator B testou duas épocas de aplicação de adubo nitrogenado (estádio  $V_3$  ou  $V_6$ ) distribuindo-se  $200 \text{ kg ha}^{-1}$  de uréia, equivalentes a  $90 \text{ kg ha}^{-1}$

<sup>1</sup> de N e o fator C comparou diversas populações de AESDE, as quais variaram de zero a 35 plantas m<sup>-2</sup>.

As avaliações realizadas incluíram as seguintes variáveis: cobertura (%) do solo pelo dossel do arroz, massa (g m<sup>-2</sup>) da parte aérea seca da cultura e estatura (cm) de planta do arroz e do AESDE. Por ocasião da maturação fisiológica do arroz, foram avaliados: número de plantas e número de panículas de arroz por área (m<sup>-2</sup>), massa (g m<sup>-2</sup>) e estatura do arroz (cm). Quando da maturação de colheita, obteve-se a produtividade (kg ha<sup>-1</sup>) de grãos da cultura; para isto, foram colhidas as oito fileiras centrais das unidades experimentais, descartando-se 0,5 m em suas extremidades, o que originou área útil de 8 m<sup>-2</sup>.

Os dados foram analisados aplicando-se o teste F sobre a análise da variância, com o objetivo de detectar significância da interação fatorial, adotando-se como limites de aceitação os níveis de 5% de probabilidade para significância dos efeitos individuais dos fatores e de 10% para os casos de interação de fatores (Riboldi, 1993). Precedendo à análise de variância, foram realizados testes de aditividade, homocedasticidade, normalidade e independência. Quando significativas, as médias dos tratamentos foram comparadas através do teste de Duncan a 5% de probabilidade.

As relações entre perdas percentuais de produtividade de grãos do arroz, em função das populações de AESDE (competidora), foram estimadas a partir das interações, utilizando-se o modelo de regressão linear. O valor da estatística F, ao nível de 5 % de probabilidade, foi utilizado como critério de aceitação do modelo de regressão.

#### 4.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir são apresentados e discutidos os resultados relativos a cada um dos experimentos realizados.

##### 4.4.1 Experimento 1

Houve diferenças significativas para a variável massa da parte área das plantas de arroz, ocorrendo interação de épocas de adubação nitrogenada, condições de competição por angiquinho e cultivares de arroz. As cultivares de arroz BR-Irga 409 e Irga 418, a partir dos 14 DAE, produziram maior quantidade de matéria seca da parte aérea quando o adubo nitrogenado foi aplicado integralmente na semeadura do arroz, independentemente da presença ou ausência de AESDE (Tabela 12). Aos 7 DAE, nenhum dos fatores demonstrou efeito sobre a produção de matéria seca do arroz. Tampouco, até 21 DAE a presença de AESDE exerceu qualquer efeito negativo sobre a variável em questão.

Tabela 12. Massa ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) da parte aérea seca de plantas de duas cultivares de arroz, em resposta a duas modalidades de aplicação de adubo nitrogenado e presença ou não de infestação de angiquinho (*Aeschynomene denticulata*). Cachoeirinha-RS, 2003/04

Adubação (90 kg N $\text{ha}^{-1}$ )	BR-Irga 409					
	7 DAE <sup>1</sup>		14 DAE		21 DAE	
	Presença <sub>2</sub>	Ausência	Presença	Ausência	Presença	Ausência
Semeadura <sup>3</sup>	38 a <sup>5</sup> A	34 a A	105 a A	92 a A	227 a A	232 a A
Diferenciação <sup>4</sup>	29 a A	33 a A	45 b A	59 b A	99 b A	135 b A
Média	33,5		75,2		173,2	
	Irga 418					
Semeadura	40 a A	26 a A	74 a A	82 a A	192 a A	252 a A
Diferenciação	28 a A	21 a A	45 b A	27 b A	132 b A	78 b A
Média	28,7		57,0		163,5	
Média Geral	31,2		66,1		168,5	
C.V. (%)	44,0		37,2		32,0	

<sup>1</sup> Dias após a emergência do arroz; <sup>2</sup> População média de 35 plantas de angiquinho  $\text{m}^{-2}$ ; <sup>3</sup> Aplicada na semeadura do arroz; <sup>4</sup> 25 % aplicada na semeadura do arroz e 75 % na diferenciação do primórdio floral. <sup>5</sup> Médias seguidas pela mesma letra minúscula, comparadas nas colunas, ou maiúscula, comparadas nas linhas, para cada data de avaliação, não diferem significativamente pelo teste de Duncan a 5 % de probabilidade do erro.

Até os 21 DAE, a massa das plantas secas das cultivares de arroz BR-Irga 409 e Irga 418 não foram afetadas pela presença de AESDE. Em média, as cultivares de arroz apresentaram valores para massa de plantas 103 % superiores, combinadas as avaliações de 14 e 21 dias, para adubação realizada totalmente na semeadura. Contudo, os ganhos percentuais registrados para a cultivar Irga 418 foram superiores aos da BR-Irga 409 (113 % e 94 %, respectivamente). A maior produção de massa, já em estádios iniciais de desenvolvimento, pode refletir em vantagem competitiva posterior da cultura sobre as plantas daninhas.

Houve efeitos simples significativos dos fatores cultivares de arroz e condições de infestação de angiquinho para a variável cobertura do solo pelo dossel de arroz (Figuras 31 e 32). Não houve diferenças no comportamento das cultivares de arroz nem das condições de infestação por angiquinho.

As duas cultivares de arroz não diferiram quanto à capacidade de cobertura do solo em nenhuma das avaliações realizadas (Figura 31). Da mesma forma, a presença ou ausência de AESDE não afetou a cobertura do solo proporcionado pelos dosséis das cultivares de arroz (Figura 32).

A resposta do arroz à época de aplicação do adubo nitrogenado apresentou dois comportamentos (Figura 33). A aplicação do adubo nitrogenado apenas na semeadura do arroz proporcionou maior cobertura do solo em todas as épocas, com incremento acelerado especialmente no período de 21 a 42 DAE do arroz. Essa é uma das características que melhor indica habilidade competitiva em cultivares de arroz (Balbinot Jr. et al., 2003).

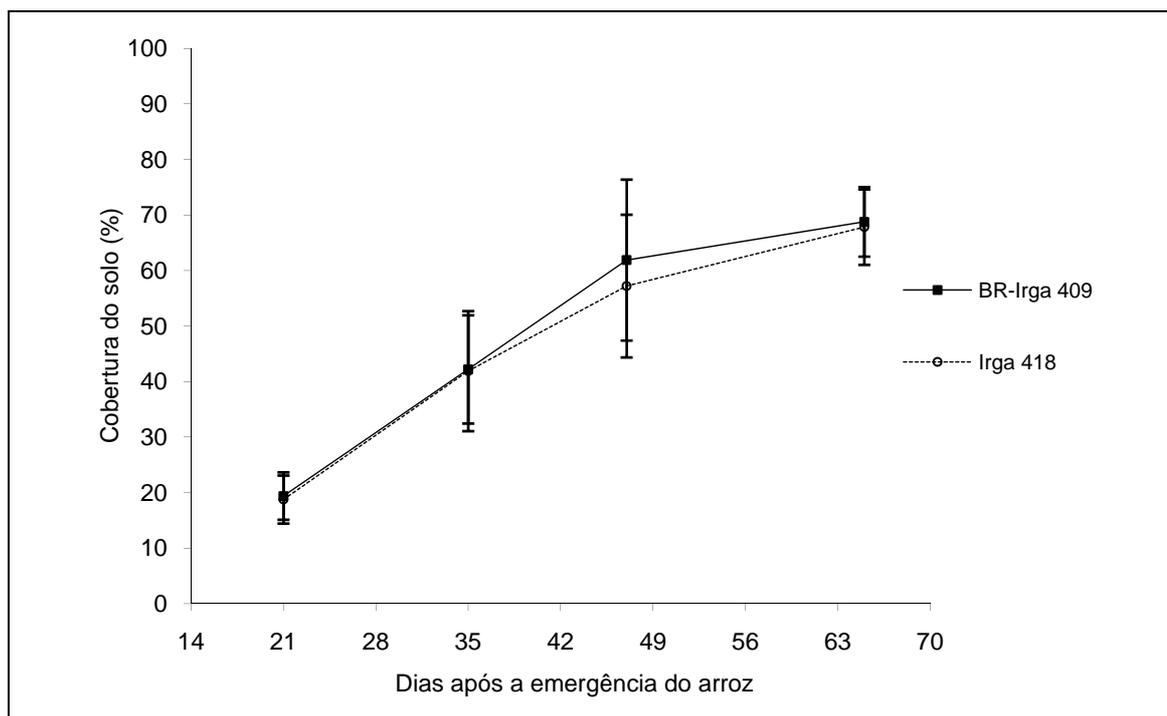


Figura 31. Cobertura do solo proporcionada pelos dosséis de duas cultivares de arroz na média de presença e ausência de infestação de angiquinho (*Aeschynomene denticulata*). Cachoeirinha-RS, 2003/04. Barras verticais representam o erro padrão entre médias em cada data de avaliação.

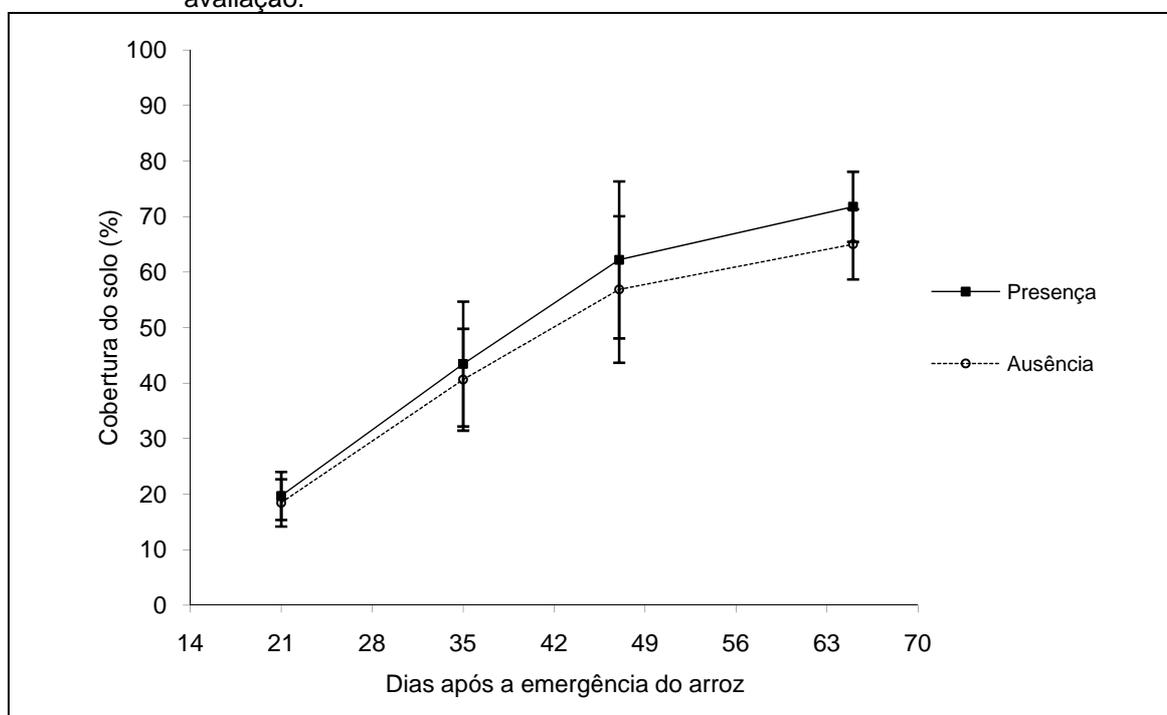


Figura 32. Cobertura do solo proporcionada pelos dosséis de duas cultivares de arroz na presença ou ausência de angiquinho (*Aeschynomene denticulata*). Cachoeirinha-RS, 2003/04. Barras verticais representam o erro padrão entre médias em cada data de avaliação.

A capacidade dos cultivares de sombrear o solo representa um requisito fundamental para seu sucesso competitivo, pois em arroz irrigado por inundação, a radiação solar constitui-se no recurso determinante da produtividade, já que a disponibilidade de recursos do solo geralmente não é limitante à cultura.

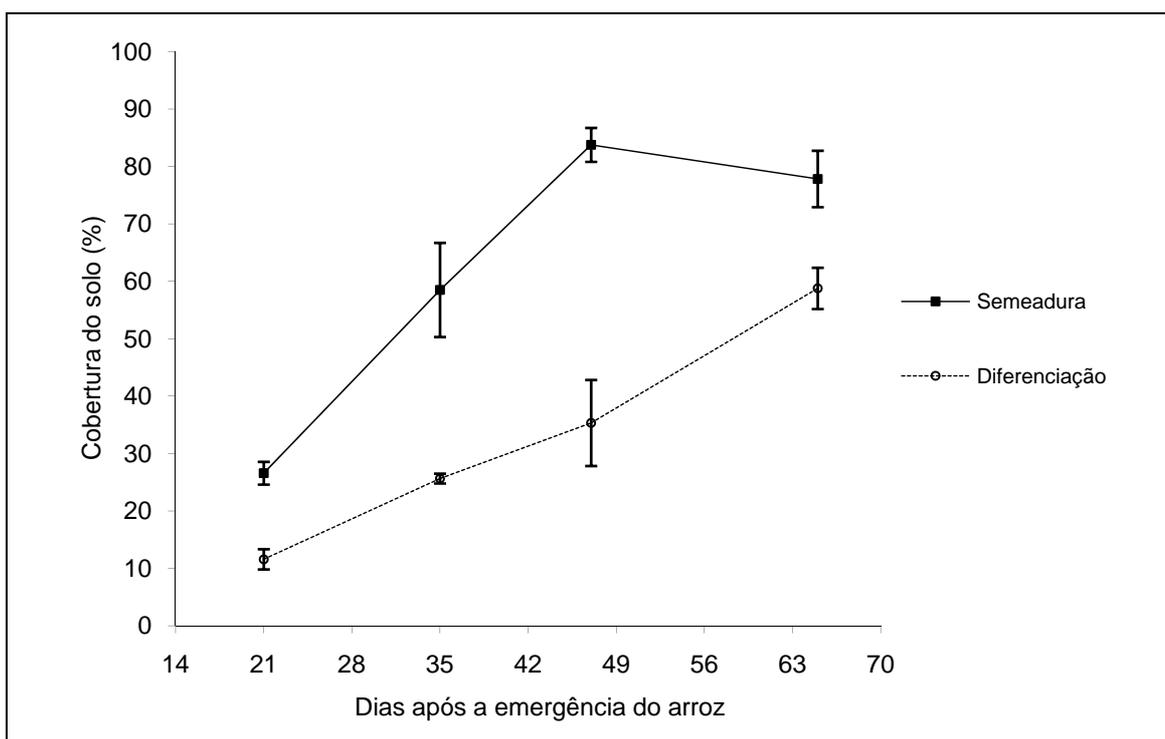


Figura 33. Cobertura do solo avaliada em quatro épocas, valores médios para duas cultivares de arroz, em resposta a duas épocas de aplicação de adubo nitrogenado. Cachoeirinha-RS, 2003/04.

Barras verticais representam o erro padrão entre médias em cada data de avaliação.

O crescimento do arroz em estatura apresentou interação para os fatores estudados, cultivares de arroz, épocas de aplicação do adubo nitrogenado e condições de infestação de angiquinho (Figuras 34, 35, 36 e 37). A cultivar de arroz BR-Irga 409 apresentou maior estatura de planta quando recebeu o adubo nitrogenado integralmente na sementeira, em presença da infestante (Figura 34A). Quando ela não esteve associada à infestante, as diferenças foram menores ou não ocorreram em algumas épocas (Figura 34B).

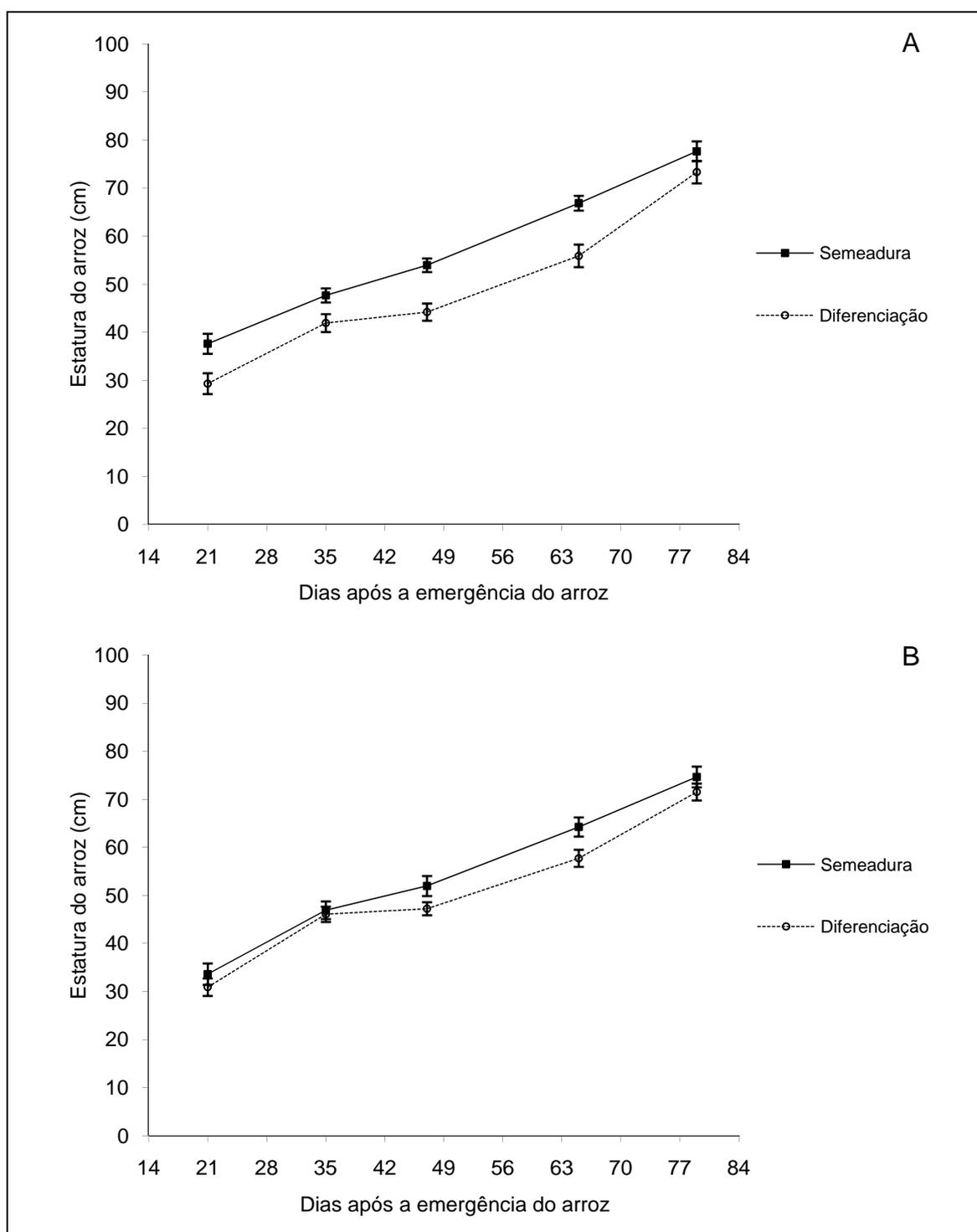


Figura 34. Estatura de plantas da cultivar de arroz BR-Irga 409 em função de duas épocas de aplicação de adubo nitrogenado, na presença (A) ou na ausência (B) de angiquinho (*Aeschynomene denticulata*). Cachoeirinha-RS, 2003/04.

Barras verticais representam o erro padrão entre médias em cada data de avaliação.

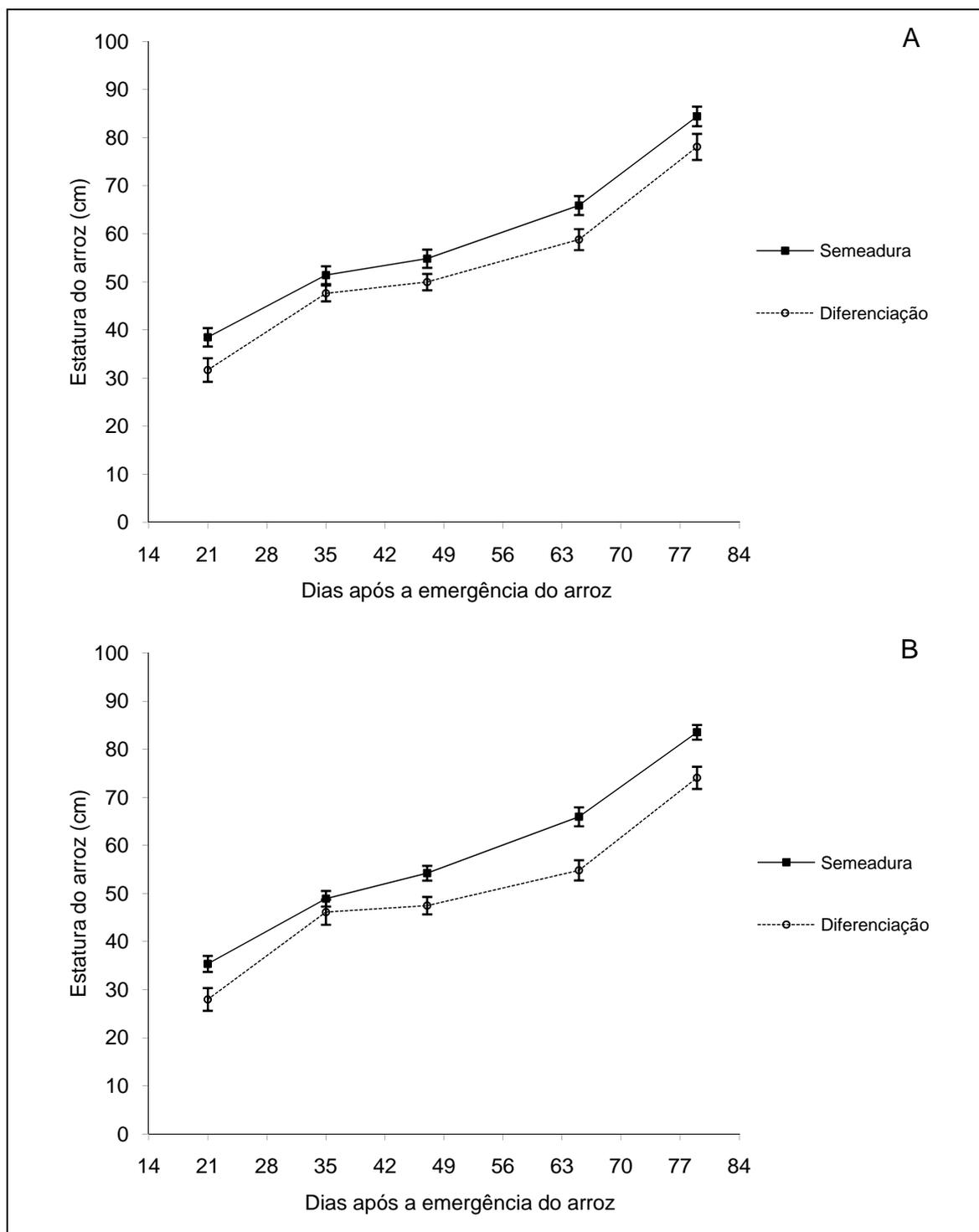


Figura 35. Estatura de plantas da cultivar de arroz Irga 418 em função de duas épocas de aplicação de adubo nitrogenado, na presença (A) ou na ausência (B) de anguinho (*Aeschynomene denticulata*). Cachoeirinha-RS, 2003/04. Barras verticais representam o erro padrão entre médias em cada data de avaliação.

A cultivar Irga 418 apresentou maior estatura quando o adubo nitrogenado foi aplicado totalmente na semeadura, tanto na presença como na ausência da infestante (Figuras 35A e 35B).

A resposta da estatura do arroz às condições de infestação por AESDE, em função do tempo, apresentou dois comportamentos: primeiro, quando o adubo nitrogenado foi aplicado totalmente na semeadura, na presença de AESDE, ocorreu, em geral, maior estatura do que na ausência da infestante (Figura 36A). O segundo foi observado quando o nitrogênio foi aplicado principalmente na diferenciação do primórdio floral, em que as plantas de arroz, na presença de AESDE, tiveram, inicialmente, estatura inferior à daquelas que cresceram na ausência da infestante (Figura 36B). Isto mostra que a presença do angiquinho estimulou as plantas de arroz a incrementar a estatura, procurando se sobrepor à concorrente na busca por luz.

A presença de competidoras pode alterar, além da quantidade, a qualidade da luz incidente no ambiente, afetando, desse modo, o desenvolvimento das vizinhas (Ballaré & Casal, 2000). A variação na qualidade da luz é percebida por pigmentos (fitocromo, criptocromo e fitotropina) mesmo antes de ocorrer o sombreamento e objetiva ajustar o crescimento da planta em função da presença de vizinhos (Ballaré & Casal, 2000). A relação da radiação vermelho extremo/vermelho, percebida pelos pigmentos, tem papel importante na indução de muitas alterações morfológicas na arquitetura das plantas, como crescimento do caule, dominância apical e ramificação (Ballaré & Casal, 2000). O sombreamento das plantas, detectado pela elevação radiação vermelho extremo, faz com que elas aloquem mais recursos para o

crescimento da parte aérea, afetando o desenvolvimento de raízes e, neste sentido, podem comprometer a disputa por recursos do solo (Rajcan & Swanton, 2001).

A cultivar de arroz Irga 418 apresentou comportamento geralmente próximo ao da BR-Irga 409 para estatura de planta em função de épocas de aplicação do adubo nitrogenado (Figuras 37A e 37B), pois, tanto na presença como na ausência de AESDE, as respostas equivaleram-se para as épocas de adubação.

Para variável estatura de AESDE, houve interação entre cultivares de arroz e épocas de aplicação do adubo nitrogenado. Na presença da cultivar BR-Irga 409, a estatura de AESDE foi maior quando o adubo nitrogenado foi aplicado apenas na semeadura do arroz (Figura 38A), fato que não foi observado quando o AESDE cresceu na presença da cultivar Irga 418 (Figura 38B). No primeiro caso, houve respostas diferenciais da variável às épocas de aplicação de nitrogênio ao arroz; já, na segunda situação as respostas foram similares. Isto pode ser uma resposta do angiquinho às maiores produção de massa e estatura da cultivar BR-Irga 409, quando recebeu o adubo nitrogenado na semeadura presença da infestante.

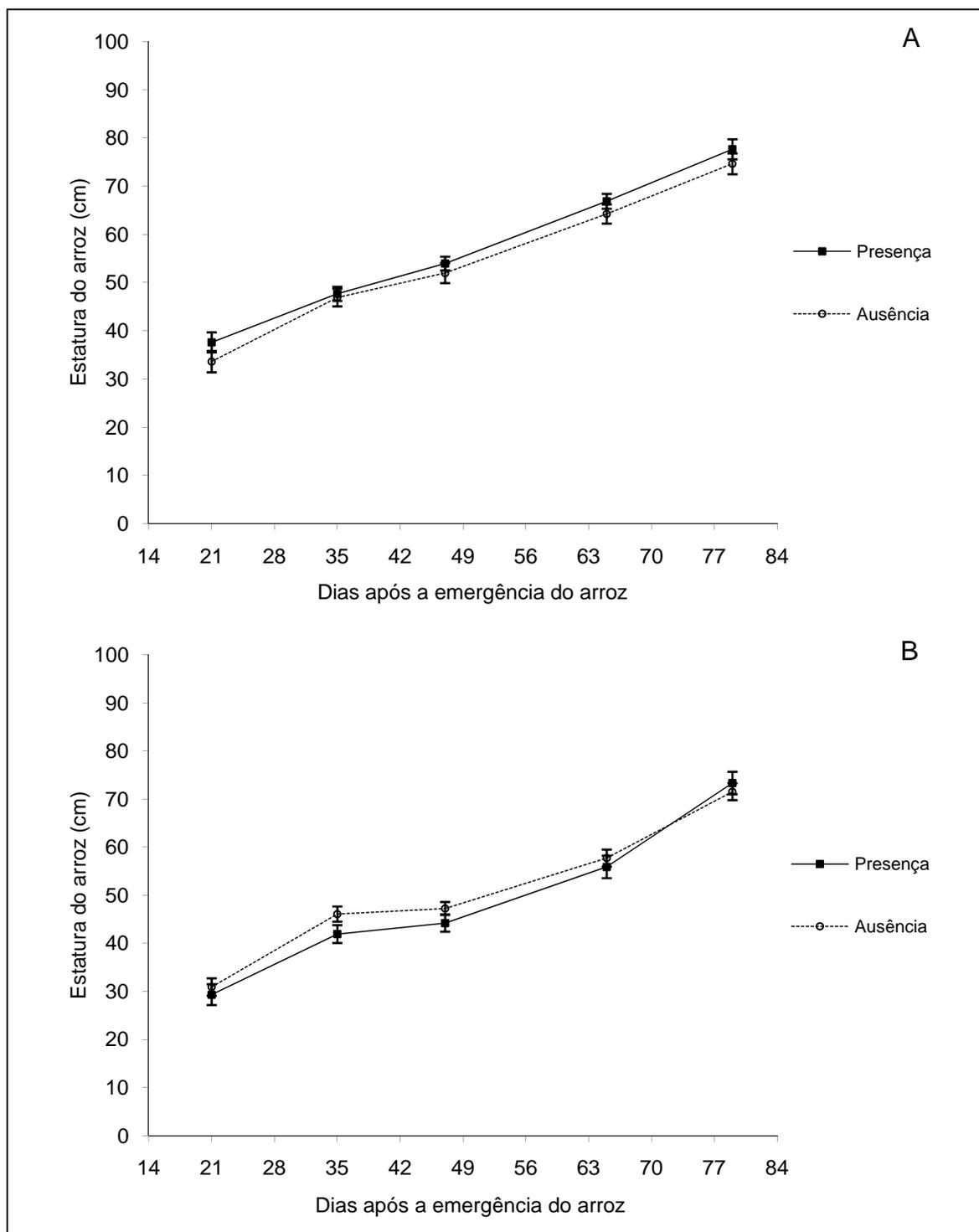


Figura 36. Estatura de plantas da cultivar de arroz BR-Irga 409 em função da presença ou ausência de angiquinho (*Aeschynomene denticulata*) e aplicação de adubo nitrogenado na sementeira (A) ou na diferenciação do primórdio floral (B). Cachoeirinha-RS, 2003/04. Barras verticais representam o erro padrão entre médias em cada data de avaliação.

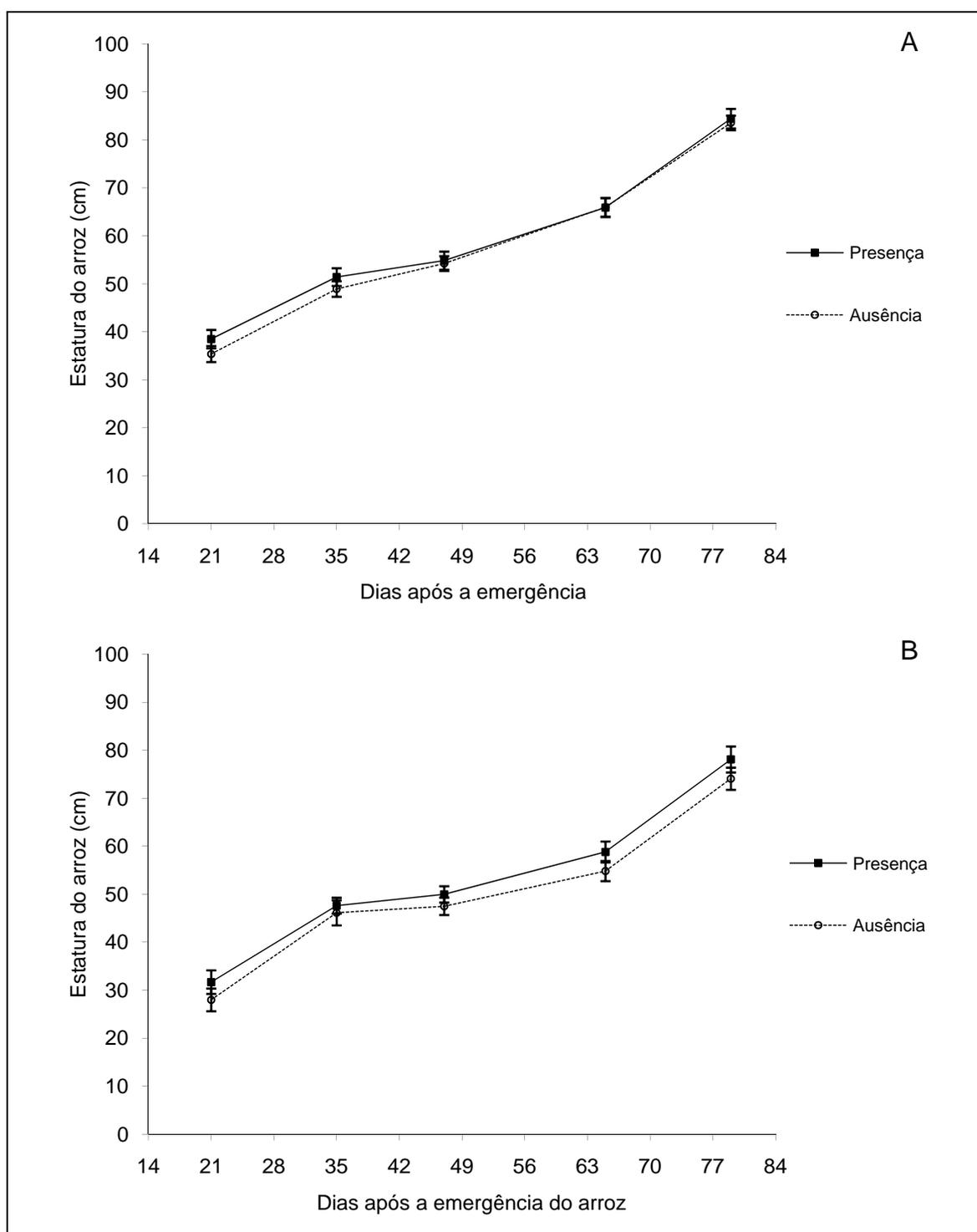


Figura 37. Estatura de plantas da cultivar de arroz Irga 418 em função da presença ou ausência de angiquinho (*Aeschynomene denticulata*) e aplicação de adubo nitrogenado na sementeira (A) ou na diferenciação do primórdio floral (B). Cachoeirinha-RS, 2003/04. Barras verticais representam o erro padrão entre médias em cada data de avaliação.

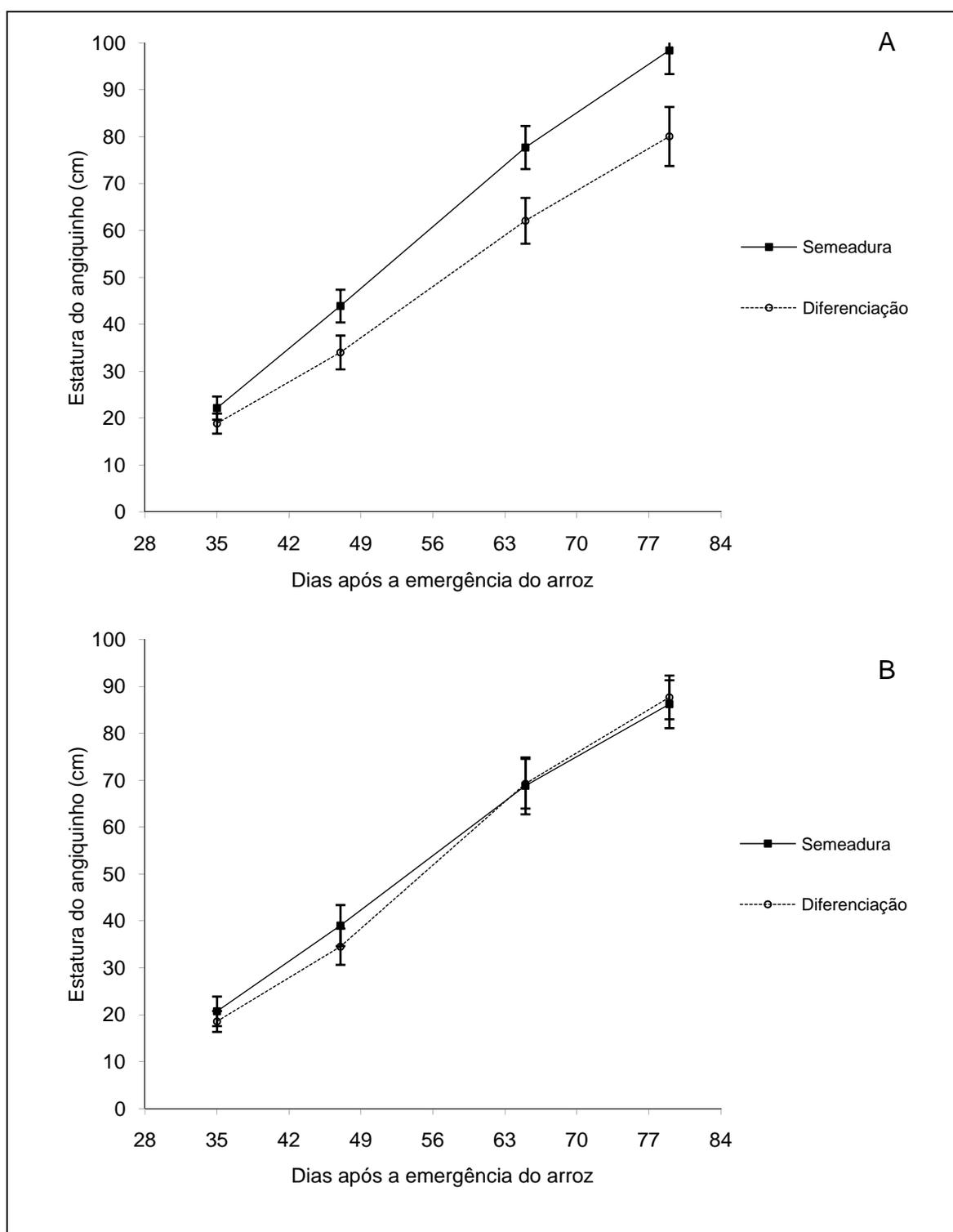


Figura 38. Estatura de plantas de angiquinho (*Aeschynomene denticulata*) em função de duas épocas de aplicação de adubo nitrogenado às cultivares de arroz BR-Irga 409 (A) ou Irga 418 (B). Cachoeirinha-RS, 2003/04.

Barras verticais representam o erro padrão entre médias em cada data de avaliação.

Quando o adubo nitrogenado foi aplicado somente na semeadura do arroz, as plantas de AESDE apresentaram maior estatura na presença da cultivar BR-Irga 409, do que associado à Irga 418 (Figura 39A). O mesmo não se observou quando o adubo foi aplicado basicamente na diferenciação do primórdio floral; neste caso, a estatura da infestante apresentou menor crescimento quando associada à cultivar BR-Irga 409 (Figura 39 B). Esta resposta pode dever-se à modulação no crescimento da infestante em função do maior crescimento alcançado pela cultivar BR-Irga 409 quando o adubo nitrogenado foi aplicado na diferenciação. As duas espécies (arroz e angiquinho) mostraram o mesmo comportamento em resposta à interferência mútua decorrente da concorrência por luz.

O número de panículas de arroz por unidade de área apresentou interação para os fatores estudados, cultivares de arroz, épocas de aplicação do adubo nitrogenado e condições de infestação de angiquinho (Tabela 13). Quando a cultivar de arroz BR-Irga 409 cresceu associada à infestação média de 35 plantas de AESDE  $m^{-2}$  e a aplicação do adubo nitrogenado ocorreu apenas na semeadura, ela produziu o menor número de panículas por unidade de área, 14 % abaixo daquela obtida quando a aplicação do adubo ocorreu na diferenciação.

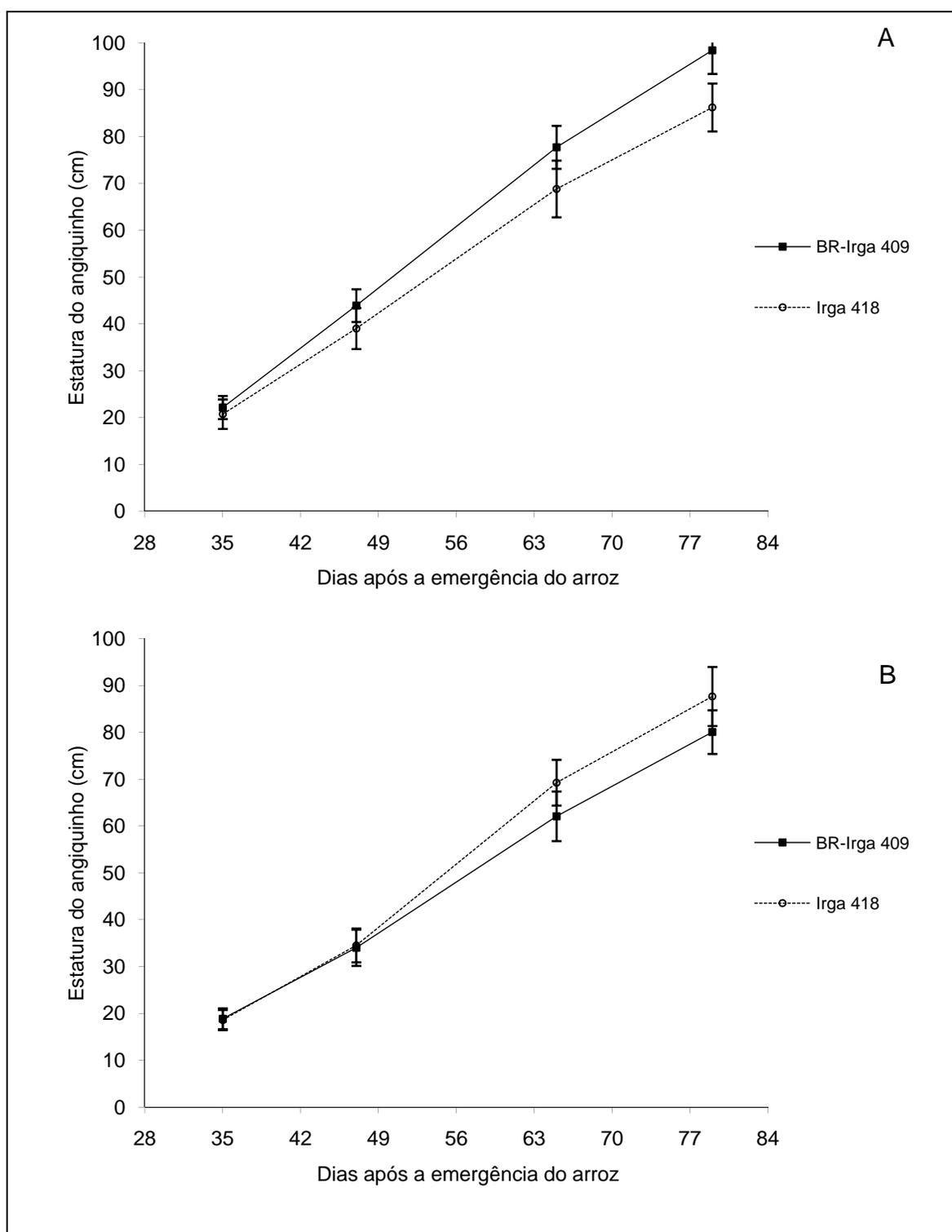


Figura 39. Estatura de plantas de angiquinho (*Aeschynomene denticulata*) em função de duas cultivares de arroz e de aplicação de adubo nitrogenado na semeadura (A) ou na diferenciação do primórdio floral (B). Cachoeirinha-RS, 2003/4.

Barras verticais representam o erro padrão entre médias em cada data de avaliação.

Tabela 13. Panículas (número m<sup>-2</sup>) de duas cultivares de arroz, em função de épocas de aplicação de adubo nitrogenado e de condições de infestação de angiquinho (*Aeschynomene denticulata*). Cachoeirinha-RS, 2003/04

Adubação (90 kg de N ha <sup>-1</sup> )	Cultivar BR-Irga 409						
	Angiquinho						
	Presença <sup>1</sup>			Ausência			Média
Semeadura <sup>2</sup>	370	b <sup>4</sup>	B	441	A	A	405
Diferenciação <sup>3</sup>	428	a	A	418	A	A	423
Média	399			429			414
	Cultivar Irga 418						
	Angiquinho						
	Presença			Ausência			Média
Semeadura	377	a	A	361	B	A	369
Diferenciação	308	b	B	423	A	A	365
Média	342			392			367
Média Geral	390,5						
C.V. (%)	17,1						

<sup>1</sup> População média de 35 plantas de angiquinho m<sup>-2</sup>; <sup>2</sup> Aplicada na semeadura do arroz; <sup>3</sup> 25 % aplicada na semeadura do arroz e 75 % na diferenciação do primórdio floral.

<sup>4</sup> Médias seguidas pela mesma letra minúscula, comparadas nas colunas, ou maiúscula, comparadas nas linhas, não diferem significativamente pelo teste de Duncan a 5 % de probabilidade do erro.

Diferentemente, a cultivar Irga 418 desenvolveu o menor número de panículas por unidade de área quando cresceu na presença de AESDE e o adubo nitrogenado foi aplicado na diferenciação do primórdio floral, ocorrendo redução de 18 % em relação à adubação só na semeadura (Tabela 13). Por outro lado, quando ela cresceu na ausência de AESDE, o menor número de panículas ocorreu em situação diversa, qual seja, quando o adubo foi aplicado apenas na semeadura, em que a redução foi de 15 %. Esses resultados corroboram os de outros trabalhos que observaram que cultivares precoces aumentam sua habilidade competitiva com plantas concorrentes quando a aplicação do adubo nitrogenado ocorre apenas na semeadura (Di Tomaso, 1995; Eberhardt, 1998; Agostinetto et al. 2004). Por outro lado, cultivares de ciclo médio apresentam maior habilidade competitiva quando a aplicação do N é fracionada.

Para a variável produtividade de grãos de arroz, houve interação tripla entre os fatores cultivares de arroz, épocas de aplicação do adubo nitrogenado e condições de infestação. A produtividade de grãos da cultivar BR-Irga 409 não sofreu nenhuma influência, quer das épocas de aplicação do adubo nitrogenado, quer das condições de infestação de AESDE (Tabela 14). No entanto, em valores relativos, ausência de AESDE proporcionou produtividade 7,7 % superior.

Tabela 14. Produtividade de grãos ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) de duas cultivares de arroz, em função de épocas de aplicação de adubo nitrogenado e de condições de infestação de angiquinho (*Aeschynomene denticulata*). Cachoeirinha-RS, 2003/04

Adubação (90 kg de N $\text{ha}^{-1}$ )	Cultivar BR-Irga 409		
	Angiquinho		
	Presença <sup>1</sup>	Ausência	Média
Semeadura <sup>2</sup>	7342 a <sup>4</sup> A	7978 a A	7660
Diferenciação <sup>3</sup>	7222 a A	7709 a A	7465
Média	7282	7843	7562
	Cultivar Irga 418		
	Angiquinho		
	Presença	Ausência	Média
Semeadura	7239 a A	6519 a B	6879
Diferenciação	4502 b B	5258 b A	4880
Média	5870	5888	5879
Média Geral	6721		
C.V. (%)	9,02		

<sup>1</sup> População média de 35 plantas de angiquinho  $\text{m}^{-2}$ ; <sup>2</sup> Aplicada na semeadura do arroz; <sup>3</sup> 25 % aplicada na semeadura do arroz e 75 % na diferenciação do primórdio floral.

<sup>4</sup> Médias seguidas pela mesma letra minúscula, comparadas nas colunas, ou maiúscula, comparadas nas linhas, não diferem significativamente pelo teste de Duncan a 5 % de probabilidade do erro.

A produtividade da cultivar Irga 418 foi influenciada tanto por épocas de aplicação do adubo nitrogenado quanto por condições de infestação de AESDE. Em valores absolutos, a maior produtividade ocorreu quando o adubo foi aplicado totalmente na semeadura, mas na presença de AESDE; já, a menor se verificou quando o adubo foi aplicado na diferenciação, também na presença da infestante. Entre esses valores, a diferença relativa foi de 61 % a

favor da primeira situação. Por outro lado, na ausência de angiquinho, Irga 418 produziu 24 % mais grãos quando todo adubo nitrogenado foi distribuído na semeadura. Com aplicação do N todo na semeadura, a cultivar Irga 418 se beneficiou sobremaneira desta prática, com incremento médio de 41 %, consideradas as duas condições de infestação. Esta resposta resulta, provavelmente, do incremento na capacidade competitiva do arroz sobre o angiquinho. Quando na presença de AESDE, o atraso na aplicação do adubo posicionou o arroz em desvantagem competitiva, proporcionando a maior redução em produtividade, aproximadamente 38 %, em comparação à aplicação do adubo totalmente na semeadura (Tabela 14).

Para produtividade de grãos verificou-se interação de cultivares de arroz e épocas de aplicação do adubo nitrogenado. Não houve diferença de produtividade, entre as cultivares BR-Irga 409 e Irga 418, quando a aplicação do nitrogênio foi realizada totalmente na semeadura (Tabela 15). Por outro lado, quando a aplicação do adubo nitrogenado foi fracionada, predominando na diferenciação do primórdio floral, Irga 418 apresentou a menor produtividade, tanto em comparação com BR-Irga 409, na mesma condição de adubação, como em comparação consigo mesma, com aplicação do adubo somente na semeadura. Portanto, aplicação do nitrogênio, sobretudo na diferenciação, revelou-se muito negativa à produtividade da cultivar Irga 418. Também, na ausência da infestante, a cultivar Irga 418 produziu mais grãos quando a aplicação do adubo se deu só na semeadura; decrescendo a produtividade quando a adubação ocorreu na diferenciação.

Tabela 15. Produtividade de grãos ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) de duas cultivares de arroz em função de épocas de aplicação de adubo nitrogenado em duas condições de infestação de angiquinho (*Aeschynomene denticulata*). Cachoeirinha-RS, 2003/04

Cultivar	Na presença de angiquinho						Média
	Aplicação do nitrogênio						
	Semeadura <sup>1</sup>		Diferenciação <sup>2</sup>				
BR-Irga 409	7342	a <sup>2</sup>	A	7222	a	A	7282
Irga 418	7239	a	A	4502	b	B	5870
Média	7290			5862			6576
	Na ausência de angiquinho						Média
	Aplicação do nitrogênio						
	Semeadura		Diferenciação				
BR-Irga 409	7978	a	A	7709	a	A	7843
Irga 418	6519	b	A	5258	b	B	5888
Média	7248			6483			6865
Média geral			6721				
C.V. (%)			9,02				

<sup>1</sup> Aplicado na sementeira do arroz; <sup>2</sup> 25 % aplicado na sementeira do arroz e 75 % na diferenciação do primórdio floral.

<sup>2</sup> Médias seguidas pela mesma letra minúscula, comparadas nas colunas, ou maiúscula, comparadas nas linhas, não diferem significativamente pelo teste de Duncan a 5 % de probabilidade do erro.

Os resultados indicam que a época de aplicação do N tem efeito marcante na habilidade competitiva das cultivares. A incorporação do nitrogênio quando da sementeira aumentou a habilidade competitiva da cultivar precoce (Irga 418), como também relataram Di Tomaso, 1995; Eberhardt, 1998 e Agostinetto et al. 2004. Os autores atribuem esse fato a forma de aplicação do adubo, que pode aumentar a disponibilidade do N à cultura e reduzir o suprimento para a infestante, em razão da localização do nutriente no solo, mais próximo às raízes da cultura. Isso é verdadeiro principalmente quando a competição ocorre entre espécies poáceas. Contudo, desconhece-se a do angiquinho à adubação nitrogenada do arroz, porque ele não depende do N já que é capaz de fixá-lo por simbiose.

Outro fato que pode aumentar a habilidade competitiva do arroz quando da aplicação do N na sementeira, refere-se à disponibilidade do nutriente no

início do ciclo da cultura, o que garante que o arroz amplie seu potencial de cobertura do solo, matéria seca e estatura, características que contribuem para maior habilidade competitiva (Balbinot Jr. et al., 2003).

Por outro lado, a cultivar de ciclo médio (BR-Irga 409) não modificou seu potencial competitivo em função da época de aplicação do adubo nitrogenado. Trabalhos realizados por Menezes & Silva (1998) e Agostinetto et al. (2004) demonstraram que cultivares de ciclo médio aumentam a habilidade competitiva quando o adubo nitrogenado é fracionado ou totalmente aplicado na diferenciação do primórdio floral. Esse incremento em produtividade pode decorrer da maior disponibilidade do N ao longo da estação de crescimento, o que aumentaria o potencial de produtividade e o enchimento de grãos (Agostinetto et al., 2004). No presente trabalho, pode ter ocorrido equivalência entre as épocas de aplicação do N sobre a cultivar de ciclo médio (BR-Irga 409), proporcionado pelo aumento da habilidade competitiva quando o adubo foi aplicado na semeadura ou maior disponibilidade do N ao longo da estação de crescimento quando o adubo foi aplicado fracionado.

#### **4.4.2 Experimento 2**

As cultivares de arroz BR-Irga 409 e Irga 418 não apresentaram diferenças na produção de matéria seca da parte aérea na fase inicial de crescimento (Figura 40). Ambas apresentaram um rápido ganho de massa (média de  $8 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ ).

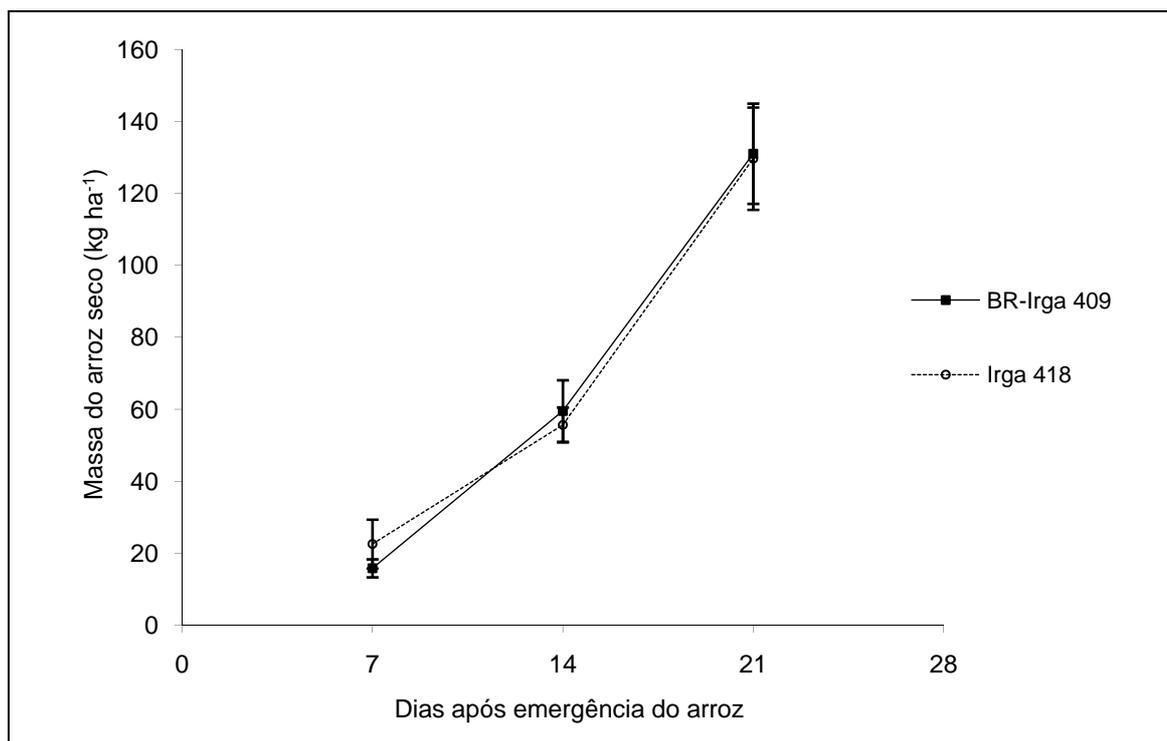


Figura 40. Massa da parte aérea seca das cultivares de arroz BR-Irga 409 ou Irga 418 na fase inicial de crescimento, na média de populações de angiquinho (*Aeschynomene denticulata*). Cachoeirinha-RS, 2003/04. Barras verticais representam o erro padrão entre médias em cada data de avaliação.

Além da matéria seca, outra característica que pode diferenciar habilidades competitivas é a estatura de planta. As duas cultivares de arroz diferiram em estatura até os 35 DAE, período em que a cultivar Irga 418 apresentou maior estatura (Figura 41). Já, a partir de 49 DAE, a cultivar BR-Irga 409 ultrapassou a Irga 418 até o final do ciclo. Durante o período avaliado, a cultivar BR-Irga 409 cresceu,  $0,73 \text{ cm dia}^{-1}$ , em média, enquanto a cultivar Irga 418 cresceu apenas  $0,59 \text{ cm dia}^{-1}$ . Plantas com maior crescimento inicial em estatura geralmente revelam plantas mais competitivas, com maior capacidade de sombreamento nos estádios iniciais de desenvolvimento (Balbinot Jr. et al., 2003).

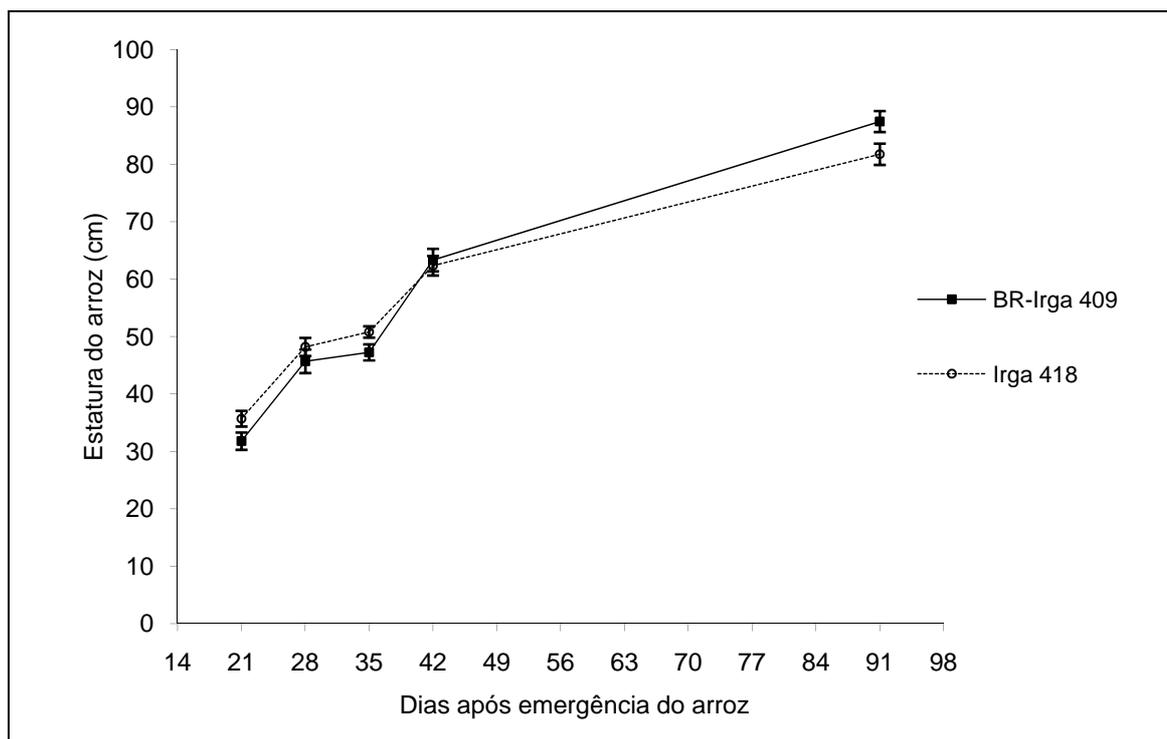


Figura 41. Estatura de plantas das cultivares de arroz BR-Irga 409 ou Irga 418, na média de populações de angiquinho (*Aeschynomene denticulata*). Cachoeirinha-RS, 2003/04. Barras verticais representam o erro padrão entre médias em cada data de avaliação.

A estatura do arroz sofreu influência da população de plantas de AESDE, mostrando interação de cultivares de arroz e populações de AESDE. Assim, com o incremento da infestação de AESDE, a estatura do arroz tendeu a aumentar (Figura 42). O aumento de estatura, em função da população de AESDE, apresentou resposta linear para ambas as cultivares, sendo que BR-Irga 409 mostrou maior incremento do que Irga 418. Verificou-se pouca robustez nas relações, em função dos baixos coeficientes de determinação, principalmente para a cultivar Irga 418, fato que, provavelmente, se deva ao uso de todas as observações na análise (10 por população de AESDE) e não somente as médias destas. Em trabalho realizado por Adoryan (2004), o autor não observou relação entre populações de *Aeschynomene rudis* e estatura do

arroz. Da mesma forma, Menezes et al. (2002), trabalhando com populações de AESDE, também não verificaram variação significativa na estatura das plantas de arroz com o aumento da população da infestante.

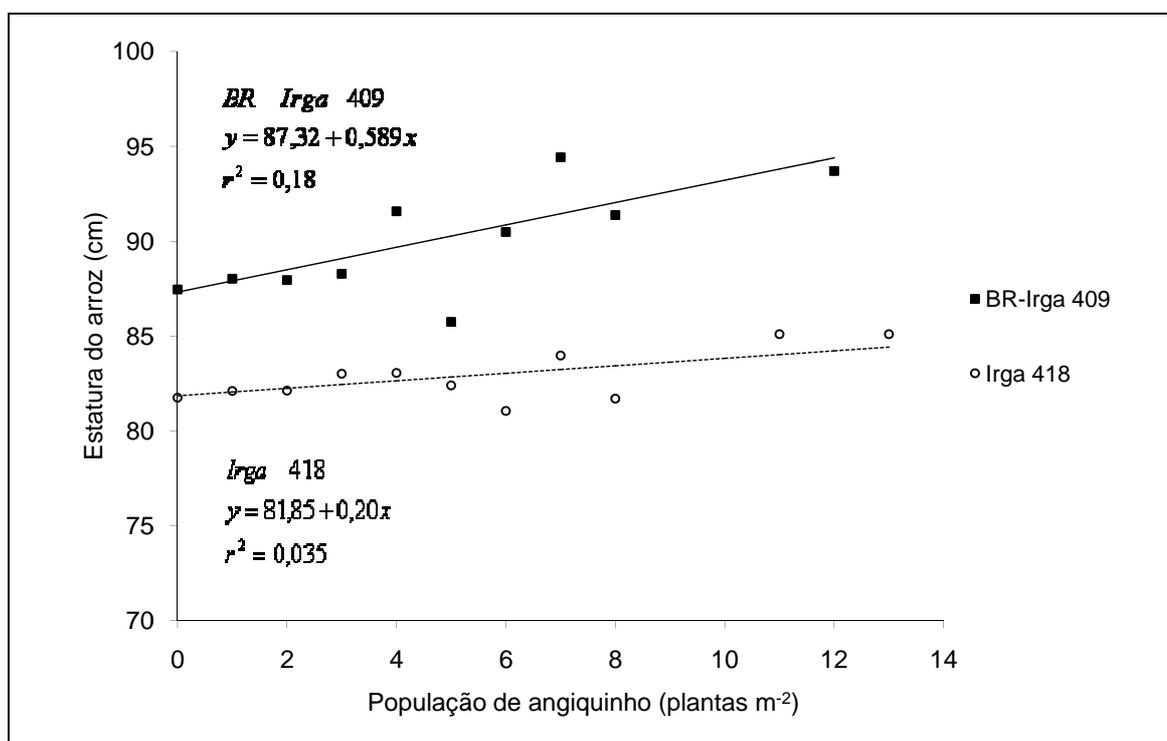


Figura 42. Estatura de plantas das cultivares de arroz BR-Irga 409 e Irga 418, no final do ciclo, em função da população de plantas de angiquinho (*Aeschynomene denticulata*). Cachoeirinha-RS, 2003/04. Barras verticais representam o erro padrão entre médias em cada data população de angiquinho.

O crescimento do angiquinho em estatura apresentou três fases distintas, em que a primeira e a terceira mostraram crescimento mais lento (Figura 43). A primeira fase (entre os 28 e 35 DAE) apresentou crescimento de 1,75 cm dia<sup>-1</sup>, enquanto na terceira (entre os 42 e 56 DAE) o crescimento diminuiu para 1,12 cm dia<sup>-1</sup>. A fase intermediária (entre os 35 e 42 DAE) caracterizou-se por crescimento rápido, com taxa de expansão da ordem de 5,25 cm dia<sup>-1</sup>.

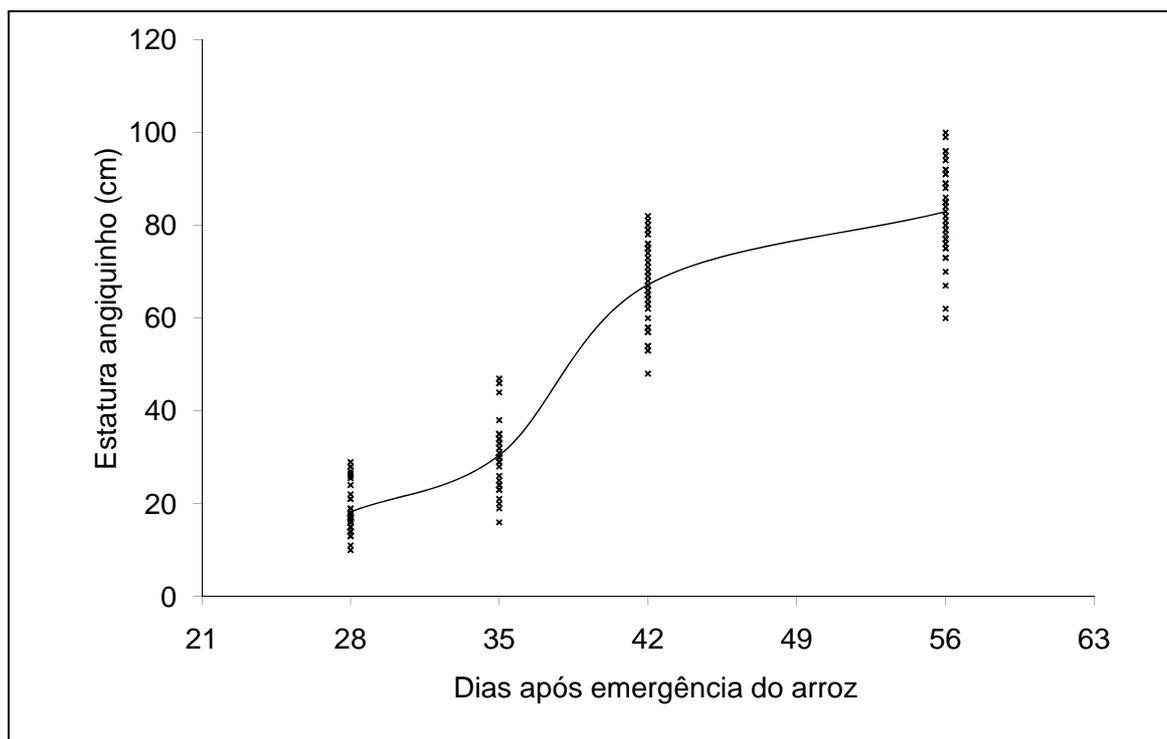


Figura 43. Estatura média de plantas de angiquinho (*Aeschynomene denticulata*), na presença das cultivares de arroz BR-Irga 409 e Irga 418. Cachoeirinha-RS, 2003/04.

Em cada data de avaliação, os símbolos (x) representam os valores observados.

O angiquinho, quando cresceu em presença do arroz, apresentou plantas mais altas do que crescendo isolado (Tabela 16). Esta resposta foi relativamente proporcional à estatura do arroz: em presença da cultivar BR-Irga 409 (mais alta), a infestante apresentou maior estatura do que na presença da Irga 418. Esses resultados demonstram que o angiquinho apresenta habilidade em competir por luz, pois, em geral, plantas que crescem mais em estatura obtêm vantagem na captação desse recurso (Rajcan & Swanton, 2001). As plantas de angiquinho demonstraram alta plasticidade morfológica, ajustando-se às variações nas condições da comunidade, de modo a obter vantagem na competição.

Tabela 16. Estatura média de plantas de angiquinho (*Aeschynomene denticulata*), no final do ciclo, associado com cultivares de arroz BR-Irga 409 e Irga 418 ou ausência de arroz. Cachoeirinha-RS, 2003/04

Condição	Estatura (cm)
BR-Irga 409	97 a <sup>1</sup>
Irga 418	88 b
Sem arroz	83 c
Média	89,3
C.V. (%)	10,8

<sup>1</sup> Médias seguidas pela mesma letra, comparadas na coluna, não diferem significativamente pelo teste de Duncan a 5 % de probabilidade do erro.

O angiquinho apresentou tendência de aumentar a estatura com o incremento em sua população (Figura 44), cuja resposta foi linear, com acréscimo de cerca de 1 cm para cada planta adicional de AESDE m<sup>-2</sup> na comunidade. Desse modo, mostrou capacidade plástica em se ajustar às condições do meio, modificando o crescimento em estatura quando houve aumento da população de plantas.

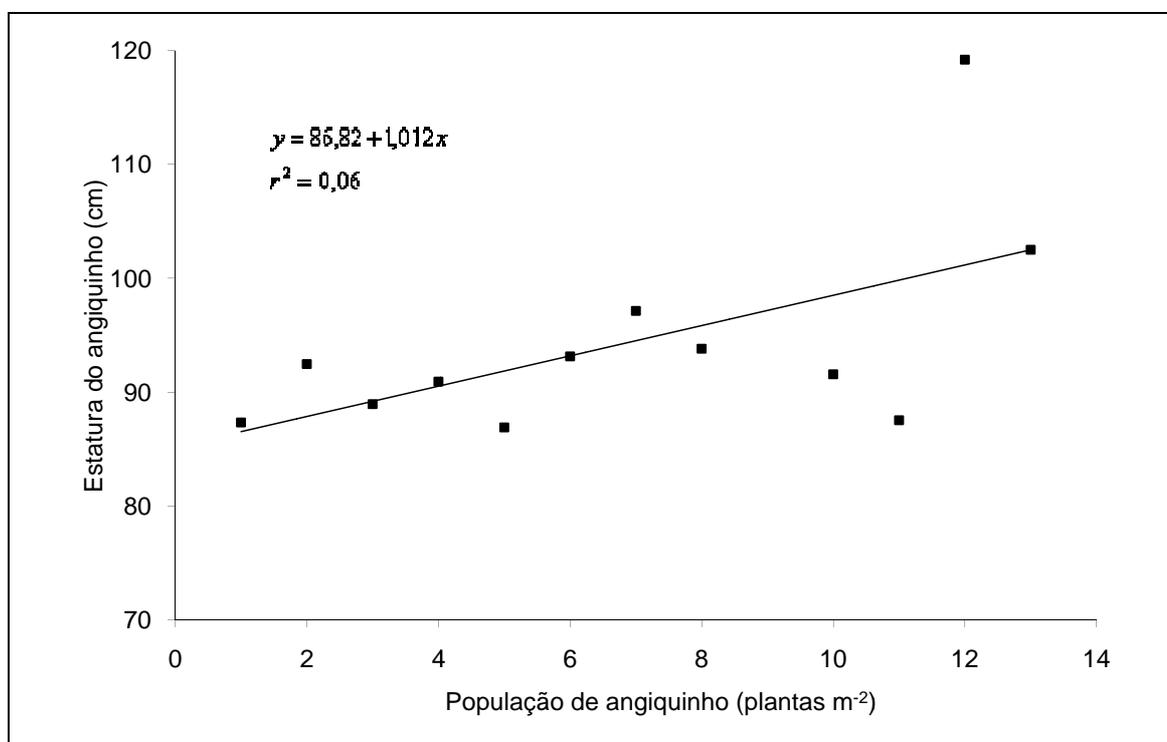


Figura 44. Estatura de plantas de angiquinho (*Aeschynomene denticulata*), no final do ciclo, em função da população, na presença das cultivares de arroz BR-Irga 409 e Irga 418. Cachoeirinha-RS, 2003/04.

O número de panículas de arroz por área (média de 455 panículas  $m^{-2}$ ) não diferiu entre cultivares; tampouco a variável foi alterada pela infestação de AESDE (dados não mostrados). Contudo, em trabalho realizado por Menezes et al. (2001), essa foi a variável mais afetada pela presença de AESDE; da mesma forma, Adoryan (2004) observou redução de 29 % no número de panículas para uma população de 24 plantas de AESRU  $m^{-2}$ .

A perda percentual em produtividade de grãos de arroz pela presença de AESDE apresentou interação de cultivares de arroz e populações de plantas de AESDE, com resposta linear e positiva (Figura 45). A cultivar BR-Irga 409 sofreu maior queda de produtividade, com perda aproximada de 2,5 % para cada planta adicional de AESDE  $m^{-2}$ , atingindo redução de produtividade de 29 % para a infestação máxima ocorrida (12 plantas  $m^{-2}$ ). Já, a cultivar Irga 418 apresentou perdas relativamente menores, com redução de 0,8 % para cada planta de AESDE acrescentada, atingindo queda de 11 % para população de 13 plantas  $m^{-2}$  de AESDE. Contudo, neste caso, a relação não foi forte, haja vista que o  $r^2$  foi baixo. Por sua vez, Adoryan (2004) relatou perda de produtividade maior, aproximadamente 43 % para uma população de 12 plantas de AESRU  $m^{-2}$ , gerando perda de 2 % para cada planta de AESRU acrescida à infestação.

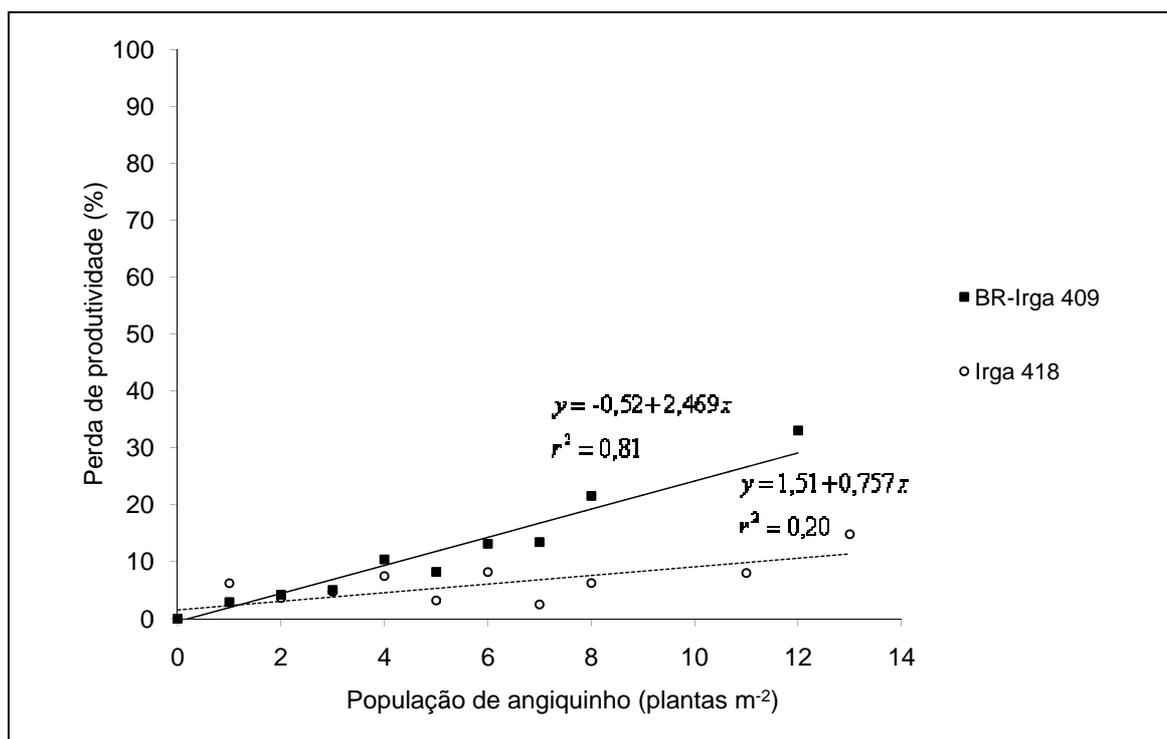


Figura 45. Perda de produtividade de grãos das cultivares de arroz BR-Irga 409 e Irga 418 em função da população de angiquinho (*Aeschynomene denticulata*). Cachoeirinha-RS, 2003/04.

A estatura do arroz, tanto em fase inicial como final, diferiu entre as cultivares (Figura 41). A cultivar Irga 418 apresentou maior estatura aos 21 DAE (fase inicial) e menor aos 91 DAE (fase final), sofrendo menor perda de produtividade. Já, BR-Irga 409 apresentou resultado diverso. Dentre as características morfológicas, a estatura de planta é a que mais fortemente se relaciona com o baixo crescimento de plantas daninhas, devido ao sombreamento imposto pela cultura (Garrity et al., 1992). As cultivares que apresentam plantas de maior estatura no início do ciclo mostram-se mais competitivas (Balbinot Jr. et al., 2003). No entanto, os últimos autores não constataram associação entre estatura final de planta e redução de produtividade de grãos, corroborando os resultados obtidos neste trabalho.

A menor estatura da cultivar BR-Irga 409 no início do ciclo, pode ser um dos fatores responsáveis pela maior estatura do AESDE na presença desta cultivar, refletindo em redução mais acentuada na produtividade de grãos da cultura. Por outro lado, a cultivar Irga 418 apresentou maior estatura na fase inicial, semelhante ao que foi relatado por Fleck et al. (2003) em trabalho em que ela se destacou entre outros genótipos por apresentar maior estatura de planta aos 14 DAS. Segundo Ogg & Seefeldt (1999), o rápido crescimento da planta em estatura permite que ela utilize o recurso luz com maior intensidade, podendo sombrear as plantas daninhas já no início do ciclo.

O crescimento do AESDE foi lento até os 35 DAE do arroz, conseguindo superar a cultura somente a partir dos 39 DAE desta (Figura 43). Esses resultados indicam que práticas de manejo que permitam pronta cobertura do solo e rápido crescimento em estatura pela cultura em estádios iniciais (até os 35 DAE), podem proporcionar-lhe maior chance de captação de luz em estratos mais elevados do dossel da comunidade de plantas e controlar melhor o AESDE.

#### **4.4.3 Experimento 3**

A época de aplicação do adubo nitrogenado em cobertura afetou a produção de matéria seca inicial das plantas de arroz, cultivar BR-Irga 410 (Tabela 17). A massa das plantas secas foi substancialmente maior quando o adubo nitrogenado foi aplicado no estágio de desenvolvimento V<sub>4</sub>. Maior produção de massa nos estádios iniciais de desenvolvimento pode proporcionar ao arroz maior crescimento em estatura, área folhar e/ou cobertura do solo, garantindo-lhe, assim, maior habilidade competitiva inicial na

capacidade de suprimir plantas daninhas posteriormente (Balbinot Jr. et al., 2003). Contudo, vale destacar que, por ocasião das avaliações, ainda não havia efeito do N que foi aplicado no estágio V<sub>8</sub> do arroz.

Tabela 17. Massa da matéria seca da parte aérea da cultivar de arroz BR-Irga 410 em função da época de aplicação de adubo nitrogenado, crescendo na ausência de angiquinho (*Aeschynomene denticulata*). Cachoeirinha-RS, 2003/04

Época da adubação	Massa (kg ha <sup>-1</sup> )		Média
	21 DAE <sup>1</sup>	35 DAE	
Estádio V <sub>4</sub>	534 A <sup>2</sup>	816 a	675
Estádio V <sub>8</sub>	155 b	427 b	291
Média	345	621	483
C.V. (%)	12,7	9,9	

<sup>1</sup> Dias após a emergência do arroz.

<sup>2</sup> Médias seguidas pela mesma letra, comparadas nas colunas, para cada data de avaliação, não diferem significativamente pelo teste de Duncan a 5 % de probabilidade do erro.

A cobertura do solo proporcionado pelo dossel da cultivar de arroz BR-Irga 410 foi maior quando a adubação nitrogenada foi aplicada no estágio de desenvolvimento V<sub>4</sub>, sendo 67 % superior à aplicação em V<sub>8</sub>, tanto aos 35 como aos 49 DAE (dados não apresentados). A cobertura do solo inclui-se entre as principais características que proporcionam maior habilidade competitiva ao arroz (Balbinot Jr. et al., 2003).

A estatura da cultivar BR-Irga 410 sofreu influência da época de aplicação do adubo nitrogenado (Figura 46). Como regra, a estatura do arroz foi maior quando o adubo nitrogenado foi aplicado no estágio de desenvolvimento V<sub>4</sub> (Tabela 18). A vantagem da aplicação do adubo em V<sub>4</sub> se sustentou até a maturação das plantas de arroz, as quais foram cerca de 2 cm mais altas nesta ocasião.

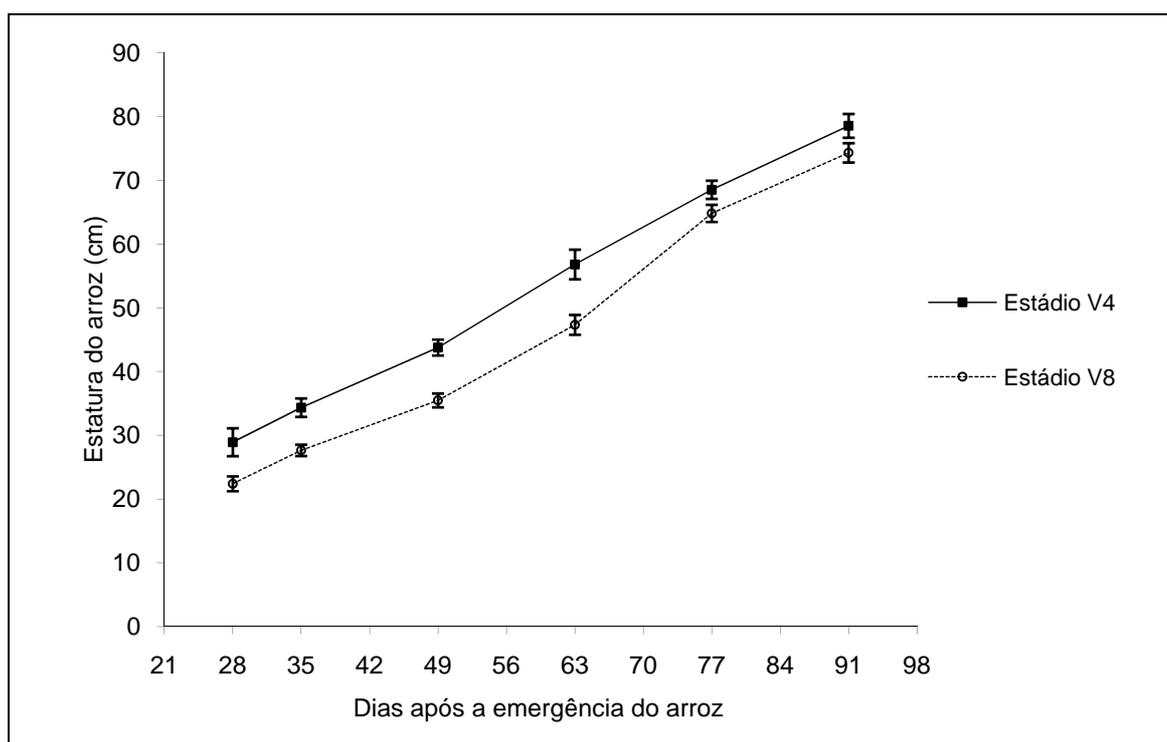


Figura 46. Estatura de planta da cultivar de arroz BR-Irga 410 em função da época de aplicação de adubo nitrogenado, crescendo na ausência de angiquinho (*Aeschynomene denticulata*). Cachoeirinha-RS, 2003/04.

Barras verticais representam o erro padrão entre médias em cada data de avaliação.

Tabela 18. Estatura de planta, número de panículas por área e produtividade de grãos da cultivar de arroz BR-Irga 410 e massa da matéria seca da parte aérea de angiquinho (*Aeschynomene denticulata*), no final do ciclo do arroz, em função da época de aplicação de adubo nitrogenado à cultura. Cachoeirinha-RS, 2003/04

Época da adubação	Estatura (cm)	Nº de panículas (m <sup>-2</sup> )	Produtividade do arroz (kg ha <sup>-1</sup> )	Massa de angiquinho (kg ha <sup>-1</sup> )
Estádio V <sub>4</sub>	78 a <sup>1</sup>	319 a	5625 a	79 b
Estádio V <sub>8</sub>	76 b	299 b	5019 b	204 a
Média	77	309	5221	142
C.V. (%)	4,4	9,7	6,2	19,4

<sup>1</sup> Médias seguidas pela mesma letra, comparadas em cada coluna, não diferem significativamente pelo teste de Duncan a 5 % de probabilidade do erro.

A estatura das plantas de arroz apresentou interação para os fatores épocas de aplicação do adubo nitrogenado e populações de AESDE. Além do estágio de aplicação do adubo nitrogenado, a população do angiquinho também influenciou de certa forma a estatura do arroz (Figura 47). A resposta

da cultivar BR-Irga 410 sofreu alguma influência da época de aplicação do adubo. Quando o nitrogênio foi aplicado no estágio V<sub>4</sub>, a estatura do arroz respondeu positivamente ao aumento da população de AESDE. Por outro lado, quando o adubo nitrogenado foi aplicado no estágio V<sub>8</sub>, tendeu a ocorrer redução na estatura do arroz quando a infestação de AESDE ultrapassou 30 plantas m<sup>-2</sup>.

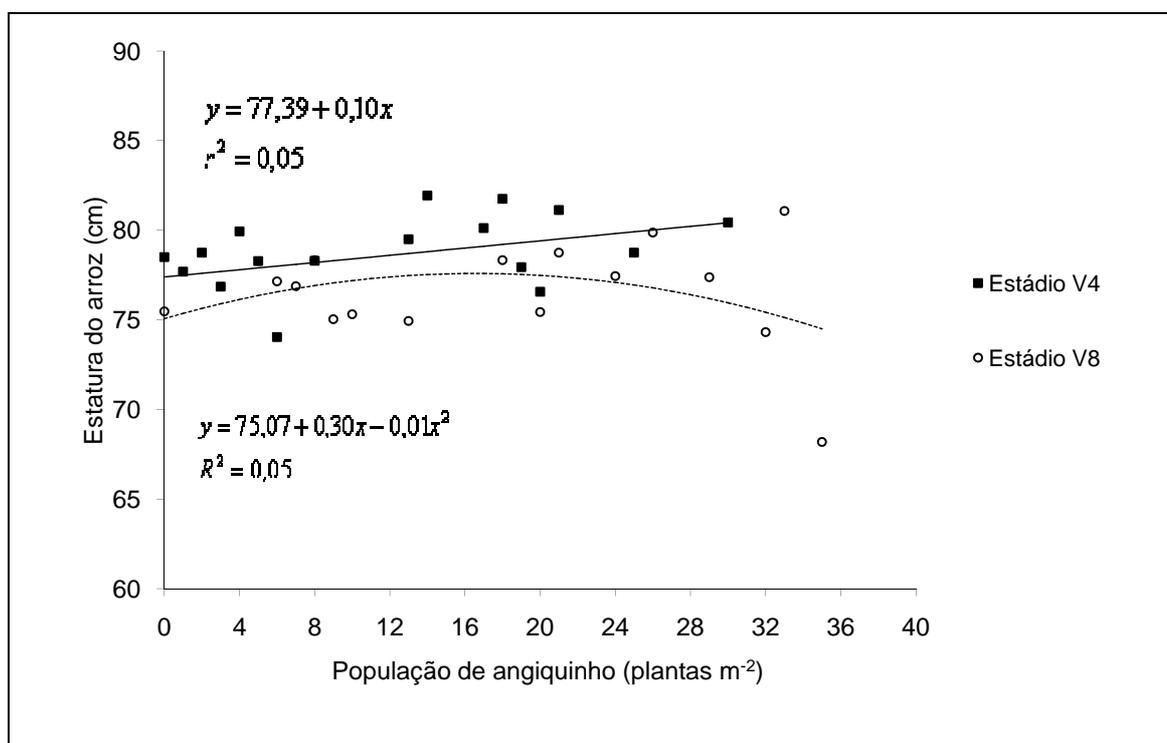


Figura 47. Estatura de planta da cultivar de arroz BR-Irga 410 na maturação, em função da população de plantas de angiquinho (*Aeschynomene denticulata*) e da época de aplicação de adubo nitrogenado. Cachoeirinha-RS, 2003/04.

A estatura de plantas de angiquinho não respondeu às épocas de aplicação do adubo nitrogenado (Figura 48). Durante o período avaliado, a infestante apresentou incremento em estatura 110 % maior do que o arroz, atingindo valor médio de 108 cm na colheita da cultura, enquanto a estatura média do arroz foi de apenas 76 cm na ocasião.

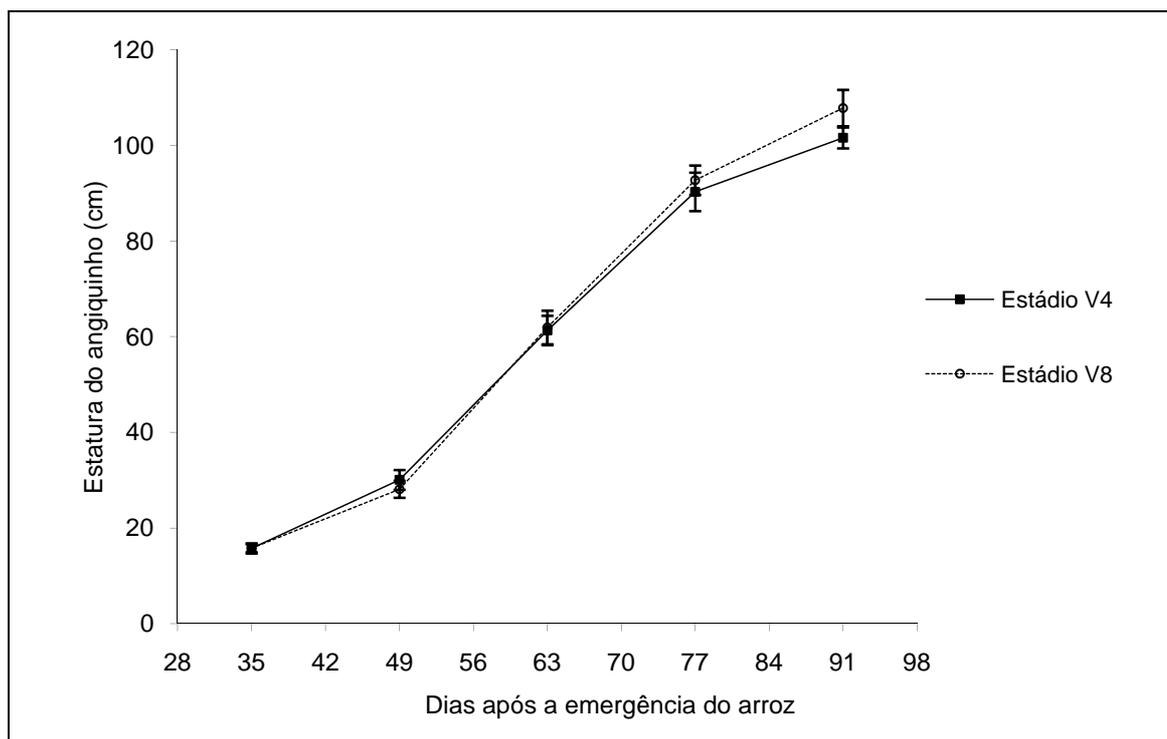


Figura 48. Estatura de planta de angiquinho (*Aeschynomene denticulata*), em função de épocas de aplicação de adubo nitrogenado à cultivar de arroz BR-Irga 410. Cachoeirinha-RS, 2003/04. Barras verticais representam o erro padrão entre médias em cada data de avaliação.

A estatura de plantas de angiquinho foi influenciada por sua população de plantas, mostrando interação de épocas de aplicação do adubo nitrogenado e populações de angiquinho. Assim, com o incremento da infestação, a estatura aumentou linearmente, mostrando comportamento equivalente para ambas as épocas de aplicação do N ao arroz (Figura 49). Essa resposta corrobora com o observado no Experimento 2 (Tabela 18), onde o angiquinho demonstrou vantagem na captação de luz, quando em competição com o arroz ou com ele próprio.

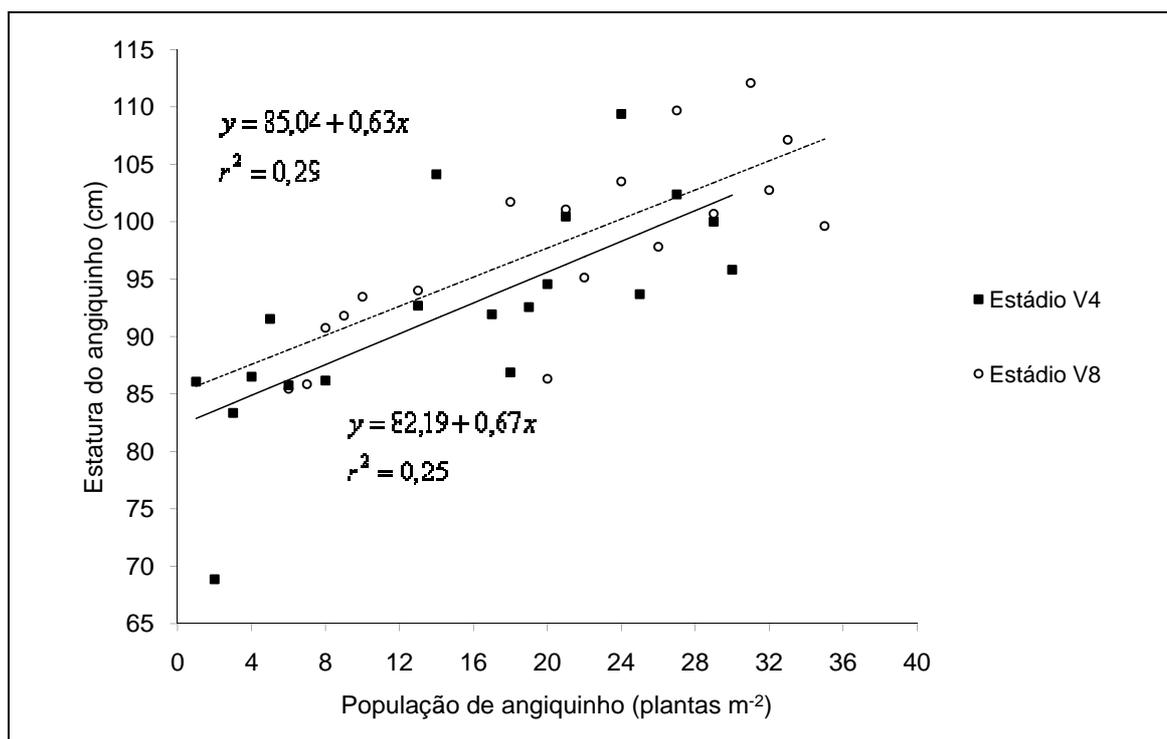


Figura 49. Estatura de planta de angiquinho (*Aeschynomene denticulata*), em função de sua população, em duas épocas de aplicação de adubo nitrogenado à cultivar de arroz BR-Irga 410. Cachoeirinha-RS, 2003/04.

O número de panículas de arroz por área, um dos principais componentes da produtividade do arroz (Nedel et al., 1998), sofreu efeito tanto da época de aplicação do adubo nitrogenado (Tabela 18), quanto da população de AESDE (Figura 50). Quando o adubo foi aplicado no estádio V<sub>4</sub>, o número de panículas foi 6,7 % superior à aplicação no estádio V<sub>8</sub>.

Com o aumento na população de plantas de AESDE, houve redução no número de panículas de arroz, constatando-se diminuição de cerca de cinco panículas m<sup>-2</sup> para cada incremento de duas plantas de AESDE (considerado o limite de 35 indivíduos m<sup>-2</sup>). Neste trabalho, houve redução de 18 % no número de panículas para uma população de 24 plantas de AESDE m<sup>-2</sup>. Este resultado foi inferior ao observado por Adoryan (2004), que constatou redução de 29 % no número de panículas de arroz para uma mesma população, só que de

*Aeschynomene rudis*. Menezes et al. (2001) observaram que essa foi a variável do arroz mais afetada pela infestação de AESDE.

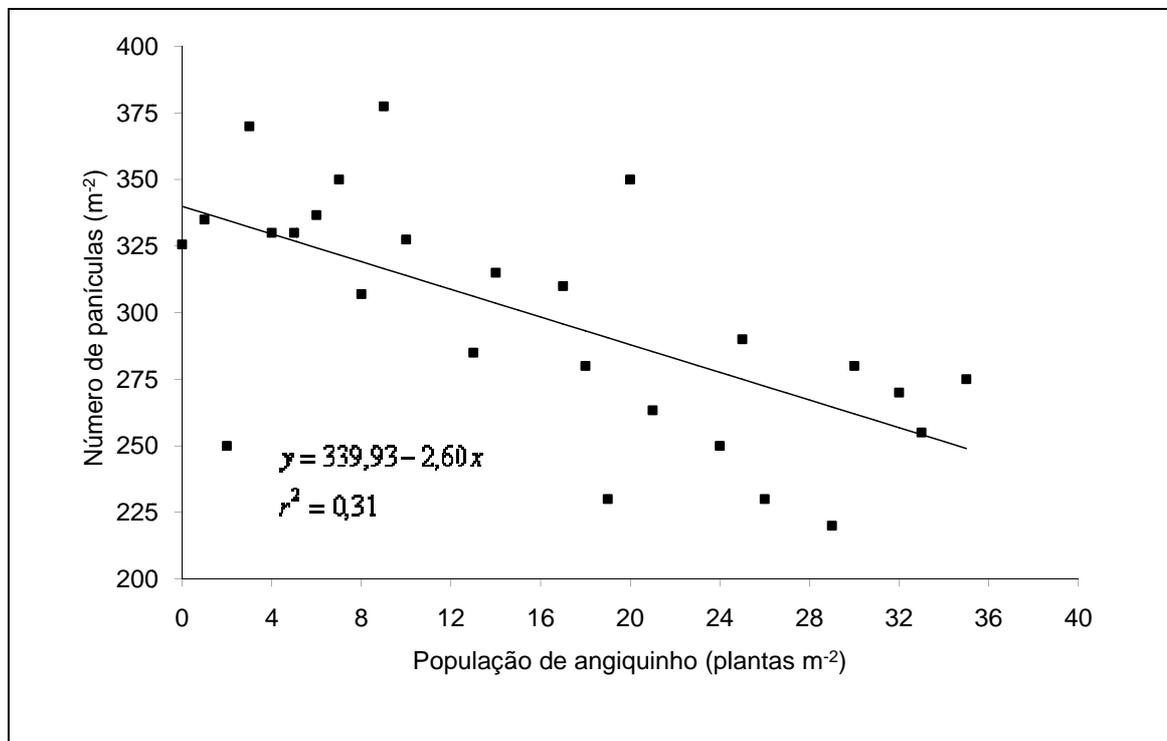


Figura 50. Número de panículas por área da cultivar de arroz BR-Irga 410, em função da população de angiquinho (*Aeschynomene denticulata*). Cachoeirinha-RS, 2003/04.

O angiquinho reduziu em 61 % a matéria seca por planta quando o adubo nitrogenado foi aplicado no estágio V<sub>4</sub>, comparativamente à aplicação no estágio V<sub>8</sub>, comportamento inverso ao que se observou para o arroz (Tabela 18). Esta resposta, possivelmente, deveu-se à maior habilidade competitiva fornecida ao arroz pela aplicação do adubo nitrogenado no estágio V<sub>4</sub>, prática que proporcionou à cultura maiores produção de matéria seca, estatura e cobertura do solo nos estádios iniciais de desenvolvimento.

A massa de plantas secas de angiquinho apresentou interação para os fatores épocas de aplicação do adubo nitrogenado e populações de angiquinho, apresentando aumento linear e proporcionalmente ao incremento

de sua população (Figura 51). Quando o adubo foi aplicado no estágio V<sub>8</sub>, verificou-se aumento de 14,6 kg ha<sup>-1</sup> para cada planta adicional da infestante por m<sup>-2</sup> e, quando a aplicação ocorreu no estágio V<sub>4</sub>, foi de 7,8 kg ha<sup>-1</sup> para cada indivíduo acrescentado à população.

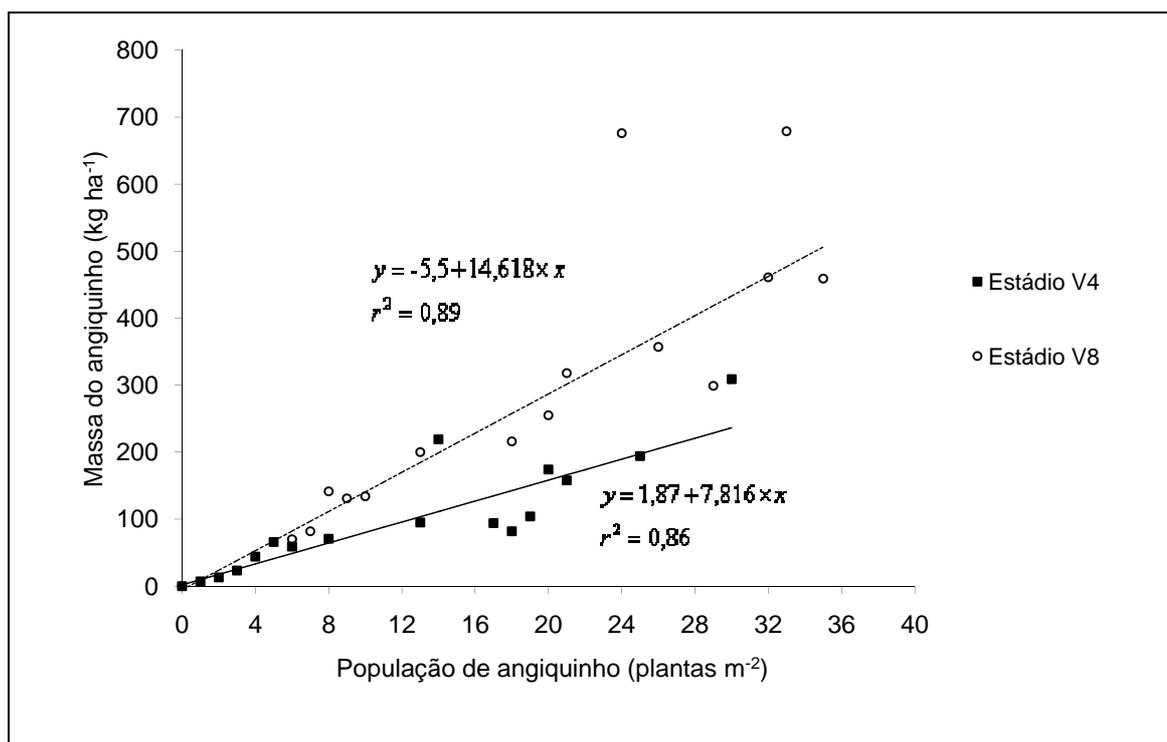


Figura 51. Massa da matéria seca da parte aérea de plantas de angiquinho (*Aeschynomene denticulata*) no final do ciclo, em função da população da infestante e de épocas de aplicação de adubo nitrogenado à cultivar de arroz BR-Irga 410. Cachoeirinha-RS, 2003/04.

Na ausência de infestação de AESDE, a produtividade de grãos da cultivar BR-Irga 410 foi 11 % menor quando o adubo nitrogenado foi aplicado no estágio V<sub>8</sub>, em comparação à aplicação efetuada no estágio V<sub>4</sub> (Tabela 18).

A perda percentual de produtividade de grãos de arroz em decorrência da presença de AESDE apresentou interação dos fatores épocas de aplicação do adubo nitrogenado e populações de angiquinho, mostrando aumento linear da variável com o incremento da população de AESDE, ocorrendo maiores

perdas quando o adubo foi aplicado no estágio V<sub>8</sub> (Figura 52). As respostas divergiram conforme a época de aplicação do N. A perda de produtividade foi de 1,7 % para cada planta adicional de AESDE m<sup>-2</sup> quando o adubo foi aplicado no estágio V<sub>8</sub>, ou 2,8 vezes maior do que quando o adubo foi aplicado no estágio V<sub>4</sub>. Quando o adubo foi aplicado no estágio V<sub>8</sub>, para infestação de 30 plantas m<sup>-2</sup> a perda de produtividade foi estimada em 46 %; quando o adubo foi aplicado no estágio V<sub>4</sub>, a mesma população causou perda de apenas 21 %. Para AESRU, a perda estimada de produtividade foi superior, de 75 % para aquela mesma população (Adoryan, 2004).

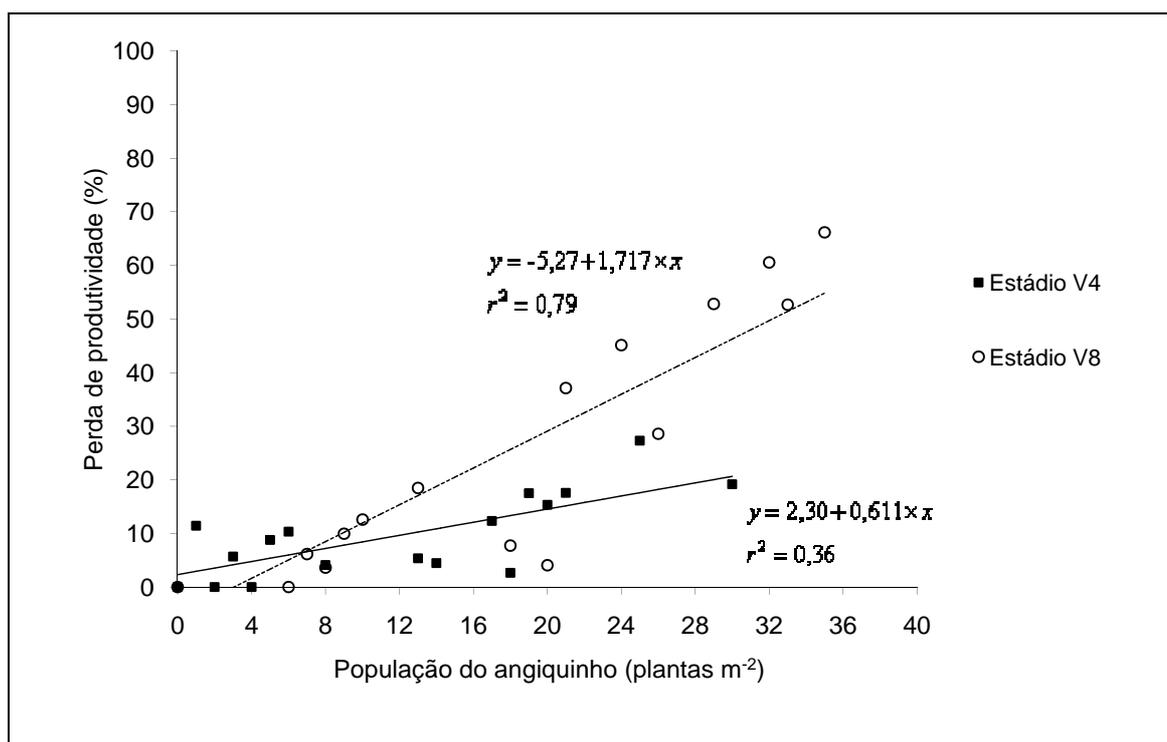


Figura 52. Perda de produtividade de grãos da cultivar de arroz BR-Irga 410, em função da população de plantas de angiquinho (*Aeschynomene denticulata*) e de épocas de aplicação de adubo nitrogenado. Cachoeirinha-RS, 2003/04.

A massa da matéria seca de AESDE por área também afetou negativamente a produtividade de grãos do arroz (Figura 53). Houve perda

estimada em, aproximadamente, 9 % em produtividade para cada acréscimo de 100 kg ha<sup>-1</sup> de matéria seca da infestante.

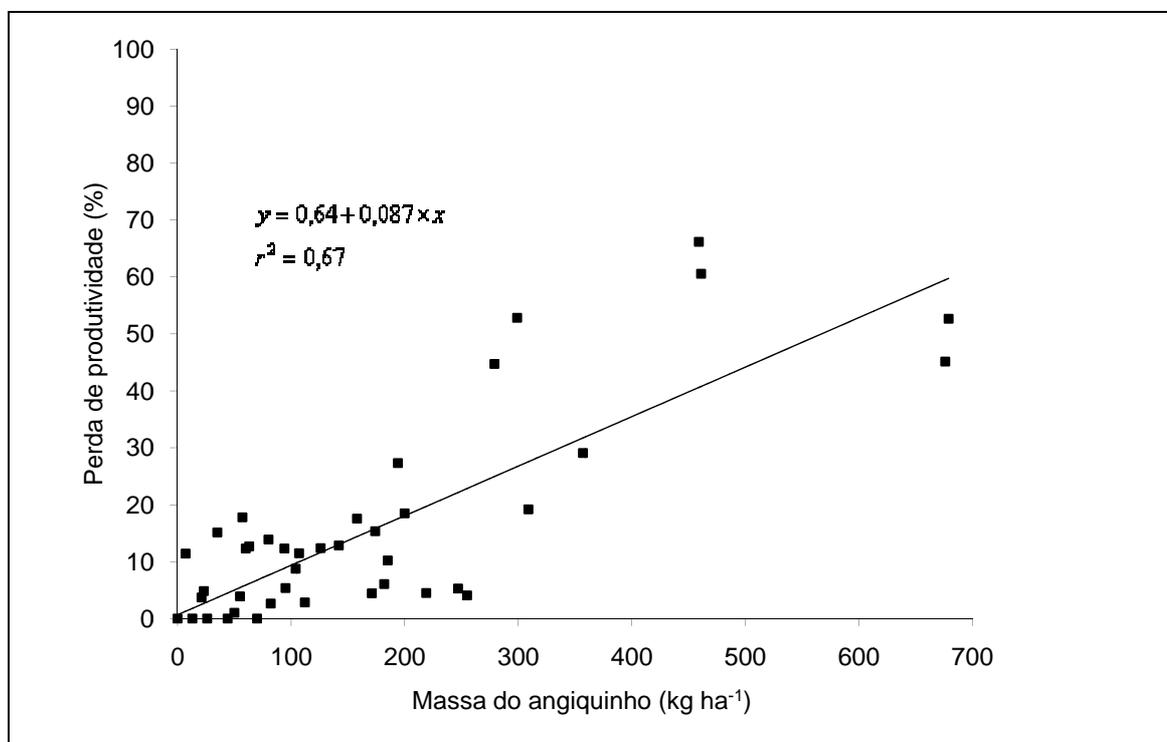


Figura 53. Perda de produtividade de grãos da cultivar de arroz BR-Irga 410 em função da massa da parte aérea seca de plantas de angiquinho (*Aeschynomene denticulata*). Cachoeirinha-RS, 2003/04.

Plantas da cultivar de arroz BR-Irga 410 que receberam adubo no estágio V<sub>4</sub> apresentaram maiores massa, cobertura do solo e estatura em estádios iniciais de desenvolvimento, em comparação com aplicação em V<sub>8</sub>. Essas variáveis podem refletir em maior habilidade competitiva à cultura (Balbinot Jr. et al., 2003). Também o número de panículas, que é um dos principais componentes da produtividade do arroz (Nedel et al., 1998), foi beneficiado pela aplicação do N no estágio V<sub>4</sub>, o que contribuiu para proporcionar maior produtividade de grãos ao arroz.

Por outro lado, o AESDE produziu maior massa quando o arroz recebeu o adubo nitrogenado no estágio V<sub>8</sub>, fato que pode resultar de menor habilidade

competitiva do arroz decorrente do atraso na adubação (Tabela 18). Além disso, AESDE como uma Fabaceae, é capaz de obter o N de que necessita através de simbiose com bactérias fixadoras, não sofrendo efeito considerável pelo atraso na aplicação do adubo. A maior habilidade competitiva proporcionada ao arroz pela aplicação do N no estágio  $V_4$  reduziu a matéria seca do AESDE, resultando em menor perda de produtividade do arroz por planta da infestante.

#### 4.4.4 Experimento 4

Para estatura das plantas de arroz, houve interação de épocas de início da irrigação, épocas de adubação nitrogenada e épocas de avaliação da variável (Figura 54). Os maiores crescimentos relativos em estatura ocorreram quando a irrigação foi iniciada no estágio  $V_6$  e os menores verificaram-se quando a irrigação aconteceu em  $V_3$ . Para esta variável, a época de aplicação do N exerceu ação secundária, independente da época em que foi realizada a adubação.

Observaram-se, contudo, algumas inversões de comportamento, relativamente ao início e final do período avaliado. Neste sentido, vale destacar que, até os 49 DAE do arroz, os maiores valores corresponderam às aplicações do adubo e da irrigação no estágio  $V_3$ . Já, na fase final (a partir de 63 DAE), adubação em  $V_6$  e irrigação em  $V_3$  mostraram o pior cenário. Estes resultados demonstram que a irrigação precoce beneficiou o arroz inicialmente, mas esta vantagem não se sustentou ao final do período avaliado. Já, no final do período, a época da adubação assumiu papel mais importante, quando as plantas que receberam adubo no estágio  $V_3$  incrementaram mais sua estatura.

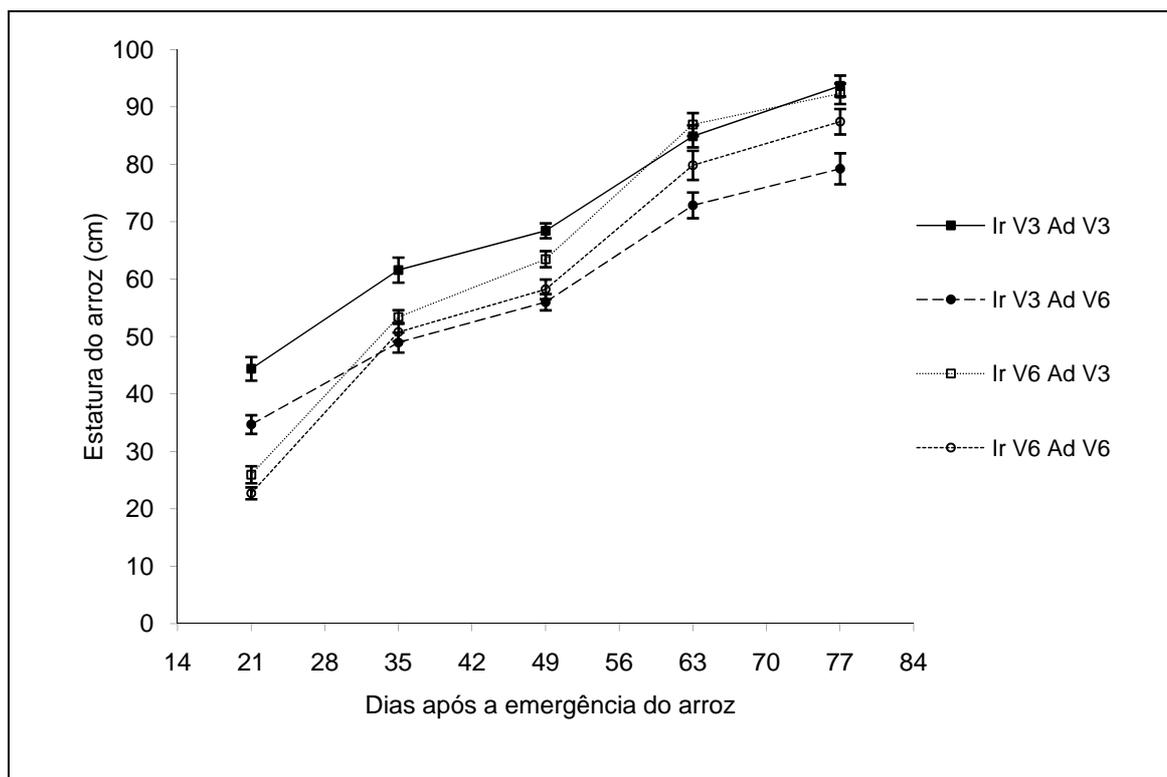


Figura 54. Estatura de plantas da cultivar de arroz BR-Irga 409, em função de duas épocas de aplicação do adubo nitrogenado (Ad), estádios V<sub>3</sub> ou V<sub>6</sub>, e duas épocas de início da irrigação (Ir), estádios V<sub>3</sub> ou V<sub>6</sub>, crescendo na ausência de angiquinho (*Aeschynomene denticulata*). Cachoeirinha-RS, 2004/05.

Barras verticais representam o erro padrão entre médias em cada data de avaliação.

Com relação à variável cobertura do solo pelo dossel do arroz, houve interação de épocas de início da irrigação, épocas de aplicação do adubo nitrogenado e épocas de avaliação, a vantagem foi sempre para aplicações precoces de adubo e de irrigação (estádio V<sub>3</sub>), durante todo o período avaliado (Figura 55). Neste caso, também se verificou que, na fase inicial, as aplicações de irrigação em V<sub>3</sub> e adubo em V<sub>6</sub> proporcionaram cobertura superior, diferença que tendeu a diminuir ao final do período avaliado.

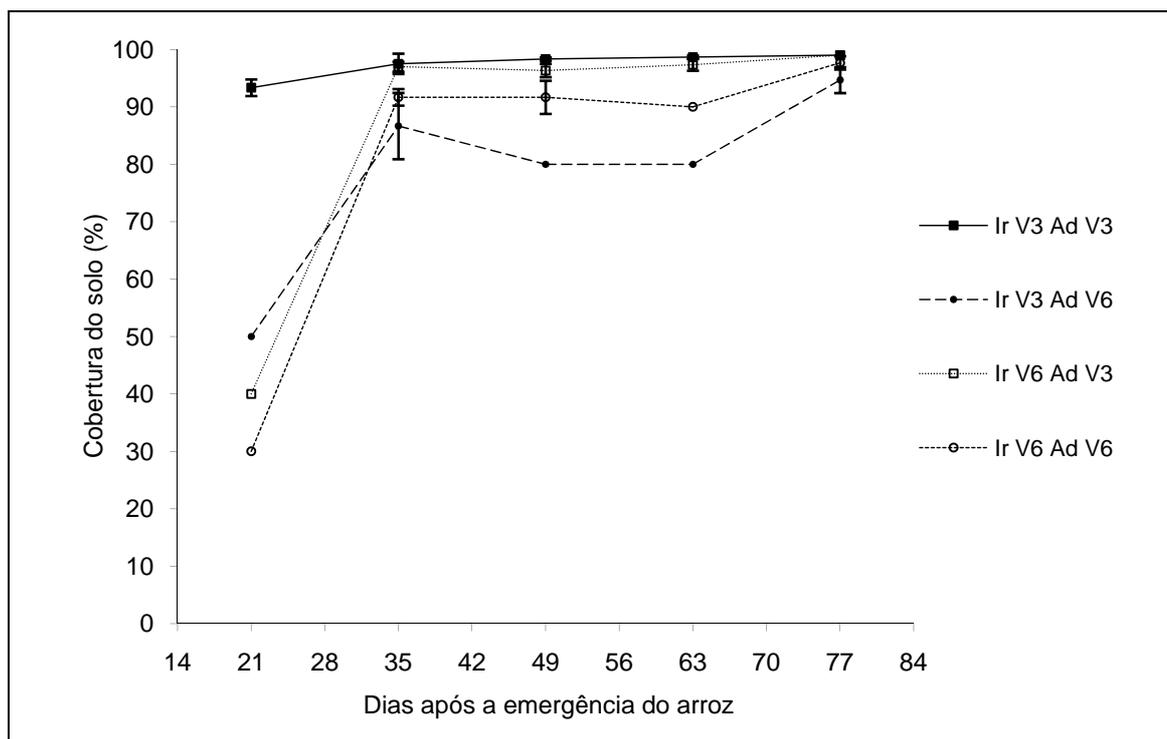


Figura 55. Cobertura do solo proporcionada pelo dossel da cultivar de arroz BR-Irga 409, em função de duas épocas de aplicação do adubo nitrogenado (Ad), estádios V<sub>3</sub> ou V<sub>6</sub>, e duas épocas de início da irrigação (Ir), estádios V<sub>3</sub> ou V<sub>6</sub>, crescendo na ausência de angiquinho (*Aeschynomene denticulata*). Cachoeirinha-RS, 2004/05. Barras verticais representam o erro padrão entre médias em cada data de avaliação.

A variável matéria seca das plantas de arroz apresentou interação de épocas de início da irrigação, épocas de aplicação do adubo nitrogenado e épocas de avaliação da variável (Figura 56). De forma similar ao que foi observado para as variáveis estatura de planta e cobertura do solo, a irrigação e a adubação no estágio V<sub>3</sub> proporcionaram maior massa durante todo o período avaliado. Já, irrigação em V<sub>3</sub> e adubação em V<sub>6</sub> representou a pior situação, especialmente a partir de 35 DAE. Essas duas combinações de adubação x irrigação mostraram respostas divergentes entre si. Nas situações em que a irrigação foi atrasada, mas variou a época de aplicação do adubo, não houve diferenças entre as massas da variável em questão.

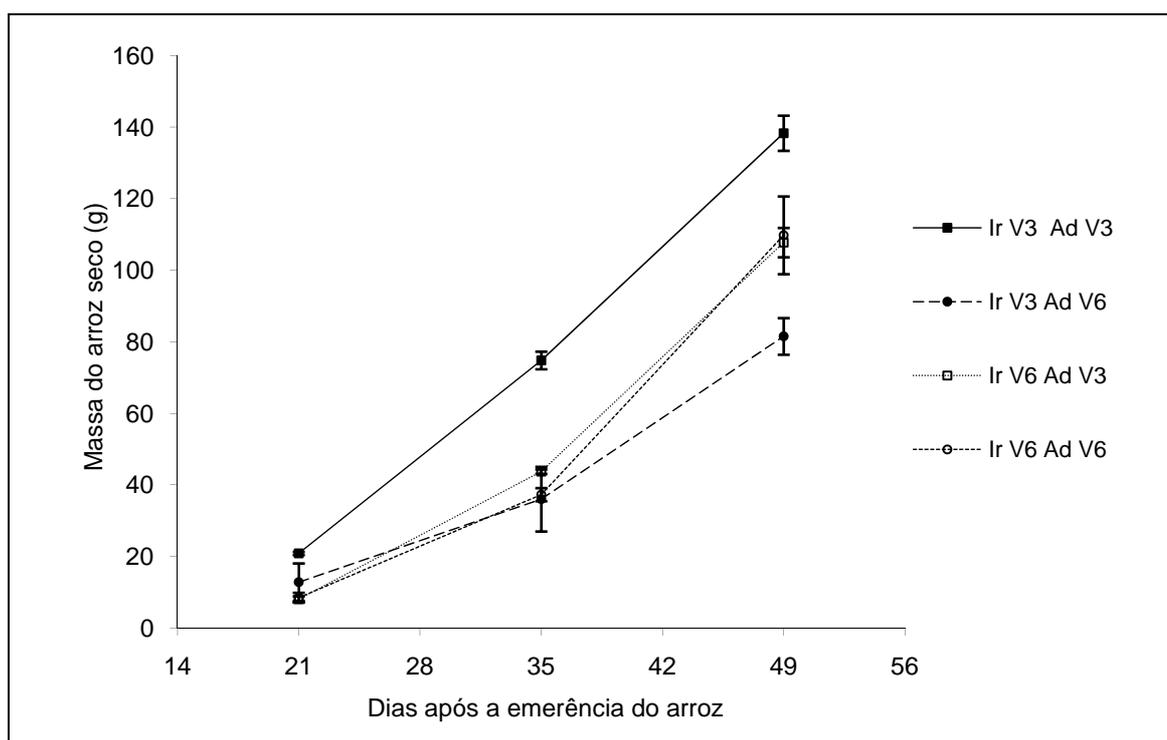


Figura 56. Massa de plantas secas da cultivar de arroz BR-Irga 409, em função de duas épocas de aplicação do adubo nitrogenado (Ad), estádios V<sub>3</sub> ou V<sub>6</sub>, e duas épocas de início da irrigação (Ir), estádios V<sub>3</sub> ou V<sub>6</sub>, crescendo na ausência de angiquinho (*Aeschynomene denticulata*). Cachoeirinha-RS, 2004/05. Barras verticais representam o erro padrão entre médias em cada data de avaliação.

Para população de plantas de arroz, houve interação de épocas de aplicação do adubo nitrogenado e épocas de início da irrigação. Constatou-se que a população de arroz e o número de panículas por área não foram influenciados pela época de início da irrigação (Tabela 19). O mesmo se verificou para épocas de aplicação do adubo nitrogenado. Contudo, em valores relativos, verificaram-se população de plantas de arroz 25 % maior e número de panículas por área 15 % maior quando a irrigação iniciou no estágio V<sub>3</sub> da cultura (nas médias das duas épocas de adubação).

Tabela 19. Números de plantas e de panículas da cultivar de arroz BR-Irga 409, crescendo na presença de angiquinho (*Aeschynomene denticulata*) em função das épocas de início da irrigação e da aplicação de nitrogênio. Cachoeirinha-RS, 2004/05

Época de irrigação	População (plantas m <sup>-2</sup> )	Panículas (m <sup>-2</sup> )
Estádio V <sub>3</sub>	435 a <sup>1</sup>	605 a
Estádio V <sub>6</sub>	348 a	525 a
Época de adubação	População (plantas m <sup>-2</sup> )	Panículas (m <sup>-2</sup> )
Estádio V <sub>3</sub>	373 a	576 a
Estádio V <sub>6</sub>	409 a	554 a
Média	391	565
C.V. (%)	36,6	18,4

<sup>1</sup> Médias seguidas pela mesma letra, comparadas em cada coluna, não diferem significativamente pelo teste de Duncan a 5 % de probabilidade do erro.

O angiquinho apresentou grandes diferenças na produção de matéria seca, tanto por unidade de área quanto por planta, mostrando interação para as combinações de épocas de adubação e de irrigação (Tabela 20). Ocorreu maior produção de massa da infestante quando a irrigação iniciou no estágio V<sub>3</sub> do arroz e recebeu adubação nitrogenada em V<sub>6</sub>, não havendo diferenças entre as demais combinações.

Para produtividade de grãos de arroz, houve interação para os fatores épocas de irrigação e épocas de adubação, cuja resposta diferiu daquelas que se observaram em outras variáveis. A produtividade de grãos do arroz foi maior quando a irrigação iniciou no estágio V<sub>3</sub> e a adubação aconteceu em V<sub>6</sub>, comportamento semelhante ao de AESDE (Tabela 21). Em geral, a época da irrigação exerceu efeito mais acentuado na variável do que a época de adubação.

Tabela 20. Massas de plantas secas de angiquinho (*Aeschynomene denticulata*) ( $\text{g m}^{-2}$  e  $\text{g planta}^{-1}$ ), crescendo na presença da cultivar de arroz BR-Irga 409 em função da época de início da irrigação e de aplicação do adubo nitrogenado. Cachoeirinha-RS, 2004/05

Massa por área ( $\text{g m}^{-2}$ )			
Época de irrigação	Época de adubação		Média
	Estádio V <sub>3</sub>	Estádio V <sub>6</sub>	
Estádio V <sub>3</sub>	11 a <sup>1</sup> <b>B r</b>	75 a <b>A y</b>	43
Estádio V <sub>6</sub>	9 a <b>A z</b>	19 b <b>A r</b>	14
Média	10	47	
Média geral	28		
C.V. (%)	64,8		

Massa por planta ( $\text{g planta}^{-1}$ )			
Época de irrigação	Época de adubação		Média
	Estádio V <sub>3</sub>	Estádio V <sub>6</sub>	
Estádio V <sub>3</sub>	6 a <b>B r</b>	11 a <b>A y</b>	8
Estádio V <sub>6</sub>	6 a <b>A z</b>	6 b <b>A r</b>	6
Média	6	8	
Média geral	7		
C.V. (%)	41,8		

<sup>1</sup> Médias seguidas pela mesma letra minúscula, comparadas nas colunas, pela mesma letra maiúscula, comparadas nas linhas, e pela mesma letra em negrito, comparadas nas diagonais, não diferem significativamente pelo teste de Duncan a 5 % de probabilidade do erro.

Tabela 21. Produtividade de grãos da cultivar de arroz BR-Irga 409 ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), crescendo na presença de angiquinho (*Aeschynomene denticulata*) em função das épocas de início da irrigação e de aplicação do adubo nitrogenado. Cachoeirinha-RS, 2004/05

Época de irrigação			
Época de irrigação	Época de adubação		Média
	Estádio V <sub>3</sub>	Estádio V <sub>6</sub>	
Estádio V <sub>3</sub>	8919 a <sup>1</sup> <b>B r</b>	9932 a <b>A y</b>	9426
Estádio V <sub>6</sub>	7678 a <b>A z</b>	7808 b <b>A r</b>	7743
Média	8298	8870	
Média geral	8584		
C.V. (%)	15,7		

<sup>1</sup> Médias seguidas pela mesma letra minúscula, comparadas nas colunas, pela mesma letra maiúscula, comparadas nas linhas, e pela mesma letra em negrito, comparadas nas diagonais, não diferem significativamente pelo teste de Duncan a 5 % de probabilidade do erro.

Neste experimento, tanto a massa de angiquinho quanto a produtividade de grãos do arroz foram beneficiadas pela aplicação do adubo nitrogenado no estágio V<sub>6</sub>, sob irrigação iniciada no estágio V<sub>3</sub>. A planta daninha pode ter apresentado maior massa em função da menor habilidade competitiva da

cultura, a qual apresentou os menores valores para as variáveis estatura, massa e cobertura do solo quando o N foi distribuído em  $V_3$ , associado à capacidade do AESDE em fixar N. Disso decorre que a infestante não sofre efeitos do atraso na aplicação do N. Por outro lado, a cultura apresentou maior produtividade com aplicação do adubo no estágio  $V_6$ , de maior absorção de N (Lopes, 1991). Em trabalho realizado por Agostinetto et al. (2004), o fracionamento do adubo nitrogenado aumentou a habilidade competitiva da cultivar BR-Irga 409 em relação ao genótipo simulador de arroz-vermelho. A maior habilidade competitiva demonstrada quando o adubo nitrogenado foi fracionado pode decorrer da maior disponibilidade de N ao longo da estação de crescimento, o que aumentaria o potencial de produtividade e o enchimento de grãos (Agostinetto et al., 2004).

A perda de produtividade de grãos de arroz incrementou linearmente com o aumento da população de plantas de angiquinho (até o limite observado de 21 plantas  $m^{-2}$ ) (Figura 57). Houve redução de 1,6 % em produtividade para cada planta de angiquinho acrescentada à população.

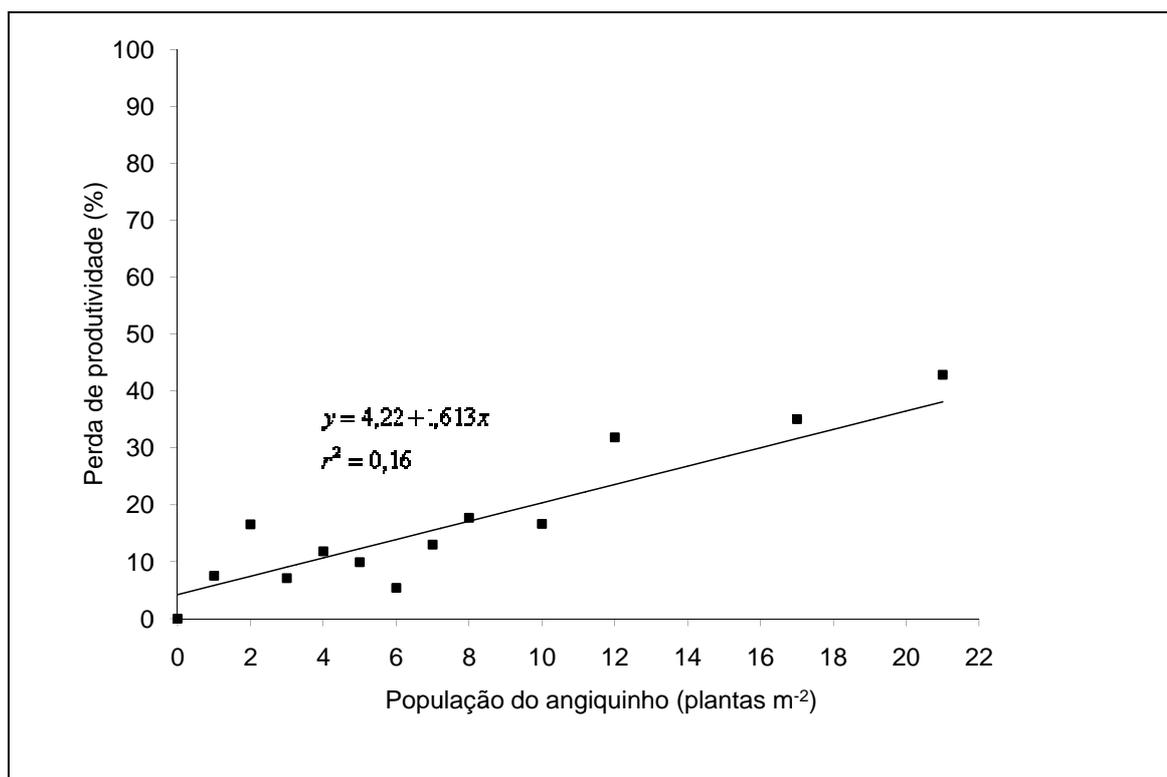


Figura 57. Perda da produtividade de grãos da cultivar de arroz BR-Irga 409 em função da população de angiquinho (*Aeschynomene denticulata*) na média de duas épocas de aplicação do adubo nitrogenado e de duas épocas de início da irrigação. Cachoeirinha-RS, 2004/05.

Em trabalho conduzido por Menezes et al. (2001), a produtividade de grãos de arroz diminuiu à medida que a população de AESDE aumentou, ocorrendo as maiores perdas por planta da infestante na faixa entre duas e 18 m<sup>-2</sup>; a partir desta última população, o decréscimo foi menos acentuado por indivíduo acrescentado. A produtividade de grãos de arroz nas parcelas livres de infestação foi 13,5 % e 34,7 % maior do que em infestações de duas e 75 plantas m<sup>-2</sup> de AESDE, respectivamente. Segundo aqueles autores, o controle desta espécie torna-se economicamente viável a partir de duas plantas m<sup>-2</sup>, devido aos efeitos negativos que causa à produtividade. Além dessa perda direta, o controle também se justifica em função do potencial de produção de sementes da planta daninha, ocasionando problemas na qualidade comercial

do produto final e contribuindo para o aumento do banco de sementes nas safras seguintes.

A aplicação da irrigação e do nitrogênio em estádios iniciais de desenvolvimento do arroz ( $V_3$ ), proporcionam plantas com crescimento mais rápido, característica que pode refletir em maior habilidade competitiva. Contudo, esta resposta pode não ser suficiente para garantir maior produtividade de grãos, devido à possível deficiência de N no enchimento de grãos.

#### 4.5 CONCLUSÕES

A época de aplicação do adubo nitrogenado modifica as relações de competição entre cultivares de arroz com plantas de angiquinho (*Aeschynomene denticulata*);

Cultivar de arroz de ciclo precoce (Irga 418) apresenta maior habilidade competitiva com *Aeschynomene denticulata* quando o adubo nitrogenado é aplicado na semeadura;

O fracionamento do adubo nitrogenado, com maior proporção aplicada no estágio da diferenciação do primórdio floral, aumenta a habilidade competitiva da cultivar de arroz de ciclo médio (BR-Irga 409) com *Aeschynomene denticulata*;

A irrigação precoce (estádio  $V_3$ ) e o fracionamento do adubo nitrogenado na semeadura e na diferenciação do primórdio floral do arroz aumentam a produtividade de grãos da cultivar BR-Irga 409;

A antecipação da adubação nitrogenada em cobertura do estágio de desenvolvimento  $V_8$  para  $V_4$  do arroz aumenta a habilidade competitiva da cultivar BR-Irga 410 com *Aeschynomene denticulata*;

A perda de produtividade de grãos de arroz em decorrência da competição de *Aeschynomene denticulata* é de 1,4 % para cada planta da infestante por  $m^{-2}$ , mas ela varia entre 0,6 e 2,5 %, dependendo da cultivar de arroz, do manejo da adubação nitrogenada e da época de entrada d'água na lavoura.

## 5 DISCUSSÃO GERAL

Em lavouras de arroz amostradas no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina encontraram-se três espécies de angiquinho, *Aeschynomene denticulata*, *A. indica* e *A. sensitiva* (Capítulo I). Essas espécies apresentam baixa variabilidade genética intra-específica e intrapopulacional, o que não é comumente observado em outras espécies daninhas (Capítulo I). Este comportamento, provavelmente, associe-se ao tipo de reprodução do angiquinho que aponta para elevada taxa de autofecundação e baixa taxa de fecundação cruzada. A ocorrência de baixa variabilidade genética em plantas daninhas é um fator favorável para implementação do manejo, já que indica menor capacidade adaptativa às variações do ambiente e às alterações em práticas de manejo e, ainda, menor probabilidade de ocorrer seleção de biótipos resistentes aos herbicidas. Além disso, no caso de angiquinho, há maior oportunidade para aplicação de programas de controle biológico. Por exemplo, o biocontrole de *Aeschynomene virginica* em arroz irrigado alcançou sucesso nos EUA com a introdução do fungo *Colletotrichum gloeosporioides* f. sp. *aeschynomene* (Cisar et al., 1996).

A baixa variabilidade genética em plantas daninhas também é importante por reduzir os riscos de seleção de biótipos resistentes aos herbicidas, uma vez que elevada variabilidade genética na população pode predispor-la à elevada frequência inicial de alelo de resistência a tais produtos

(Vargas et al., 1999). No caso de lavouras de arroz, onde costuma haver forte pressão de seleção, devido ao uso repetido de um mesmo herbicida, a variabilidade genética representa um fator chave no aparecimento de biótipos resistentes. Como os dados sugerem que o angiquinho apresenta baixa variabilidade genética, a probabilidade de ocorrer resistência de biótipos aos herbicidas torna-se relativamente menor, mas não impossível. Embora baixa, existe alguma variabilidade genética dentro das populações, devido a uma baixa taxa de fecundação cruzada, o que pode garantir à espécie ou biótipo adaptação às práticas de manejo, especialmente ao controle químico.

Por outro lado, as três espécies apresentaram alta variabilidade interespecífica e diferenças acentuadas em características morfológicas e de crescimento inicial, que se refletiram em variações na habilidade competitiva das espécies investigadas (Capítulo II). A espécie AESDE se caracteriza por apresentar plantas pouco ramificadas, baixa produção de matéria seca, além de crescimento inicial lento. Dentre as três espécies avaliadas, aquela apresenta a menor habilidade competitiva relativa, mas possui grande importância como infestante na cultura do arroz no RS devido ser a mais freqüente em lavouras (Capítulo I).

Por sua vez, AESIN é a espécie que demonstra maior capacidade competitiva, pois apresenta plantas ramificadas, grande número de folhas, massa elevada na parte aérea e crescimento inicial rápido. Em infestações elevadas, suas plantas poderiam causar intenso sombreamento ao arroz, principalmente na fase reprodutiva da cultura. Trata-se de uma espécie exótica, cuja ocorrência predomina em solos mais arenosos. Por isso, ela é mais

freqüentemente encontrada ao longo da região litorânea, tanto no RS como em SC. No RS, ela é encontrada, principalmente, na região Sul, aparecendo em baixa freqüência nas demais regiões do Estado (Capítulo I).

A espécie de maior importância agrônômica em SC é AESSE, devido à ocorrência mais freqüente e geral naquele Estado. Apresenta-se bastante distinta das demais espécies, principalmente em estatura, pois suas plantas podem atingir até 3 m de altura (enquanto as outras duas espécies alcançam estatura média em torno de 1,5 m). AESSE apresenta plantas pouco ramificadas, folhas grandes e caules espessos. Da mesma forma que AESIN, em infestações elevadas possui potencial de causar forte sombreamento, principalmente na fase final do ciclo da cultura. A capacidade competitiva dessa espécie equivale-se àquela verificada para AESIN.

As três espécies de angiquinho mencionadas são plantas daninhas semi-aquáticas, estando bem adaptadas às condições de cultivo do arroz irrigado. No entanto, a própria água de irrigação representa um método importante no manejo de plantas daninhas, exercendo papel fundamental na supressão de plântulas emergidas e em evitar reinfestações. Plantas aquáticas ou semi-aquáticas que conseguem germinar sob lâmina d'água constituem um sério problema para o cultivo de arroz, seja pela dificuldade de controle após a introdução da irrigação, seja pelo aumento do custo de produção. Constatou-se, nesta pesquisa, que sementes de angiquinho que se localizam na superfície do solo são capazes de germinar sob lâmina d'água, podendo infestar ou reinfestar uma lavoura (Capítulo II), o que demonstra que estas espécies estão bem adaptadas ao sistema de cultivo do arroz sob inundação.

Emergência tardia de angiquinho pode não interferir diretamente na produtividade de grãos, mas pode dificultar o processo de colheita e, ainda, contaminar o produto colhido, além de reabastecer o banco de sementes no solo.

No sistema de semeadura direta do arroz, como não há preparo mecânico do solo, as sementes de plantas daninhas tendem a permanecer na superfície do solo; assim, o angiquinho pode germinar mesmo após a irrigação, tornando-se um problema naquele sistema de semeadura. Por outro lado, com a utilização do sistema convencional, que inclui operações de aração e gradagem, o preparo do solo promove o enterramento da maioria das sementes, as quais, após a introdução da irrigação, geralmente são impedidas de germinar ou emergir. Deste modo, o sistema convencional de cultivo pode auxiliar no manejo do angiquinho, desde que as plântulas já emergidas sejam controladas antes de se introduzir a irrigação.

A irrigação, por si só, não se constitui num método definitivo para o manejo do angiquinho, mas ela apresenta papel importante no aumento da habilidade competitiva do arroz, pois acelera o crescimento inicial das plantas da cultura. A irrigação precoce (arroz no estágio de três folhas) refletiu em rápido crescimento do arroz, mas beneficiou, igualmente, o AESDE, que mostrou maior crescimento com esta prática (Capítulo III). Isso provém do fato de ambas as espécies adaptarem-se bem ao solo inundado, sendo o ambiente alagado uma condição ideal para seu desenvolvimento. A associação de irrigação e de adubação nitrogenada no estágio  $V_3$  da cultura beneficiou sobremodo o arroz, o qual apresentou crescimento acelerado nessa condição,

o que se refletiu em maior habilidade competitiva, ocasionando redução no crescimento do AESDE. O efeito da competitividade do arroz sobre o angiquinho pode ser ainda maior caso a infestação se estabeleça após o início da irrigação, pois as plantas que emergem primeiro apresentam vantagem competitiva sobre aquelas que emergem mais tarde. Neste sentido, deve-se priorizar o controle do angiquinho antes de se iniciar a irrigação da lavoura, visando eliminar as plantas que tenham emergido antes ou juntamente com a cultura.

A época de iniciar a irrigação foi o fator isolado que mais influenciou a produtividade de grãos do arroz, demonstrando que sua introdução precoce é importante para se elevar tanto a produtividade da cultura, quanto sua capacidade em competir com as infestantes. A associação entre as práticas de irrigação precoce e distribuição fracionada do adubo nitrogenado (Capítulo III) mostrou-se vantajosa à cultura. Quando parte do adubo é aplicada no início do ciclo, garante-se um crescimento inicial vigoroso ao arroz e, em consequência, aumenta-se sua habilidade competitiva. Por outro lado, a parte do adubo que é aplicada na diferenciação do primórdio floral evita deficiência de N por ocasião da formação das panículas e supre melhor o nutriente durante o enchimento de grãos.

A época de aplicação do adubo nitrogenado apresentou papel relevante nas relações de competição. Sua distribuição totalmente na semeadura do arroz ou em estádios iniciais de desenvolvimento ( $V_3$  ou  $V_4$ ), associada ou não com irrigação precoce ( $V_3$ ), proporcionou crescimento inicial mais rápido às plantas do arroz, resultando em maiores produção de matéria seca e estatura

de planta, o que redundou em maior cobertura do solo pela cultura na fase de estabelecimento.

O crescimento inicial da uma planta relaciona-se diretamente ao aproveitamento que faz da radiação solar incidente no início do ciclo de desenvolvimento. Assim, elevada velocidade de acúmulo de massa na parte aérea neste período, geralmente revela maior habilidade competitiva da cultura com as infestantes (Paolini et al., 1998). Esta maior capacidade competitiva pode ser favorecida por mudanças introduzidas no manejo da cultura. Contudo, o efeito combinado de práticas de manejo que beneficiem seu crescimento depende da espécie cultivada, necessidades particulares de manejo, espécies concorrentes e seus níveis de infestação e de condições do ambiente.

A aplicação do adubo nitrogenado apenas na época de semeadura do arroz beneficiou particularmente a cultivar de ciclo precoce (Irga 418). A hipótese é de que genótipos de ciclo curto demandam maior disponibilidade inicial de N para suprir as necessidades durante esta fase de rápido crescimento (Agostinetto, 2003). Por outro lado, a vantagem observada nas cultivares de ciclo médio (BR-Irga 409 e BR-Irga 410) com aplicação do N em estádios iniciais de desenvolvimento ( $V_3 - V_4$ ), não se refletiu em maior produtividade de grãos. Isto pode decorrer do fato dessas necessitarem distribuição do N ao longo de um período relativamente maior.

Deste modo, se for realizado um controle eficaz do angiquinho, associado à aplicação do N e da irrigação em estágio precoce do arroz ( $V_3$ ), essas estratégias refletirão num manejo mais eficiente da infestante, haja vista

que incrementam a competitividade da cultura, provendo-lhe as condições necessárias para suprimir possíveis reinfestações que possam ocorrer.

A perda estimada de produtividade de grãos, causada por uma população de 20 plantas de AESDE  $m^{-2}$ , alcança até 40 %, dependendo da combinação de práticas de manejo que for adotada. As perdas provavelmente ainda serão maiores se a espécie infestante for AESIN ou AESSE, já que essas demonstraram maior potencial competitivo do que AESDE. O uso de cultivares com rápido crescimento inicial, combinado com práticas vantajosas de manejo, como uso dos sistemas convencional de preparo do solo ou de arroz pré-germinado, aliado à irrigação e adubação nitrogenada precoces, podem favorecer a cultura e, conseqüentemente, reduzir os prejuízos causados pelo angiquinho no cereal.

## 6 CONCLUSÕES GERAIS

A espécie de angiquinho *Aeschynomene denticulata* predomina nas lavouras de arroz no Rio Grande do Sul, *A. sensitiva* é freqüente em lavouras de Santa Catarina e *A. indica* ocorre em ambos os Estados, predominando ao longo da região litorânea de cultivo de arroz;

As três espécies de angiquinho apresentam elevada variabilidade genética interespecífica e baixa variabilidade inter-populacional, além de diferirem várias características morfológicas, as quais posicionam as espécies *A. indica* e *A. sensitiva* como de maior potencial competitivo inicial;

A irrigação do arroz não impede, necessariamente, a emergência do angiquinho, mas representa prática importante a integrar para aumentar a habilidade competitiva da cultura, principalmente quando for iniciada em estágio precoce do arroz e estiver associada à adubação nitrogenada precoce;

Cultivar de arroz de ciclo precoce, como Irga 418, apresenta maior habilidade competitiva com *Aschynomene denticulata* quando o adubo nitrogenado é aplicado totalmente por ocasião da semeadura do arroz;

A irrigação precoce, quando as plantas de arroz estiverem com três folhas, e o fracionamento do adubo nitrogenado na semeadura e na diferenciação do primórdio floral do arroz aumentam a habilidade competitiva com angiquinho e a produtividade de grãos da cultivar de ciclo médio (BR-Irga 409).

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADORYAN, M. L. **Efeitos de densidades de *Aeschynomene rudis* Benth e seu controle com herbicida ethoxysulfuron em duas épocas de aplicação na cultura do arroz (*Oryza sativa* L.) irrigado.** 2004. 80f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2004.

AGOSTINETTO, D. **Aplicação de modelos matemáticos para estimar interferência de genótipos de arroz concorrentes e nível de dano econômico em arroz irrigado.** 2003. 215f. Tese (Doutorado em Plantas de Lavoura) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Porto Alegre, 2003.

AGOSTINETTO, D. et al. Influência de cultivares de arroz e épocas da adubação nitrogenada nas relações de interferência da cultura com cultivar simulador de infestação de arroz-vermelho. **Planta Daninha**, Viçosa, v.22, n.2, p.185-193, 2004.

ALKAMPER, J. Influence of weed infestation on effect of fertilizer dressings. **Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer**, Leverkusen, v.29, n.1, p.191-235, 1976.

ALMEIDA, M. L.; MUNDSTOCK, C. M. O afilhamento da aveia afetado pela qualidade da luz em plantas sob competição. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.31, n.3, p.393-400, 2001a.

ALMEIDA, M. L.; MUNDSTOCK, C. M. A qualidade da luz afeta o afilhamento em plantas de trigo quando cultivadas sob competição. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.31, n.3, p.401-408, 2001b.

ALMEIDA, M. L.; MUNDSTOCK, C. M.; SANGOI, L. Conceito de ideotipo e seu uso no aumento do rendimento potencial de cereais. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.28, n.2, p.325-332, 1998.

ANDRADE, V. A. Controle integrado do angiquinho (*Aeschynomene* spp.) em arroz irrigado. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 15., Porto Alegre, 1986. **Anais...** Porto Alegre: EMBRAPA, CPAT, 1986. p.301-303.

ANDRADE, V. A.; SILVA, O. S. Controle do angiquinho (*Aeschynomene* spp.) em arroz irrigado. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 18., 1989, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: Irga, 1989. p.522-525.

BALBINOT Jr., A. A. et al. Velocidade de emergência e crescimento inicial de cultivares de arroz irrigado influenciando a competitividade com as plantas daninhas. **Planta Daninha**, Viçosa, v.19, n.3, p.305-316, 2001.

BALBINOT Jr., A. A. et al. Características de plantas de arroz e a habilidade competitiva com plantas daninhas. **Planta Daninha**, Viçosa, v.21, n.2, p.165-174, 2003.

BALDWIN, F.; SLATON, N. A. Rice weed control. In: Slaton, N. A. (ed.) **Rice production handbook**. Little Rock: University of Arkansas Cooperative Extension Service, 2001, p.37-46.

BALLARÉ, C. L.; CASAL, J. J. Light signals perceived by crop and weed plants. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.67, n.2, p.149-160, 2000.

BARTISH, I. V.; JEPPSSON, N.; NYBOM, H. Population genetic structure in the dioecious pioneer plant species *Hippophae rhamnoides* investigated by random amplified polymorphic DNA (RAPD) markers. **Molecular Ecology**, Oxford, v.8, n.5, p.791-802, 1999.

BASKIN, C. C.; BASKIN, J. M.; CHESTER, E. W. Ecological aspects of seed dormancy-break and germination in *Heteranthera limosa* (Pontederiaceae), a summer annual weed of rice fields. **Weed Research**, Oxford, v.43, n.2, p.103-107, 2003.

BECKER, M.; LADHA, J. K. Adaptation of green manure legumes to adverse conditions in rice lowlands. **Biology and Fertility of Soils**, New York, v.23, n.3, p.243-248, 1996.

BEGUM, M. et al. The effects of sowing depth and flooding on the emergence, survival, and growth of *Fimbristylis miliacea* (L.) Vahl. **Weed Biology and Management**, Oxford, v.6, n.1, p.157-164, 2006.

BENVENUTI, S. Soil light penetration and dormancy of Jimsonweed (*Datura stramonium*) seeds. **Weed Science**, Champaign, v.43, n.3, p.389-393, 1995.

BERTI, A.; ZANIN, G. GESTINF: a decision model for post-emergence weed management in soybean (*Glycine max* (L.) Merr.). **Crop Protection**, Oxford, v.16, n.2, p.109-116, 1997.

BISHOP, H. G.; PENGELLY, B. C.; LUDKE, D. H. Classification and description of a collection of the legume genus *Aeschynomene*. **Tropical Grasslands**, Brisbane, v.22, n.4, p.160-175, 1988.

BISWAS, P. K. et al. Germination behavior of Florida pusley seeds.1. Effects of storage, light, temperature and planting depths on germination. **Weed Science**, Champaign, v. 23, n. 5, p. 400-403, 1975.

- BIZZI, A. F.; ANDRES, A. Controle de *Cyperus iria* e *Aeschynomene denticulata* no sistema convencional de cultivo do arroz irrigado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 2.; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 24., 2001, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: Instituto Rio Grandense do Arroz, 2001. p.568-570.
- BLACKSHAW, R. E. Differential competitive ability of winter wheat cultivars against downy brome. **Agronomy Journal**, Madison, v.86, n.4, p.649-654, 1994.
- BOLLICH, P. K.; LINDAU, C. W.; NORMAN, R. J. Management of fertilizer nitrogen in dry-seeded, delayed-flood rice. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, East Melbourne, v.34, n.7, p.1007-1012, 1994.
- BORÉM, A. **Melhoramento de plantas**. Viçosa: UFV, 1997. 547p.
- BRIGHENTI, A. M. et al. Análise do crescimento de biótipos de amendoim-bravo (*Euphorbia heterophylla*) resistente e suscetível aos herbicidas inibidores da ALS. **Planta Daninha**, Viçosa, v.19, n.1, p.51-59, 2001.
- BURDON, J. J.; MARSHALL, D. R. Biological control and the reproductive mode of weeds. **Journal of Applied Ecology**, Oxford, v.18, n.2, p.649-658, 1981.
- CANTRELL, R. Rice: why it's so essential for global security and stability. **Economic Perspectives**, An Electronic Journal of the U.S. Department of State, v.7, n.2, p.22-25, 2002. Disponível no site: <http://usinfo.state.gov/journals/ites/0502/ijee/rice.htm>. Acesso em 10 out. 2006.
- CARDOSO, L. R. et al. Variabilidade genética de acessos de aguapé coletados no Estado de São Paulo. **Planta Daninha**, Viçosa, v.20, n.1, p.1-5, 2002.
- CARVALHO, A. et al. DNA fingerprint of F1 interspecific hybrids from the *Triticeae* tribe using ISSRs. **Euphytica**, Dordrecht, v.143, n.1-2, p.93-99, 2005.
- CASTRO, R. A.; ALMARIO, G. O. Efecto de la competencia de malezas gramíneas en el arroz (*Oryza sativa* L.). **Comafi**, Barranquilla, v.17, n.1, p.37-41, 1990.
- CATON, B. P.; COPE, A. E.; MORTIMER, M. Growth traits of rice cultivars under severe competition: implications for screening for competitiveness. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.83, n.2, p.157-172, 2003.
- CISAR, C. R.; THORNTON, A. B.; TEBEEST, D. O. Isolates of *Colletotrichum gloeosporioides* (Teleomorph: *Glomerella cingulata*) with different host specificities mate on northern jointvetch. **Biological Control**, San Diego, v.7, n.1, p.75-83, 1996.

CHACHALIS, D.; REDDY, K. N. Factors affecting *Campsis radicans* seed germination and seedling emergence. **Weed Science**, Lawrence, v.48, n.2, p.212-216, 2000.

CHRISTOFFOLETI, P. J.; WESTRA, P. B.; MOORE, F. Growth analysis of sulfonylurea-resistant and susceptible kochia (*Kochia scoparia*). **Weed Science**, Lawrence, v.45, n.5, n.691-695, 1997.

CHRISTOFFOLETI, P. J. Análise comparativa do crescimento de biótipos de picão-preto (*Bidens pilosa*) resistente e suscetível aos herbicidas inibidores da ALS. **Planta Daninha**, Viçosa, v.19, n.1, p.75-83, 2001.

CIVICO, R. S. A.; MOODY, K. The effect of time and depth of submergence on growth and development of some weed species. **Philippine Journal of Weed Science**, v.6, n.1, p.41-49, 1979.

COBLE, H. D.; MORTENSEN, D. A. The threshold concept and its application to weed science. **Weed Technology**, Champaign, v.6, n.1, p.191-195, 1992.

COBUCCI, T. Plantas daninhas do arroz e seu controle. In: BRESEGHELLO, F.; STONE, L.F. (Ed.). **Tecnologia para o arroz de terras altas**. Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1998. cap.11. p.80-110.

CONAB - Avaliação da safra 2005/2006 - Setembro/06. Disponível na Internet. <http://www.conab.gov.br/conabweb/download/boletim10.pdf>. Acesso em 30 nov. 2006.

COUSENS, R. et al. The use of biologically realistic equations to describe the effects of weed density and relative-time of emergence on crop yield. **Weed Science**, Champaign, v.35, n.5, p.720-725, 1987.

COUSENS, R. Aspects of the design and interpretation of competition (interference) experiments. **Weed Technology**, Champaign, v.5, n.3, p.664-667, 1991.

COWAN, P.; WEAVER, S. E.; SWANTON, C. J. Interference between pigweed (*Amaranthus* spp.), barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*), and soybean (*Glycine max*). **Weed Science**, Lawrence, v. 46, n.5, p.533-539, 1998.

De DATTA, S.K.; HERDT, R.W. Weed control technology in irrigated rice. In: INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE. **Weed control in rice**. Manila: IRRI; IWSS, 1983. cap.8. p.89-108.

DEKKER, J. Weed diversity and weed management. **Weed Science**, Lawrence, v.45, n.3, p.357-363, 1997.

DI TOMASO, J. M. Approaches for improving crop competitiveness through the manipulation of fertilization strategies. **Weed Science**, Champaign, v.43, n.3, p.491-497, 1995.

DUNAN, C. M.; ZIMDAHL, R. L. Competitive ability of wild oats (*Avena fatua*) and barley (*Hordeum vulgare*). **Weed Science**, Champaign, v.39, n.4, p.558-563, 1991.

EBERHARDT, D. S. **Manejo da adubação nitrogenada em arroz irrigado e sua relação com a competitividade do arroz-vermelho (*Oryza sativa* L.)**. 1998. 113f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1998.

EMBRAPA - **Recomendações técnicas para a cultura do arroz irrigado: delineamento macroagroecológico; zonas 1, 23, 46, 47, 54, 71 e 87**. Brasília, 1992. 79p.

EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação/Embrapa Solos, 1999. 412p.

EMBRAPA - Cultivo do arroz irrigado no Brasil. Importância econômica, agrícola e alimentar do arroz. 2005. <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Arroz/ArrozIrrigadoBrasil/cap01.htm>. Acesso em 15 nov. 2006.

ERICKSON, L. C. The effect of alfalfa seed size and depth of seeding upon the subsequent procurement of stand. **Journal of the American Society of Agronomy**, Madison, v.38, n.11, p.964-973, 1946.

ESSELMAN, E. J. et al. Clonal diversity in the rare *Calamagrostis porteri* ssp. *insperata* (*Poaceae*): comparative results for allozymes and random amplified polymorphic DNA (RAPD) and inter simple sequence repeat (ISSR) markers. **Molecular Ecology**, Edinburgh, v.8, n.3, p.443-451, 1999.

FAO – FAOSTAT: The Statistics Division. Disponível na Internet. <http://faostat.fao.org/site/291/default.aspx>. Acesso em 30 nov. 2006.

FANG, D. Q.; ROOSE, M. L. Identification of closely related citrus cultivars with inter-simple sequence repeat markers. **Theoretical and Applied Genetics**, New York, v.95, n.3, p.408-417, 1997.

FERNANDES, A. **O taxon *Aeschynomene* no Brasil**. Fortaleza: Ed. UFC, 1996. 128p.

FERNÁNDEZ, O. A. Manejo integrado de malezas. **Planta Daninha**, Piracicaba, v.5, n.2, p.69-75, 1982.

FERREIRA, A. G. Germinação em *Aeschynomene rudis* Benth. **Ciência e Cultura**, Porto Alegre, v.26, n.7, p.676-678, 1974.

FERREIRA, C. M.; YOKOYAMA, L.P. **Cadeia produtiva do arroz na Região Centro-Oeste**. Brasília : Embrapa Produção de Informação, 1999. 110p.

FIRBANK, L. G.; WATKINSON, A. R. On the analysis of competition within two-species mixtures of plants. **The Journal of Applied Ecology**, Oxford, v.22, n.4, p.503-517, 1985.

FISCHER, R. A.; MILES, R. E. The role of spatial pattern in the competition between crop plants and weeds. A theoretical analysis. **Mathematical Biosciences**, New Yourk, v.18, p.335-350, 1973.

FISCHER, A. et al. Components of early competition between upland rice (*Oryza sativa* L.) and *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich) Stapf. **International Journal of Pest Management**, London, v.41, n.2, p.100-103, 1995.

FLECK, N. G. Competição de azevém (*Lolium multiflorum* L.) com duas cultivares de trigo. **Planta Daninha**, Piracicaba, v.3, n.2, p.61-67, 1980.

FLECK, N. G. **Controle de plantas daninhas na cultura do arroz irrigado através da aplicação de herbicidas com ação seletiva**. Porto Alegre: FLECK, N. G. (ed.), 2000. 32p.

FLECK, N. G. et al. Características de cultivares de arroz irrigado relacionadas à habilidade competitiva com plantas concorrentes. **Planta Daninha**, Viçosa, v.21, n.1, p.97-104, 2003.

FLECK, N. G. et al. Interferência de *Raphanus sativus* sobre cultivares de soja durante a fase vegetativa de desenvolvimento da cultura. **Planta Daninha**, Viçosa, v.24, n.3, p.425-434, 2006.

FLORESCA, E. T.; CALORA, F. B.; OBIEN, S. R. Performance of pendimethalin under different water management levels in transplanted rice. **Philippine Journal of Weed Science**, v.6, p.32-40, 1979.

FORCELLA, F. Seedling emergence model for velvetleaf. **Agronomy Journal**, Madison, v.85 n.4, p.929-933, 1993.

FREITAS, L. B. et al. Extreme homogeneity among Brazilian wheat genotypes determined by RAPD markers. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.11, p.2255-2260, 2000.

GARRITY, D. P.; MOVILLON, M.; MOODY, K. Differential weed suppression ability in upland rice cultivars. **Agronomy Journal**, Madison, v.84, n.4, p.586-591, 1992.

GAUDET, C. L.; KEDDY, P. A. A comparative approach to predicting competitive ability from plant traits. **Nature**, London, v.334, n.6179, p.242-243, 1988.

GIBSON, K. D. et al. Water-seeded rice cultivars differ in ability to interfere with watergrass. **Agronomy Journal**, Madison, v.93, n.3, p.326-332, 2001.

GIBSON, K. D. et al. Implications of delayed *Echinochloa* spp. germination and duration of competition for integrated weed management in waterseeded rice. **Weed Research**, Oxford, v.42, n.5, p.351-358, 2002.

GIBSON, K. D. et al. Crop traits related to weed suppression in water-seeded rice (*Oryza sativa* L.). **Weed Science**, Lawrence, v.51, n.1, p.87-93, 2003.

GIRAUD, E.; FLEISCHMAN, D. Nitrogen-fixing symbiosis between photosynthetic bacteria and legumes. **Photosynthesis Research**, Dordrecht, v.82, n.2, p.115-130, 2004.

GLAZEBROOK, J. et al. Use of cleaved amplified polymorphic sequences (CAPS) as genetic markers in *Arabidopsis thaliana*. **Methods in molecular biology**, Totowa, v.82, p.173-182, 1998.

GODT, M. J. W.; HAMRICK, J. L. Genetic diversity and morphological differentiation in *Liatris helleri* (Asteraceae), a threatened plant species. **Biodiversity and Conservation**, London, v.5, n.4, p.461-471, 1996.

GOMES, A. da S.; PAULETTO, E. A.; VAHL, L. C. Início da irrigação por inundação do solo para o arroz, cultivar Bluebelle. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.20, n.7, p.847-851, 1985.

GOMES, A. da S.; PAULETTO, E. A.; PETRINI, J. A. **Arroz irrigado: manejo de água**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 1999. 16p. (Embrapa Clima Temperado. Circular Técnica, 16).

GUSTAFSON, D. J.; GIBSON, D. J.; NICKRENT, D. L. Random amplified polymorphic DNA variation among remnant big bluestem (*Andropogon gerardii* Vitman) populations from Arkansas' Grand Prairie. **Molecular Ecology**, Oxford, v.8, n.10, p.1693-1701, 1999.

HAEFELE, S. M. et al. Field screening of diverse rice genotypes for weed competitiveness in irrigated lowland ecosystems. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.88, n.1, p.39-56, 2004.

HARDY, S. R.; QUESENBERRY, K. H. Artificial hybridization of *Aeschynomene americana* L. (A tropical forage legume). **Soil and Science Society of Florida Proceedings**, Florida, v.43, p.163-166, 1984.

HERNANDES, G. C. **Resistência de *Bidens* spp. aos herbicidas inibidores de acetolactato sintase**: análise de populações com marcadores moleculares e estratégias para seu manejo. 2004. 109f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

HOLT, R. D.; HOCHBERG, M. E. When is biological control evolutionary stable (or is it?). **Ecology**, Washington, v.78, n.6, p.1673-1683, 1997.

ISMAIL, B. S.; HOSSAIN, M. S. The effects of flooding and sowing depth on the survival and growth of five rice-weed species. **Plant Protection Quarterly**, Victoria, v.10, n.4, p.139-142, 1995.

JANNINK, J. L. et al. Index selection for weed suppressive ability in soybean. **Crop Science**, Madison, v.40, n.4, p.1087-1094, 2000.

JOHNSON, R. C. et al. Characterization of the USDA *Poa pratensis* collection using RAPD markers and agronomic descriptors. **Genetic Resources and Crop Evolution**, Dordrecht, v.49, n.4, p.349–361, 2002.

KARIM, S. M. R.; NAYLOR, R. F. L. Effect of seed ages and sowing depth on seed germination and plant growth of fat hen. **Bangladesh Journal of Environmental Science**, v.5, n.1, p.23-29, 1999.

KAWANO, K.; GONZALES, H.; LUCENA, M. Intraespecific competition with weeds, and spacing response in rice. **Crop Science**, Oxford, v.14, n.6, p.841-845, 1974.

KENT, R. J.; JOHNSON, D. E. Influence of flood depth and duration on growth of lowland rice weeds, Cote d'Ivoire. **Crop Protection**, Oxford, v.20, n.1, p.691-694, 2001.

KISSMANN, K. G.; GROTH, D. **Plantas infestantes e nocivas**. Tomo 2. São Paulo: BASF, 2000. p.831-847.

KNEZEVIC, S. Z.; WEISE, S. F.; SWANTON, C. J. Interference of redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus*) in corn (*Zea mays*). **Weed Science**, Champaign, v.42, n.4, p.568-573, 1994.

LEMERLE, D. et al. The potential for selecting wheat varieties strongly competitive against weeds. **Weed Research**, Oxford, v.36, n.6, p.505-513, 1996.

LEMERLE, D. et al. Genetic improvement and agronomy for enhanced wheat competitiveness with weeds. **Australian Journal of Agricultural Research**, Collingwood, v.52, n.5, p.527-548, 2001.

LI, W. G.; SHEN, J. J.; WANG, J. B. Genetic diversity of the annual weed *Monochoria vaginalis* in southern China detected by random amplified polymorphic DNA and inter-simple sequence repeat analysis. **Weed Research**, Oxford, v.45, n.6, p.424-430, 2005.

LINDQUIST, J. L.; KROPFF, M. J. Application of an ecophysiological model for irrigated rice (*Oryza sativa*) – *Echinochloa* competition. **Weed Science**, Champaign, v.44, n.1, p.52-56, 1996.

LINDQUIST, J. L.; MORTENSEN, D. A. Tolerance and velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) suppressive ability of two old and two modern corn (*Zea mays*) hybrids. **Weed Science**, Lawrence, v.46, n.5, p.569-574, 1998.

LOKKO, Y. et al. Assessment of genetic diversity among African cassava *Manihot esculenta* Grantz accessions resistant to the cassava mosaic virus disease using SSR markers. **Genetic Resources and Crop Evolution**, Dordrecht, v.53, n.7, p.1441-1453, 2006.

LOPES, S. I. G. **Eficiência da adubação potássica e distribuição radicular do arroz irrigado**. 1991. 96f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1991.

MALUF, A. M. Interferência interespecífica entre *Amaranthus hybridus* L. e *Amaranthus viridis* L. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.5, p.723-732, 1999.

McDONALD, G. K. Competitiveness against grass weeds in field pea genotypes. **Weed Research**, Oxford, v.43, n.1, p.48-58, 2003.

McKELLAR, M. A.; DEREN, C. W.; QUESENBERRY, K. H. Outcrossing in *Aeschynomene*. **Crop Science**, Madison, v.31, n.2, p.476-478, 1991.

McROBERTS, N. et al. An assessment of genetic diversity within and between populations of *Phalaris minor* using ISSR markers. **Weed Research**, Oxford, v.45, n.6, p.431-439, 2005.

MEDEIROS, R. D. **Efeitos do manejo de água e de sistemas de controle de plantas daninhas em arroz (*Oryza sativa* L.) irrigado**. Piracicaba, 1995. 80p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

MENEZES, V. G.; SILVA, P. R. F. Manejo de arroz-vermelho através do tipo e arranjo de plantas em arroz irrigado. **Planta Daninha**, Botucatu, v.16, n.1, p.45-58, 1998.

MENEZES, V. G. et al. Rendimento de grãos de arroz irrigado e produção de sementes de angiquinho (*Aeschynomene denticulata* Rudd) em função de diferentes populações desta infestante. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO ARROZ IRRIGADO, 2.; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 24., 2001, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: Instituto Rio Grandense do Arroz, 2001. p.516-518.

MENEZES, V. G.; RAMIREZ, H. Interferência de *Aeschynomene denticulata* com o cultivo de arroz irrigado e seu potencial de produção de sementes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 23., 2002, Gramado. **Resumos...** Londrina: SBCPD/Embrapa Clima Temperado, 2002. p.98.

MILACH, S. C. K. **Marcadores moleculares em plantas**. Porto Alegre: S.C.K. Milach, 1998. 141p.

MIZ, R. B.; SOUZA-CHIES, T. T. Genetic relationships and variation among biotypes of dallisgrass (*Paspalum dilatatum* Poir.) and related species using random amplified polymorphic DNA markers. **Genetic Resources and Crop Evolution**, Dordrecht, v.53, n.3, p.541–552, 2006.

MOSCARELLI, M. L.; ROSINHA, R. C. **Indicações para o cultivo do arroz no Rio Grande do Sul**. Pelotas: IPEAS. 1967. 24p. (IPEAS. Boletim do campo, 212).

MOODY, K. **Weed-fertilizer interactions in rice**. Manila: IRRI, 1981. 35p. (IRRI Research Paper Series, 68).

MURRAY, M. G.; THOMPSON, W. F. Rapid isolation of high molecular weight plant DNA. **Nucleic Acids Research**, Oxford, v.8, n.9, p.4321-4325, 1980.

NEDEL, J. L.; ASSIS, F. N.; CARMONA, P. S. A planta de arroz: morfologia e fisiologia. In: PESKE, S. T. (ed.) **Produção de arroz**. Pelotas: Editora e Gráfica Universitária-UFPel, 1998, ed.1, p.11-66.

OERKE, E.C. et al. **Crop production and crop protection: estimated losses in major food and cash crops**. Amsterdam: Elsevier, 1994. 808p.

OGG, A. G.; SEEFELDT, S. S. Characterizing traits that enhance the competitiveness of winter wheat (*Triticum aestivum*) against jointed goatgrass (*Aegilops cylindrica*). **Weed Science**, Laurence, p.47, n.1, p.74–80, 1999.

OKOLI, C. A. N. et al. Genetic diversity in purple nutsedge (*Cyperus rotundus* L.) and yellow nutsedge (*Cyperus esculentus* L.). **Biological Control**, San Diego, v.8, n.2, p.111-118, 1997.

OLIVEIRA, A. C.; RICHTER, T.; BENNETZEN, J. L. Regional and racial specificities in sorghum germplasm assessed with DNA markers. **Genome**, Ottawa, v.39, n.3, p.579-587, 1996.

OLIVEIRA, F. N. et al. Intoxicação em suínos pela ingestão de sementes de *Aeschynomene indica* (Leg. Papilionoideae). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.25, n.3, p.135-142, 2005.

OLIVEIRA, M. de L. A. A. *Aeschynomene indica* L. no Brasil: primeira citação. **Iheringia**, Porto Alegre, v.41, p.3-8, 1991.

OLIVEIRA, M. de L. A. A. de Sinopse taxonômica do gênero *Aeschynomene* L. (Leguminosae-Faboideae) no Rio Grande do Sul, Brasil. **Iheringia**, Porto Alegre, v.57, n.2, p.279-301, 2002.

PAOLINI, R. et al. Competition between safflower and weeds as influenced by crop genotype and sowing time. **Weed Research**, Oxford, v.38, n.4, p.247-255, 1998.

PARANHOS, J. T. et al. Índice de área folhar de três cultivares de arroz irrigado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.21, n.1, p.35-41, 1991.

PINTO, R. J. B. **Introdução ao melhoramento genético de plantas**. Maringá: Editora da Universidade Estadual de Maringá, 1995. 275p.

PITELLI, R. A. **Competição por nutrientes entre a cultura do arroz e a comunidade infestante. Efeitos do espaçamento e da fertilização nitrogenada**. Piracicaba, 1981, 80f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 1981.

PITELLI, R. A. Interferência de plantas daninhas em culturas agrícolas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.11, p.16-27, 1985.

PONS, T. L. Factors affecting weed seed-germination and seedling growth in lowland rice in Indonesia. **Weed Research**, Oxford, v.22, n.3, p.155-161, 1982.

RADOSEVICH, S.; HOLT, J.; GHERSA, C. **Weed ecology: implications for management**. 2. ed. New York: Wiley, 1997. 588p.

RAJCAN, I.; SWANTON, C. L. Understanding maize-weed competition: resource competition, light quality and the whole plant. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.71, n.2, p.139-150, 2001.

RAMIREZ, H. B. V. et al. Controle precoce de plantas daninhas e início da irrigação na cultura do arroz irrigado no sistema convencional. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 1, REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 23, 1999, Pelotas, RS. **Anais...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 1999. p.524-527.

RANSOM, J. K.; OELKE, E. A. Common water plantain (*Alisma triviale*) interference with rice (*Zizania palustris*). **Weed Science**, Champaign, v.30, n.1, p.10-14, 1982.

REDDY, K. N.; SINGH, M. Germination and emergence of hairy beggarticks (*Bidens pilosa*). **Weed Science**, Champaign, v.40 n.2, p.195-199, 1992.

RIBOLDI, J. **Delineamentos experimentais de campo**. Porto Alegre: Instituto de Matemática da UFRGS, 1993. 71p. (Cadernos de Matemática e Estatística).

ROHLF, F. J. **NTSYS-pc**. Número taxonomy and multivariate analysis system. Version. 2.1. New York: Exeter Software, 2001.

ROUSH, M. L.; RADOSEVICH, S. R. Relationships between growth and competitiveness of four annual weeds. **Journal of Applied Ecology**, Oxford, v.23, n.3, p.895-905, 1985.

RUAS, P. M. et al. Genetic relationship in *Coffea* species and parentage determination of interspecific hybrids using ISSR (Inter- Simple Sequence Repeat) markers. **Genetics and Molecular Biology**, Ribeirão Preto, v.26, n.3, p.319-327, 2003.

RUDD, V. E. The American species of *Aeschynomene*. **Contributions of United States National Herbarium**, Washington, v.32, p.1-172, 1955.

RUTLEDGE, J.; TALBERT, R. E.; SNELER, C. H. RAPD analysis of genetic variation among propanil-resistant and susceptible *Echinochloa crusgalli* populations in Arkansas. **Weed Science**, Lawrence, v.48, n.6, p.669-674, 2000.

SALIMATH, S. S. et al. Assessment of genome origins and genetic diversity in the genus *Eleusine* with DNA markers. **Genome**, Ottawa, v.38, n.4, p.757-763, 1995.

SAS – Institute Statistical Analysis System. **User's guide**: version 6.4 ed. Cary: SAS Institute, 1989. 846p.

SCHAEDLER, C. E. et al. Competitividade relativa entre cultivares de arroz e espécies de angiquinho (*Aeschynomene* spp.) durante a fase vegetativa da cultura. In: SALÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 17., FEIRA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 14., 2005. **Atas e Resumos...** Porto Alegre: UFRGS, 2005. p.176.

SCHEINER, S. M. Genetics and evolution of phenotypic plasticity. **Annual Review of Ecology and Systematics**, Palo Alto, v.24, p.35-68, 1993.

SCHLICHTING, C. D. The evolution of phenotypic plasticity in plants. **Annual Review of Ecology and Systematics**, Palo Alto, v.17, p.667-693, 1986.

SEAVERS, G. P.; WRIGHT, K. J. Crop canopy development and structure influence weed suppression. **Weed Research**, Oxford, v.39, n.4, p.319-328, 1999.

SEIBERT, A. C.; PEARCE, R. B. Growth analysis of weed and crop species with reference to seed weight. **Weed Science**, Champaign, v.41, n.1, p.52-56, 1993.

SHILLING, D. G. et al. Effect of soybean (*Glycine max*) cultivar, tillage and rye (*Secale cereale*) mulch on sicklepod (*Cassia obtusifolia*). **Weed Technology**, Champaign, v.9, n.2, p.339-342, 1995.

SILVERSTOWN, J. W.; LOVETT DOUST, J. **Introduction to plant population ecology**. Oxford: Blackwell Scientific, 1993. 102p.

SMITH Jr., R. J. Weed thresholds in Southern U.S. rice, *Oryza sativa*. **Weed Technology**, Champaign, v.2, n.1, p.232-241, 1988.

SMITH Jr., R. J.; FOX, W. T. Soil-water and growth of rice and weeds. **Weed Science**, Champaign, v.21, n.1, p.61-63, 1973.

SOSBAI - Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado. **Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil**. Itajaí: 2003. 126p.

STEINER, J. J.; de los Santos, G. Adaptive ecology of *Lotus corniculatus* L. genotypes: I. Plant morphology and RAPD marker characterizations. **Crop Science**, Oxford, v.41, n.4, p.552-563, 2001.

SWANTON, C. J.; WEISE, S. F. Integrated weed management: the rationale and approach. **Weed Technology**, Champaign, v.5, n.3, p.657-663, 1991.

TER STEEGE, M. W.; STULEN, I.; MARY, B. Nitrogen in the environment. In: LEA, P. J.; MOROT-GAUDRY, J. F. (eds.) **Plant nitrogen**. Berlin: Springer Verlag. 2001, p.379-398.

TRAORÉ, S. et al. Competitive ecophysiology of grain sorghum and *Abutilon theophrasti* in monoculture and in mixture. **Weed Research**, Oxford, v.42, n.1, p.65-75, 2002.

VARGAS, L. et al. **Resistência de plantas daninhas a herbicidas**. Viçosa: Leandro Vargas, 1999. 131p.

VIDAL, R. A. et al. Similaridade genética entre acessos de *Bidens pilosa* resistentes aos herbicidas inibidores de ALS. **Planta Daninha**, Viçosa, v.23, n.3, p.551-556, 2005.

VIDAL, R. A. et al. Relação entre distância geográfica e variabilidade genética de uma população de *Bidens* spp. com resistência aos herbicidas inibidores de ALS. **Planta Daninha**, Botucatu, v.24, n.1, p.149-155, 2006.

WALKER, G. K.; BLACKSHAW, R. E.; DEKKER, J. Leaf-area and competition for light between plant-species using direct sunlight transmission. **Weed Technology**, Champaign, v.2, n.2, p.159-165, 1988.

WEINER, J. Asymmetric competition in plant populations. **Trends in Ecology & Evolution**, Oxford, v.5, n.1, p.19-24, 1990.

WILSON, J. B. Shoot competition and root competition. **Journal of Applied Ecology**, Oxford, v.25, n.1, p.279-296, 1998.

WILSON, B. J.; WRIGHT, K. J. Predicting the growth and competitive effects of annual weeds in wheat. **Weed Research**, Oxford, v.30, n.3, p.201-211, 1990.

WINKLER, L. M.; VIDAL, R. A.; BARBOSA NETO, J. F. Caracterização genética de *Euphorbia heterophylla* resistente a herbicidas inibidores da acetolactato sintase. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.38, n.9, p.1067-1072, 2003.

WORTMANN, C. S. Contribution of bean morphological characteristics to weed suppression. **Agronomy Journal**, Madison, v.85, n.4, p.840-843, 1993.

WU, S.; CHAW, S.; REJMÁNEK, M. Naturalized Fabaceae (Leguminosae) species in Taiwan: the first approximation. **Botanical Bulletin of Academia Sinica**, Taipei, v.44, n.1, p.59-66, 2003.

XAVIER, F. E.; PINTO, J. J. O. Comportamento de herbicidas aplicados em duas épocas do desenvolvimento do arroz irrigado no controle de *Aeschynomene* spp. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 14, Pelotas, 1985. **Anais...** Pelotas: EMBRAPA, CPACT, 1985. p.351-355.

ZIETKIEWICZ, E.; RAFALSKI, A.; LABUDA, D. Genome fingerprinting by simple sequence repeat (SSR)-anchored polymerase chain reaction amplification. **Genomics**, San Diego, v.20, n.2, p.176-183, 1994.

## 8 APÊNDICE

### Apêndice 1. Características das cultivares de arroz utilizadas na pesquisa

Características	Denominação das cultivares		
	BR-Irga 409	Irga 418	BR-Irga 410
Detentor	Embrapa/Irga	Irga	Embrapa/Irga
Registro no SNPC Nº	561	2447	562
Ano de lançamento	1979	1999	1980
Registro de adaptação	RS	RS	RS
Ciclo	M	P	M
Floração plena (dias)	92	80	89
Maturação (dias)	126	115	126
Produtividade média kg ha <sup>-1</sup>	7.000	7.540	7.790
Degrane natural	I	F	I
Resistência ao acamamento	R	R	R
Toxidez ferro indireta	S	MR	S
Bicheira da raiz	SI	SI	SI
Brusone na folha	MS	MR	MS
Brusone na panícula	MS	MR	MS
Escaldadura da folha	MS	MS	MS
Mancha dos grãos	MS	MS	MS
Mancha parda	MS	MS	MS
Queima da bainha	MS	MS	MS
Classe do grão	LF	LF	LF
Renda do benefício (%)	69	70	68
Rendimento de grãos inteiros e polidos (%)	62	63	58

Fonte: Sosbai, 2003.

## **9 VITA**

Fausto Borges Ferreira é filho de Daltro Ferreira e Iêda Leocádia Borges Ferreira e nasceu em 11 de fevereiro de 1976, no Município de Canguçu, Rio Grande do Sul. Em 1996 ingressou no Curso de Agronomia da Universidade Federal de Pelotas (UFPel), onde se graduou como Engenheiro Agrônomo em 2000. No período de setembro de 1997 a agosto de 1999 desenvolveu atividades de pesquisa como bolsista de Iniciação Científica do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), tendo atuado junto ao Departamento de Fitossanidade da Faculdade de Agronomia da UFPel. Em 2001, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade da Universidade Federal de Pelotas (UFPel), tendo obtido o grau de Mestre em Ciência em 2003. Em março de 2003 iniciou o Curso de Doutorado em Fitotecnia, junto ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da UFRGS, em Porto Alegre. Em maio de 2006 assumiu o cargo de Professor Assistente no ensino da disciplina de Ciência das Plantas Daninhas na Universidade Estadual de Maringá Paraná, atuando no campus avançado de Umuarama.