

**FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE GURUPI
MESTRADO EM PRODUÇÃO VEGETAL**

**AVALIAÇÃO DA MISTURA VARIETAL NO MANEJO DA
BRUSONE EM ARROZ**

JAÍZA FRANCISCA RIBEIRO CHAGAS

GURUPI-TO, 2010

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

**FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE GURUPI
MESTRADO EM PRODUÇÃO VEGETAL**

**AVALIAÇÃO DA MISTURA VARIETAL NO MANEJO DA
BRUSONE EM ARROZ**

JAÍZA FRANCISCA RIBEIRO CHAGAS.
Dissertação apresentada ao Programa de
Pós - Graduação da Universidade Federal
do Tocantins - UFT como parte das
exigências para a obtenção do título de
Mestre em Produção Vegetal

GURUPI -TO, 2010

DEDICO

À Deus,

As Minhas Mães: Maria dos Anjos e Aldeci Pires,

Ao meu filho Elói Davy Ribeiro Schu.,

Ao meu marido Henrique Ricardo Schu,

Aos meus familiares: em especial a Tia Corina Ribeiro

A todos os que contribuíram para que eu chegasse até aqui -

(Professores, colegas e amigos).

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me dado coragem para enfrentar e vencer mais esse desafio;

A Universidade Federal do Tocantins, pelo crescimento acadêmico, profissional e oportunidade de realização do mestrado;

Ao professor e orientador Dr. Gil Rodrigues dos Santos pela orientação, disponibilidade, conselhos, dedicação e ensinamentos transmitidos ao longo do curso;

Aos membros da banca examinadora, Dr. Marcelo Rodrigues dos Reis, Dr. Renato de Almeida Sarmiento e Dr. Emerson Cristi de Barros por contribuírem para o aperfeiçoamento deste trabalho;

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, pela amizade e pelos conhecimentos transmitidos durante o curso;

Aos colegas do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, pela amizade e troca de conhecimentos;

Aos amigos Manoel Delintro, Marcelo Reis, Dalmarcia, Maíra Ignácio, Azelma Corrêa, Márcio Ootanni, Carlos Cardon, Lorranny, Cleberson (Massara) e Evelynne pela amizade, pelo auxílio e ajudas;

A minha querida mãe Maria dos Anjos pelo apoio e conselhos que me fizeram vencer nos momentos difíceis e por incentivar-me a continuar;

Ao meu filho Elói Davy por me motivar a seguir em frente diante das dificuldades;

A meu marido Henrique Ricardo pela ajuda e companheirismo;

Aos Amigos pelas horas de lazer;

A todos que direta ou indiretamente fizeram parte de mais essa vitória.

ÍNDICE

RESUMO GERAL.....	8
INTRODUÇÃO GERAL	10
REVISÃO DE LITERATURA.....	13
A cultura do arroz.....	13
Brusone no Arroz.....	14
Biologia de <i>Magnaporthe oryzae</i>	16
Classificação atual.....	16
Raças fisiológicas de <i>Magnaporthe oryzae</i>	17
Hospedeiros Intermediários de <i>Magnaporthe oryzae</i>	19
Morfologia e ciclo de <i>Magnaporthe oryzae</i>	19
Sintomatologia.....	21
Genes de virulência/avirulência.....	23
Mecanismos de resistência.....	24
Mistura varietal e Mutilinhas: estratégia do melhoramento para resistência à brusone do arroz.....	27
LITERATURA CITADA.....	33

CAPÍTULO I - CARACTERIZAÇÃO AGRONÔMICA E FENOLÓGICA DE GENÓTIPOS DE ARROZ IRRIGADO PARA DETERMINAÇÃO DE MISTURA VARIETAL

Resumo.....	41
Summary.....	41
Introdução.....	42
Material e Métodos.....	43
Resultados e Discussão.....	45
Conclusão.....	51
Literatura citada.....	51
Anexo.....	53

CAPÍTULO II - AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA DE GENÓTIPOS COMERCIAIS DE ARROZ IRRIGADO AS RAÇAS DE *Magnaporthe oryzae*

Resumo.....	55
Summary.....	55
Introdução.....	56
Material e Métodos.....	57
Resultados e Discussão.....	59
Conclusão.....	63
Literatura citada.....	63

CAPÍTULO III - AVALIAÇÃO DO IMPACTO DA MISTURA VARIETAL NO CONTROLE DA BRUSONE E NA PRODUTIVIDADE DO ARROZ

Resumo.....	67
Summary.....	67
Introdução.....	68
Material e Métodos.....	69
Resultados e Discussão.....	74
Conclusão.....	83
Literatura citada.....	83
Anexos.....	86

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I

FIGURA 1 – Dendrograma representativo da dissimilaridade genética entre 37 genótipos de arroz irrigado, em Gurupi-TO, 2009, obtidos pela técnica do vizinho mais próximo, utilizando a distância generalizada de Mahalanobis como medida de dissimilaridade.....	49
FIGURA 2 – Dispersão gráfica dos escores de 37 genótipos de arroz, em relação às variáveis: classe do grão (CG), ciclo e altura (ALT).....	50

CAPÍTULO III

FIGURA 1 – Esquema do plantio das parcelas em mistura varietal (M) e em linhas isoladas (L) em campo experimental localizado em Formoso do Araguaia e em Gurupi-TO, safra 2009/2010.....	70
---	----

LISTA DE TABELAS:

CAPÍTULO I

TABELA 1 – Valores de Germinação (G), Floração (FLO), Altura da planta em cm (ALT), Peso de panículas em g (PP), Comprimento de panículas em cm (CP), Formato do grão (FG), Arista (Ari), Peso de 100 grãos em g (P100G), Classe de grão (CG ¹) e Cor das glumelas (CG ²) de genótipos de arroz.....	47
---	----

CAPÍTULO II

TABELA 1 – Análise da resistência de <i>Magnaporthe oryzae</i> em 37 genótipos de arroz, através de análise visual do fenótipo da interação patógeno-hospedeiro, com base nas reações utilizando uma escala de 0 a 9 em Gurupi, 2009.....	62
--	----

CAPÍTULO III

TABELA 1 – Efeito da mistura varietal de genótipos de arroz irrigado em comparação com o plantio em linhas isoladas na severidade da brusone das folhas em campo experimental de Formoso do Araguaia, nas condições de várzeas, safra 2009/10, em diferentes épocas de avaliação (DAP: dias após plantio)..	75
TABELA 2 – Efeito da mistura varietal de genótipos de arroz irrigado em comparação com o plantio em linhas isoladas na severidade da brusone das folhas no campo experimental em Gurupi, nas condições de terras altas, safra 2009/10, em diferentes épocas de avaliação (DAP: dias após plantio)..	77
TABELA 3 – Valores de brusone das panículas e produtividade (kg.ha ⁻¹) de genótipos de arroz irrigado plantados em linhas isoladas e em misturas em Formoso do Araguaia e em Gurupi, estado do Tocantins, safra 2009/2010.....	81

RESUMO GERAL

O arroz desde muitos anos faz parte da alimentação humana, sendo uma das culturas comercializáveis mais importantes dos países em desenvolvimento. O seu cultivo vem sendo dificultado pela presença de doenças que provocam grandes perdas na produção e qualidade dos grãos. A brusone causada pelo fungo *Magnaporthe oryzae* é uma das doenças que causam prejuízos em lavouras de arroz no mundo inteiro. O melhoramento genético visa minimizar os impactos das doenças na cultura do arroz através de lançamentos de cultivares resistentes. Embora, em condições ambientais favoráveis essas cultivares perdem a sua resistência poucos anos após o seu lançamento, dificultando os trabalhos do melhoramento; esta situação ocorre frequentemente no estado do Tocantins. Para se alcançar uma agricultura sustentável e evitar a dependência de produtos químicos no controle da brusone, novas alternativas de manejo devem ser testadas, para minimizar a severidade da doença e aumentar a resistência dos genótipos. O uso de misturas de cultivares é uma das alternativas que está surgindo como medida de controle da brusone e como forma de estabilizar a população de patógenos e suas diferentes raças. Considerando a importância do arroz para o Estado do Tocantins e a ameaça da brusone à orizicultura, objetivou-se com este trabalho avaliar a eficiência do uso da mistura varietal de arroz irrigado no manejo integrado da brusone causada pelo fungo *M. oryzae*.

O presente trabalho foi constituído de três capítulos:

No capítulo I, estudou-se a caracterização agronômica de cultivares de arroz irrigado visando à composição de uma mistura varietal. O experimento foi realizado no campus de Gurupi, na Universidade Federal do Tocantins. Foram estudados 37 genótipos de arroz. Os caracteres agronômicos avaliados foram: germinação, floração, altura da planta, peso das panículas, comprimento das panículas, peso de 100 grãos, forma do grão, classe do grão, presença da arista e cor das glumelas. Os genótipos BRS Formoso, Guará, Ouro Minas, Biguá, CNAI 9930, Cica 7 e Cica 9 apresentaram a germinação mais rápida de 2 dias, enquanto o genótipo Eloni apresentou a germinação mais lenta, com 7 dias. O genótipo Irri 344 atingiu a floração aos 74 dias após o plantio, seguido dos cultivares Javaé e Irga 417 com 79 dias, respectivamente. O genótipo Eloni e o Mutante Multiespigueta da Embrapa foram os que apresentaram maior tempo para atingir o estágio de 50% de panículas com 100 dias. Os genótipos com maior altura foram Tetep e o Basmati com 131,3 e 128,3 cm, respectivamente. O genótipo Colômbia foi o que apresentou o menor

peso de 100 grãos com 1,75 g. Para a classe do grão, a maioria foram classificados em grão longo fino. Na análise multivariada houve a formação de sete grupos. A floração foi a característica que mais influenciou na determinação dos grupos, exceto para o grupo 1 composto pelos genótipos Tetep e Basmati, que se distanciou também em relação à altura. Os genótipos CNAI 5287, CNAI 9930 e Irri 344 não se inseriram em nenhum dos grupos, sendo a característica classe de grãos que determinou a maior distância.

No capítulo II, estudaram-se a resistência de genótipos comerciais de arroz irrigado as raças do fungo *M. oryzae*. O experimento foi realizado em casa de vegetação e no laboratório de Fitopatologia da Universidade Federal do Tocantins, campus de Gurupi. Foram avaliados 37 genótipos de arroz irrigado com diferentes padrões de resposta para as raças do fungo *M. oryzae*. A virulência foi determinada utilizando-se uma escala visual de notas de 0 a 9. Existiu uma reação diferencial dos genótipos estudados na presença das raças inoculadas. Não houve nenhuma raça capaz de infectar todos os genótipos, pois, os genótipos Javaé, BRS Jaçanã, BRS Jaburu, BRS Biguá, BG 90-2, IRI 344, Oryzica 1 e Oryzica Lhanos foram resistentes a todas as raças inoculadas.

No capítulo III, foi verificada a eficiência do uso da mistura varietal de arroz no controle do fungo *M. oryzae*. Dois ensaios foram instalados, sendo o primeiro, em área experimental da Embrapa – Arroz e Feijão no município de Formoso do Araguaia - TO, em área de várzea úmida. O segundo experimento foi realizado no município de Gurupi, em terras altas, com irrigação suplementar por aspersão. Foram avaliados 36 genótipos semeados em mistura e em linhas isoladas simultaneamente. Realizaram-se avaliações da severidade da brusone nas folhas e a incidência da brusone nas panículas e produtividade nos dois locais. Nos dois sistemas estudados, a mistura varietal foi altamente efetiva na redução da doença brusone das folhas. A brusone das panículas também foi menor na mistura varietal. A produtividade da mistura varietal foi maior do que a média geral dos materiais em linhas isoladas, embora alguns genótipos tiveram produtividade superior quando dispostos em linhas isoladas. A técnica da mistura varietal é viável no manejo da brusone, podendo ser uma alternativa para diminuir a severidade da brusone em locais com alta pressão de inóculo como a encontrada no Estado do Tocantins.

INTRODUÇÃO GERAL

Entre os principais grãos cultivados no mundo o arroz apresenta-se como o terceiro em volume produzido e área cultivada, perdendo apenas para o trigo e milho (AZAMBUJA et al., 2002). O arroz é cultivado e consumido em todo o mundo, desempenha importante papel sócio-econômico, além de se destacar pela produção e área de cultivo. O arroz se adapta a diferentes condições de solo e clima, sendo a espécie que apresenta maior potencial para o combate à fome no mundo (COGO, 2008).

De acordo com Vieira (2009), o consumo mundial de arroz de 314,23 milhões de toneladas em 1985 atinge um total de 434 milhões de toneladas em 2009, mostrando um expressivo crescimento de 38 % no período. Na safra 2008/09, as maiores produções pertencem a China, responsável por 31%, seguida pela Índia, com 22%; Indonésia, com 8%; Vietnã, com 5%; Tailândia, com 4%; Filipinas, com 2,4% e Brasil, com 2%.

O arroz contribui aproximadamente com 21%, 14% e 2% do consumo mundial de energia, proteínas e lipídios, respectivamente (KENNEDY e BURLINGAME, 2003). Cerca de 150 milhões de hectares de arroz são plantados anualmente no mundo, produzindo 590 milhões de toneladas, dos quais 75% dessa produção é advinda do sistema de cultivo irrigado (EMBRAPA, 2005). Atualmente existem dois sistemas de cultivo de arroz: de várzeas que é sub-irrigado e de terras altas que engloba irrigação suplementar por aspersão e sem irrigação que utiliza apenas as precipitações naturais (GUIMARÃES et al., 2006).

No Brasil, a maior parcela de produção é proveniente do ecossistema de várzeas, onde a orizicultura irrigada é responsável por 69% da produção nacional, uma vez que não é tão dependente das condições climáticas em relação ao cultivo de terras altas. No país, há 33 milhões de hectares de várzeas, com topografia e disponibilidade de águas propícias à produção de alimentos, entretanto, apenas 3,7% dessa área são utilizados para a orizicultura (GUIMARÃES et al., 2006).

A planície sedimentar da Bacia do Araguaia, no Tocantins ocupa cerca de 1,2 milhões de hectares. No vale do Javaés, há uma imensa área de várzeas entre os rios Araguaia e seus afluentes, Urubu, Formoso e Javaés, com mais de 500 mil hectares, sendo assim considerada a maior área contínua para a irrigação no mundo. Nestas áreas estão

instalados os projetos Rio Formoso, em Formoso do Araguaia e Javaés na Lagoa da confusão. Ambos os projetos ocupam 45 mil hectares com a cultura do arroz no período chuvoso (SANTOS e RABELO, 2008).

A planta de arroz em todas as fases de desenvolvimento é afetada por diversas doenças que reduzem a produtividade, afetam a qualidade dos grãos, a qualidade sanitária e fisiológica da semente (PRABHU et al., 2006). Entre as várias doenças existentes, a brusone, causada pelo fungo *Magnaporthe oryzae* é a doença mais expressiva no Brasil e é a doença fúngica mais destrutiva do arroz irrigado do estado do Tocantins, onde as perdas podem ser bastante significativas nas lavouras com cultivares suscetível. Esta doença também ocorre em todo o território brasileiro e as perdas em condições favoráveis podem chegar a 100% (PHABHU et al., 2006).

A principal medida de controle atualmente é o uso de cultivares resistentes associados ao uso de fungicidas. Devido à alta variabilidade da população do fungo associado a plantios de uma única cultivar em extensas áreas e condições ambientais favoráveis à doença, cultivares com resistência vertical deixam de serem efetivas com apenas dois a três anos de cultivo, pois novas raças do patógeno surgem capazes de quebrar essa resistência (SANTOS et al., 2005).

Diversas séries de diferenciadoras têm sido empregadas nos estudos de caracterização de raças do fungo (ATKINS et al., 1967), sendo a série diferenciadora internacional a primeira e mais utilizada atualmente. A caracterização das raças fisiológicas de *M. oryzae* que ocorrem em determinada região é essencial para entender a dinâmica da virulência do fungo e de grande importância para orientação dos trabalhos de melhoramento, possibilitando adoção de estratégias adequadas para aumentar a durabilidade da resistência à brusone (MALAVOLTA et al., 2008).

Assim, o uso da mistura varietal de genótipos de arroz, pode-se tornar uma estratégia eficiente para reduzir os riscos de perdas na produtividade e reduzir o nível de severidade da brusone.

Mistura varietal refere-se ao plantio de duas ou mais cultivares comerciais na mesma área, com características comerciais compatíveis agronomicamente como, por exemplo, o mesmo ciclo, altura, arquitetura da planta e qualidade do grão. Zhu et al. (2000), realizou um estudo na China, envolvendo pesquisadores, agricultores e extensionistas e demonstraram que a mistura de cultivares pode reduzir consideravelmente a ocorrência da brusone em pequenas e grandes áreas de cultivo, ou seja, eles concluíram

que a mistura de cultivares pode ser implementada tanto em pequenas áreas em nível de pequeno produtor como em grandes áreas na agricultura empresarial.

Com o uso da mistura varietal espera-se prolongar ou estabilizar a resistência dos genótipos para as raças do fungo *M. oryzae*. Estudos mais amplos, como o uso de um maior número de cultivares, com diferenças quanto à resistência a um determinado patógeno, em locais diferentes, obterão informações importantes na obtenção de novos conhecimentos sobre o impacto dessas misturas na brusone e produtividade do arroz.

A estratégia do uso da mistura varietal em campo, com diferentes modos de resistência reduzirá os danos causados pela brusone. Desta forma, objetivou-se neste trabalho avaliar o uso da mistura varietal de arroz no controle do fungo *M. oryzae*, agente causal da brusone do arroz.

REVISÃO DE LITERATURA

A CULTURA DO ARROZ

O arroz (*Oryza sativa* L.) é originado da Índia, sendo cultivado em países de clima subtropicais e tropicais. É uma angiosperma monocotiledônea da Família Poaceae (Gramineae), Subfamília Oryzoideae, Tribo Oryzeae. O Gênero *Oryza* inclui muitas espécies distribuídas em todos os continentes, as quais abrigam uma grande variabilidade de hábitos e formas como também habitam desde lagos de águas profundas até florestas densas e savanas (CASTRO et al., 1999).

De acordo com a EMBRAPA (2006), duas formas silvestres são apontadas como precursoras do arroz cultivado: a espécie *Oryza rufipogon*, procedente da Ásia, originando a *Oryza sativa*; e a *Oryza barthii* (= *Oryza breviligulata*), derivada da África ocidental, dando origem à *Oryza glaberrima*. O gênero *Oryza* é o mais rico e importante da tribo Oryzeae e engloba cerca de 23 espécies, dispersas espontaneamente nas regiões tropicais da Ásia, África e Américas. A espécie *O. sativa* é considerada polifilética, resultante do cruzamento de formas espontâneas variadas.

Na América do Sul, o arroz foi introduzido pelos espanhóis e no Brasil pelos portugueses por volta do século XVI, como cultivo destinado à subsistência dos escravos e colonos que trabalhavam nas grandes fazendas. Posteriormente, com o desenvolvimento da cultura e geração de excedentes de produção no campo, o arroz passou a ser comercializado nas vilas e povoados, passando a fazer parte da dieta básica da população em geral. A produção de arroz no Brasil, até o final do século XIX, foi oriunda exclusivamente de lavouras de sequeiro. Na última década do século, surgiram às primeiras lavouras com cultivo de arroz irrigado, principalmente no Sul do Brasil, as quais apresentaram produtividade superior em relação ao cultivo de sequeiro (AZAMBUJA et al., 2002).

Segundo Santos e Rabelo (2008), o arroz é considerado o produto de maior importância econômica em muitos países em desenvolvimento, constituindo-se alimento

básico para cerca de 2,4 bilhões de pessoas. O aumento crescente do seu consumo impõe aos setores produtivos a busca de novas técnicas que possam aumentar a produção.

Pelo lado social, o arroz juntamente com o milho e o trigo, tem significado papel para populações de várias regiões, não só por ser alimento básico para mais da metade da humanidade, mas também pela ocupação de mão de obra que esta cultura pode requerer dependendo do tipo de sistema de cultivo empregado (FERREIRA et al., 2006).

Nos últimos trinta anos, a adoção das cultivares modernas de arroz irrigado proporcionou aumento anual na produção de 2,4% e elevou a produtividade em 71% (KHUSH e VIRK, 2002).

A produção brasileira de arroz está mantida em 11 milhões de toneladas na safra 2009/2010. A área cultivada na safra 2009/2010 é de 2.794 mil hectares. A produtividade média nacional esperada para esta safra deve ficar em torno de 4.111 kg.ha⁻¹, menor 5% que a alcançada na safra 2008/09, que foi de 4.332 kg.ha⁻¹. Para o estado do Tocantins a área estimada para esta safra é de 139 mil hectares, sendo a produtividade de 3.000 kg.ha⁻¹ e uma produção estimada para 418 mil toneladas (CONAB, 2010).

O Tocantins é o terceiro maior produtor nacional, com cerca de 60 mil ha plantados, sendo superado pelos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (RANGEL et al., 1992). Nesse estado o arroz irrigado por inundação é considerado a forma principal de plantio (SANTOS et al., 2003).

Nas condições naturais de plantio há o aparecimento frequente de pragas e doenças que causam danos consideráveis na produtividade. A brusone, no entanto, é considerada a principal doença no estado do Tocantins, sendo causada pelo fungo *M. oryzae*. Em condições ambientais favoráveis e na presença do hospedeiro suscetível as perdas na lavoura podem ser chegar até 100% se não houver um manejo adequado.

BRUSONE NO ARROZ

A brusone é considerada a doença mais importante do arroz (OU, 1972). Na história da fitopatologia não há um patógeno como o *M. oryzae*, que desde o início do século vem causando impactos no mundo todo, com perdas em valores nutricionais, em abastecimento e na economia da produção do arroz (PRABHU e FILIPPI, 2006).

Os primeiros registros sobre sua ocorrência datam de 1600 e foram feitos na China. O termo brusone é adaptado do italiano “bruzone” e foi adotado na tradução para a língua

portuguesa. Na Europa, a doença é conhecida de longa data, tendo sido relatada na Itália em 1828. Em inglês é chamada de “blast”, em razão da queima das folhas que provoca quando ocorre de modo severo. A distribuição da doença é bastante ampla, sendo encontrada em praticamente todas as regiões onde o arroz é cultivado em escala comercial. As perdas são variáveis em função do genótipo cultivado e dos fatores climáticos prevaletentes nas áreas de cultivo. No Brasil, alguns dados revelam perdas no peso de grãos da ordem de 8 - 14%, enquanto índices de 19 - 55% de espiguetas vazias foram observados em experimentos conduzidos em condições de campo (BEDENDO, 1997). Sua ocorrência foi relatada em 70 países, ocorrendo praticamente onde o arroz é cultivado (OU, 1985).

A brusone ocorre mundialmente, sendo uma das doenças mais importantes do arroz, particularmente em lavouras irrigadas ou em condições de alta precipitação e adubação nitrogenada. Severas epidemias de brusone do arroz têm ocorrido em diferentes partes do mundo, resultando em perdas no campo (AGRIOS, 2005). A brusone, causada pelo fungo *M. oryzae*, é a doença de arroz mais expressiva no Brasil e provoca perdas significativas na produtividade das cultivares suscetíveis, quando as condições ambientais são favoráveis, onde em situações mais drásticas, as perdas podem chegar a 100%. Esta doença ocorre em todo o território brasileiro, do Rio Grande do Sul ao Amazonas (PRABHU et al., 2006).

As perdas provocadas pela brusone são decorrências indiretas da redução da área foliar fotossintetizante, no crescimento e desenvolvimento da planta (PRABHU et al., 2003). As reduções no rendimento dos grãos são causadas por efeitos diretos e indiretos da brusone sobre a cultura. Como efeito direto pode-se citar que, durante a fase vegetativa ocorre a redução da estatura da planta e número de perfilhos, na fase reprodutiva percebe-se a redução do número de grãos por panícula e peso de grãos (PRABHU et al., 1986). Sendo que esses efeitos diretos também ocasionam redução da produtividade, porcentagem de grãos formados e índice de colheita. Os efeitos indiretos são os prejuízos por perda de área foliar, que afeta a fotossíntese e a respiração (DÁRIO et al., 2005).

Portanto, é necessário que seu controle seja feito de forma adequada com o uso de fungicidas, de práticas culturais e de cultivares resistentes (WANG et al., 1989).

A resistência à brusone tem sido obtida através da incorporação nos materiais melhorados de genes, que conferem resistência completa a determinadas raças do patógeno, ou genes, que conferem resistência parcial onde a principal característica dessa resistência é a redução na taxa aparente de infecção (BONMAN, 1991). A obtenção de

cultivares com resistência completa e específica às raças de *M. oryzae* predominantes em determinada região é bastante utilizada em programas de melhoramento, pois permite regularmente o lançamento de material resistente devido à relativa facilidade com que é obtida (OU, 1985). A necessidade contínua de obtenção de cultivares resistentes de arroz é devida à alta variabilidade patogênica do fungo *M. oryzae*, que tem levado à rápida perda da resistência específica de cultivares, reduzindo sua vida útil a poucos anos de cultivo contínuo (MALAVOLTA et al., 1992; CORREA e ZEIGLER, 1995).

BIOLOGIA DE *Magnaporthe oryzae*

CLASSIFICAÇÃO ATUAL

O fungo causador da brusone do arroz tem sido conhecido como *Pyricularia oryzae*, na fase anamórfica ou assexuada e *Magnaporthe oryzae* na fase teleomorfa ou sexuada. O estágio telomorfo, não foi encontrado na natureza, porém, foi produzido depois de cruzamentos apropriados com isolados compatíveis em laboratório (AGRIOS, 2005).

Magnaporthe oryzae (T.T. Hebert) M.E. Barr (anamorfo *P. oryzae* Sacc.) é um patógeno já bastante conhecido como o agente causal da brusone do arroz, considerada uma das ameaças à segurança alimentar no mundo (VALENT, 2004). Segundo PURCHIO e MUCHOVEJ (1994), o gênero *Pyricularia* foi descrito por Saccardo para caracterizar um fungo de cor cinza-claro, o qual produz conídios em conidióforos livres e eretos. Os conídios são, inicialmente, aderidos ao conidióforo por meio de uma pequena célula e quando maduros, a célula divide-se em duas, liberando o conídio. A fase perfeita ou Teleomorfo pertence à classe dos Ascomycetos, ordem Diaporthales e Família Physosporrelleaceae. Os ascosporos são hialinos, fusiformes, com três septos e os ascos unitunicados. O estágio imperfeito ou anamorfo pertence à classe Deuteromicetos e à ordem Monialiales.

Não existe uma base morfológica para justificar a divisão taxonômica entre *P. oryzae* e *P. grisea*, pois apresentam vários hospedeiros comuns. Ambos possuem o mesmo teleomorfo denominado *M. oryzae*, não existindo nenhuma barreira biológica para cruzamentos conduzidos em laboratório.

RAÇAS FISIOLÓGICAS DE *Magnaporthe oryzae*

Existem numerosas raças do patógeno *M. oryzae*, cada uma carregando diferentes genes para virulência. Vários genes principais para resistência a brusone foram identificados em diferentes genótipos de arroz, mas cada gene de resistência é rapidamente superado dentro de dois a três anos pelo aparecimento de novas raças do patógeno (AGRIOS, 2005).

Alguns autores preferem fazer distinção entre os termos raça fisiológica, raça fitopatológica, patótipo e biótipo. No entanto, o termo genérico raça fisiológica vem sendo utilizado para descrever os patógenos de mesma espécie, morfologicamente semelhantes e com mesma virulência. Patógenos de distintas raças fisiológicas apresentam diferentes níveis de virulência (BORÉM e MIRANDA, 2009).

Segundo Borém e Miranda (2009), com a disseminação do uso de cultivares resistentes plantados em monocultivos em grandes áreas, a pressão de seleção sobre as populações de fitopatógenos aumentou substancialmente. Após alguns anos de cultivo de uma cultivar resistente, a elevada pressão de seleção sobre os patógenos da região podem resultar na quebra da resistência, por causa do surgimento de uma nova raça fisiológica virulenta. Dessa forma, um novo ciclo de cultivares resistentes poderá ser neutralizado pelo subsequente surgimento de outra raça virulenta. As mutações podem contribuir para o aparecimento das novas raças. O número de esporos de um patógeno em uma cultura é extremamente grande, aumentando as chances de ocorrência desse fenômeno.

O fungo causador da brusone é composto de raças fisiológicas, com características de virulência distintas. A maioria dos estudos conduzidos no Brasil e em outros países concentrou-se na determinação e composição de raças, na sua frequência de ocorrência e na sua compatibilidade com genes de resistência conhecidos. A diversidade patogênica é geralmente alta em campos experimentais e nos locais de testes de seleção para melhoramento de cultivares (FILIPPI et al., 1999). Anjos et al. (2009), estudando 250 isolados de *M. oryzae* coletados em três viveiros de arroz encontraram 45 raças na região do Vale do Araguaia, Tocantins. Dias Neto et al. (2010), estudando uma amostra de 479 isolados monospóricos de *M. oryzae* coletadas em várias fazendas e áreas comerciais de arroz irrigado no Vale do Araguaia - Tocantins, também constataram uma alta variabilidade e identificaram um total de 61 raças do patógeno. Estes autores comentaram

que neste local ocorre a maior diversidade de patótipos de *M. oryzae* descrita até o momento no Brasil. Essa diversidade provavelmente é um dos responsáveis pela ampla adaptação do patógeno em plantios comerciais atualmente em cultivo no Estado.

As raças fisiológicas de *M. oryzae* são identificadas com base em reações das cultivares diferenciadoras (LING e OU, 1969). As reações compatíveis (susceptíveis) ou incompatíveis (resistentes) nas cultivares diferenciadoras constituem a base para a classificação dos isolados em raças. As inoculações controladas permitem direcionar o melhoramento genético para raças específicas predominante na região ou no local (PRABHU et al., 2006). Os estudos sobre as raças patogênicas tiveram início em 1950, quando algumas cultivares resistentes de arroz tornaram-se susceptíveis ao *M. oryzae* (OU, 1980), Filippi e Prabhu (2001), identificaram em arroz de terras altas, 16 raças de *M. oryzae*, das quais as predominantes foram a IB-9 e IB-41. Cornélio et al. (2003), verificaram a presença de 14 raças (IA1, IA-9, IA-10, IA-13, IA-65, IA-73, IB-1, IB-9, IB-15, IB-41, IB-64, IC-9, IC-14, IC-16) em municípios de Minas Gerais, sendo as raças predominantes a IA-9 seguida da raça IA-1, IB-9 e IC-9.

Segundo Bedendo et al. (1997), podem ocorrer diferentes raças fisiológicas em uma lesão produzida pelo fungo em plantas de arroz. Sob o ponto de vista prático, o conhecimento de raças que ocorrem em uma determinada região é de grande importância, pois permite desenvolver um programa de melhoramento visando à resistência, além do que, conhecendo-se as diferentes raças nos diversos municípios e a resistência das cultivares às respectivas raças fisiológicas do patógeno, é possível mapear quais cultivares poderão ser plantadas nesses locais (CORNÉLIO et al., 2003).

Nutsugah et al. (2008), coletaram 71 isolados de *M. oryzae* e encontrou 25 raças em sete regiões produtoras de arroz no Ghana, sendo que a raça IB-1 foi encontrada em seis regiões, sendo os patótipos pertencentes aos grupos IB e IC os que mais ocorreram.

A identificação de raças de *M. oryzae* que ocorrem em uma região, estado ou país viabiliza a verificação do grau de resistência à doença de genótipos gerados pelos programas de melhoramento genético através dos procedimentos de inoculação. Além disso, também permite que seja feito o monitoramento da dinâmica populacional do patógeno em viveiros de infecção de brusone e ao longo do tempo, em condições de plantio de diferentes genótipos. No entanto, submeter muitos genótipos à inoculação de isolados de muitas raças ou monitorar a ocorrência de um número muito elevado de raças são estratégias difíceis de serem executadas (MACIEL et al., 2004).

HOSPEDEIROS INTERMEDIÁRIOS DE *Magnaporthe oryzae*

No Brasil, a brusone é transmitida por sementes infectadas, sendo esta a principal fonte primária de inoculo. As sementes infectadas, contudo, não provocam epidemias em condições de plantios bem conduzidos. Outra fonte de inóculo são os fungos que sobrevivem nos restos culturais e esporos que são trazidos pelo vento de lavouras vizinhas.

O fungo *M. oryzae* tem sido encontrado em culturas economicamente importantes, como o milho, milheto, cevada, e trigo (KATTO et al., 1977). A ocorrência da brusone no trigo, sob condições naturais de infecção foi constatado no Brasil em 1985, no estado do Paraná (IGARASHI, 1988). Este foi o primeiro relato com perdas significativas sob condições naturais de infecção.

Diversas espécies de *Pyricularia* ocorrem na natureza como agentes patogênicos de ampla gama de hospedeiros, atacando mais de 80 gêneros de espécies vegetais. Nela estão incluídas espécies da família Poaceae, Cyperaceae, Zingiberaceae, Cannaceae, Commolinaceae, Musaceae, Solanaceae, Euphorbiaceae, Fabaceae, Polygonaceae, Lauraceae, Juncaceae e Sterculiaceae (PURCHIO e MUCHOVEJ, 1994). Com relação à especificidade ao hospedeiro, vários autores afirmaram que espécies do gênero *Pyricularia* têm largo espectro de hospedeiros, no entanto, cada isolado em particular é capaz de infectar apenas uma ou poucas espécies dessas plantas (PURCHIO e MUCHOVEJ, 1994).

Os resultados, quanto ao papel das gramíneas na perpetuação do *M. oryzae* em arroz, não estão bem claros e indicam que os isolados de gramíneas, presentes nas plantas daninhas localizadas nas lavouras de arroz de terras altas, não infectam o arroz (PRABHU et al., 2006).

MORFOLOGIA E CICLO DE *Magnaporthe oryzae*

O fungo é perpetuado através da formação de esporos assexuais ou conídios (ELLIS, 1971), por meio da conidiogênese. Os conidióforos são longos, septados, raramente ramificados, simpodiais, geniculados com a parte basal do conidióforo mais larga (XU e XUE, 2002).

Os conídios são caracteristicamente piriformes, apresentando a base arredondada e o ápice mais estreito. Normalmente, são encontrados dois septos por esporo; um ou três septos raramente são observados. O conídio é hialino e geralmente germina a partir da

célula apical ou basal. O apressório é formado na extremidade do tubo germinativo. As colônias são muito variáveis quanto à densidade e a cor do micélio. São encontradas desde colônias ralas até cotonosas e colônias esbranquiçadas até acinzentadas escuras, em função do meio de cultura e do isolado do fungo (BERGAMIN FILHO et al., 1995).

Fatores fisiológicos e ambientais contribuem para a variação na forma das células da conidiogênese. Durante o amadurecimento, ainda ligado ao conidióforo, o conídio aumenta de tamanho e libera uma gota de mucilagem, cuja função é permitir a aderência do conídio a qualquer superfície, mesmo umidecida (PRABHU e FILIPPI, 2006). A conidiogênese é holoblástica e inicia-se com a produção de um conidióforo através de estômatos, ou pela erupção direta do tecido e da cutícula da planta hospedeira (HAMER et al., 1988). Todas as fases do ciclo da doença, desde a germinação dos esporos até o desenvolvimento das lesões, são influenciadas em grande parte pelos fatores ambientais, dentre os quais o molhamento das folhas pela chuva ou pelo orvalho é o mais importante (SANTOS e RABELO, 2008).

O ciclo de vida do fungo inicia-se com a germinação do conídio na presença de água, após 30 a 90 minutos. O tubo germinativo é produzido pela célula basal ou apical de um conídio, que normalmente é formado por 3 células e cada célula contém um núcleo. Enquanto o tubo germinativo é produzido por uma das células, a outra célula vai produzindo um apressório inicial, o qual se separa através da formação de um septo na parte final do tubo germinativo. A penetração ocorre diretamente na epiderme da folha do arroz, logo depois da formação das estruturas de infecção no apressório, através da força mecânica e da atividade enzimática (HOWARD, 1994) e através das reservas acumuladas no conídio (PRABHU e FILIPPI, 2006). A penetração é feita diretamente através da cutícula, raramente pelos estômatos. A colonização dos tecidos é facilitada por toxinas, que provocam a morte de células e por hifas, que se desenvolvem no tecido morto (BEDENDO, 1997).

A hifa de infecção dá origem a hifas secundárias e subseqüentes dentro das células da epiderme e do mesófilo, resultando na colonização do tecido invadido e na formação de lesões que já são visíveis após 72 horas. Em 144 horas e sob condições de alta umidade, começam a produzir esporos em abundância, os quais são liberados e dispersos pelo vento, fornecendo inóculo para um ciclo de infecção subseqüente. Diversas fitotoxinas causam a necrose e morte das células do tecido vegetal, resultando na formação das lesões. Em meio de cultura o patógeno produz uma grande quantidade de toxinas, como, por exemplo, o

ácido picolínico, a pircularina, ácido pircularina, o ácido tenuzenico, coumarin e a tyrosol (PRABHU e FILIPPI, 2006).

A pircularina quando aplicada em plantas de arroz suscetíveis ou resistentes, a toxina, mesmo quando bem diluídos ocasiona aumento na atividade respiratória. Em genótipos suscetíveis, porém induz sintomas de clorose, manchas foliares e enfezamento de plântulas. A fitotoxina é altamente tóxica aos próprios conídios de *M. oryzae*, no qual o efeito inibitório é evitado pelo fungo, que produz uma proteína contendo cobre que se liga à pircularina, formando um complexo não tóxico ao patógeno, mas ainda, altamente tóxicas à planta hospedeira (PASCHOLATI, 1995).

A luz também pode ter influência sobre o micélio e os esporos. Embora o crescimento do micélio, a germinação de conídios e a elongação do tubo germinativo sejam processos inibidos pela luz, a alternância da mesma tem um papel importante sobre a produção de esporos. Estes começam a ser liberados tão logo escureça, alcançam um máximo em poucas horas e praticamente cessam na alvorada. Sob condições de luz ou escuro contínuo a esporulação cai a níveis muito baixos, voltando a aumentar quando os períodos de luz e escuro novamente voltarem a se alternar (SILVA e PRABHU, 2005).

As epidemias de brusone no campo são policíclicas, com taxa da epidemia dependente das condições ambientais. Em ecossistemas temperados, a epidemia de brusone pode ter de 7 a 8 ciclos por estação ou ano, enquanto que nas regiões tropicais podem ocorrer de 10 a 15 ciclos por estação (GARRIDO, 2001). Uma lesão é produzida em média 6 dias após a infecção e uma lesão típica é capaz de produzir 2. 000 a 6. 000 conídios por dia por aproximadamente 14 dias em condições de laboratório (OU, 1985).

De acordo com Urashima et al. (2007), a disseminação aérea é considerada o mais importante meio de dispersão da doença, embora haja pouca informação disponível sobre a distância que os esporos podem atingir a partir de uma determinada fonte de inoculo. Estes autores mostraram que a disseminação de esporos de *M. oryzae* é um fenômeno comum e um importante fator de dispersão da doença para outros campos.

SINTOMATOLOGIA

A brusone ocorre em todas as partes e fases da cultura do arroz, ou seja, desde o estágio de plântula até a maturação da cultura. As fases mais críticas da doença quando ataca as folhas ocorrem no período que vai de 20 a 40 dias de idade e também ataca as panículas prejudicando a fase leitosa e pastosa dos grãos. A temperatura ideal para o

desenvolvimento do fungo é de 20 a 30 °C, umidade relativa do ar superior a 93%, baixa luminosidade, desequilíbrio nutricional, falta de uniformidade de irrigação (PRABHU e FILIPPI, 2006) e uso de cultivares suscetíveis.

Nas folhas, os sintomas iniciam-se com pequenas lesões necróticas, de cor marrom, que crescem, tornando-se elípticas, com margem marrom e centro cinza ou esbranquiçado. Em condições favoráveis, as lesões coalescem, causando morte da folha, e muitas vezes a morte da planta inteira. Os sintomas nos nós aparecem, geralmente, na fase de planta madura. A área infectada do nó torna-se escura, impedindo a circulação da seiva e provocando o acamamento da planta ou a quebra no local infectado. Quando ocorre nas panículas antes da fase leitosa, a panícula inteira morre, apresentando coloração parda, e se ocorrer mais tardiamente os danos são somente nas áreas afetadas. Em condições muito elevada de umidade o fungo esporula nas espiguetas, causando chochamento completo na fase leitosa (PRABHU et al., 1995).

A dimensão do bordo das lesões nas folhas estão diretamente relacionados com a resistência do genótipo e com as condições climáticas. Quando a doença ocorre severamente nos estádios iniciais de desenvolvimento da planta, o impacto é tão grande que a queima das folhas acaba por levar a morte da planta. Os grãos, quando atacados, apresentam manchas marrons localizadas nas glumas e glumelas, as quais são facilmente confundidas com manchas causadas por outros fungos. Além da infecção externa, o patógeno pode atingir o embrião, sendo veiculado também internamente à semente (BEDENDO, 1997).

O molhamento da folha é essencial para a infecção. A deposição de orvalho, por períodos prolongados, favorece alta severidade da doença. As plantas de arroz tornam-se mais suscetíveis em solos secos do que em solos úmidos. Em arroz de sequeiro, a incidência da brusone nas folhas aumenta o efeito da seca, causando secamento mais rápido das folhas nas cultivares suscetíveis do que nas cultivares moderadamente resistentes. As temperaturas noturnas, variando de 17 a 21 °C, e diurnas, entre 25 e 30 °C são ótimas para a infecção, esporulação do fungo e rápido desenvolvimento da doença. A incidência de brusone e os consequentes prejuízos são menores em anos chuvosos. A ocorrência de chuvas durante o enchimento dos grãos também reduz a severidade da brusone nas panículas. Em geral, a incidência de brusone nas panículas é menor em campos irrigados por aspersão do que naqueles sujeitos à deficiência hídrica (FAGUERIA et al., 1995).

Alves e Fernandes (2006), avaliando a esporulação de *M. oryzae* em trigo encontraram resultados que permitiram observar que quando a umidade relativa é elevada ou igual a 90% e a temperatura se encontra ao redor de 20 °C, a produção de conídios é favorecida.

GENES DE VIRULÊNCIA/ AVIRULÊNCIA

Os termos avirulência e virulência são utilizados para descrever genes que condicionam interação compatível e incompatível com genótipos dentro da espécie hospedeira. Muitos genes que afetam a patogenicidade foram isolados de *M. oryzae*, estes genes foram divididos em três grupos: genes para especificidade à nutrição de planta, genes relacionados à infecção nas fases iniciais e genes para o estabelecimento da doença e desenvolvimento dos sintomas. O primeiro grupo refere-se à informação sobre a fisiologia de crescimento do fungo. O segundo refere-se a genes envolvidos em processos morfogênicos relacionados à infecção (PRABHU e FILIPPI, 2006).

Há uma especificidade postulada como gene-a-gene no patossistema cultivar arroz. A especificidade é considerada monogênica e dominante em arroz, sendo a identificação destes genes importantes para o estudo da genética da avirulência em patógenos. Após a penetração, o patógeno enfrenta barreiras induzidas no hospedeiro em resposta a sua presença, esta resposta é de natureza específica e controlada pela interação entre os genes de resistência da planta e do patógeno. Os produtos dos genes de avirulência fornecem bases quanto aos mecanismos bioquímicos que determinam a especificidade entre a planta e o fungo, acelerando direta ou indiretamente o mecanismo de defesa da planta em alguns casos onde há interação dos genes de resistência da planta com os genes avirulentos do fungo (PRABHU e FILIPPI, 2006).

As informações quanto à estrutura da virulência de *M. oryzae* no Brasil são limitadas. A disponibilidade de cinco linhas isogênicas do genótipo CO 39, diferindo em um gene, permitiu classificar os isolados virulentos e avirulentos a estas linhas (MORAIS et al., 2006). Filippi et al. (2002), fez um levantamento em arroz de terras altas e em arroz de várzeas e notaram que os 87 isolados avaliados foram virulentos aos genes PI-3, Pi-4a, e Pi-4b, porém, alguns deles foram avirulentos aos genes do hospedeiros PI-1 e PI-2,

Entre os genes de resistência, somente Pi-zt oferece resistência à todas as raças no Brasil. Os genes Pi-a, Pi-k, Pi-km e Pi-ta não são efetivos por causa da pré-existência de

virulências na população do patógeno em todo o território brasileiro. A resistência à brusone, na maioria dos casos, está associada com características não desejáveis, como mancha de grãos (PRABHU e FILIPPI, 2006).

Filippi e Prabhu (2001), avaliando graus de resistência à brusone e produtividade de cultivares melhoradas de arroz de terras altas, verificaram diferenças distintas no padrão de virulência de isolados de *M. oryzae* em seis cultivares de arroz de terras altas e oito cultivares de arroz irrigado, sendo que, houve uma alta frequência de virulência nas cultivares IAC 47 e IAC 165. Segundo Morais et al. (2006), isso explica a alta suscetibilidade dessas cultivares nas condições naturais de infecção no campo.

O gene Pi-ar confere resistência para a raça IB-45 de *M. oryzae* no somaclone derivado de panículas imaturas da cultivar de arroz Araguaia (ARAÚJO et al., 2002 e ARAÚJO e PRABHU, 2004).

Mello e Urashima (2003), avaliaram 50 isolados monospóricos, obtidos de panículas afetadas com brusone das cultivares IAC 201 e IAC 4440. Os autores observaram uma baixa frequência de ocorrência de raças fisiológicas no local de seleção de linhagens de melhoramento. Todos os 25 isolados provenientes de IAC 4440 foram compatíveis somente ao gene de resistência pi-ta2. Os isolados de IAC 201 foram compatíveis para sete dos nove genes das diferenciais japonesas. Os resultados mostraram que somente um gene de resistência (pi-zt) foi efetivo a todos os isolados de *M. oryzae* coletados das cultivares de arroz IAC 201 e IAC 4440.

Prabhu e Filippi (2001), estudando o nível de resistência à brusone nas folhas e panículas de 12 genótipos de arroz sob três anos consecutivos verificaram que a frequência de virulência dos isolados testados variou de 0,3 a 0,8. Os isolados provenientes do genótipo Guarani foram mais virulentos, seguidos por isolados de IAC 201, IAC 47 e Tangará. Os resultados demonstraram que o comportamento dos genótipos em diferentes anos, quanto ao grau de resistência possivelmente depende da frequência de ocorrência de isolados virulentos no campo.

MECANISMOS DE RESISTÊNCIA

As plantas possuem aparato estrutural e bioquímico que compõem seu mecanismo de defesa contra a ação de agentes bióticos, abióticos e físicos. Os mecanismos de defesa podem ser pré-formados e/ou serem ativados em resposta ao estímulo do agente agressor

(AGRIOS, 2005). Dentro da espécie, algumas plantas diferem quanto à resistência aos patógenos. Tais diferenças frequentemente dizem respeito à velocidade e à intensidade das reações da planta. Plantas resistentes respondem mais rapidamente e rigorosamente aos patógenos do que aquelas suscetíveis. O estudo de doenças vegetais tem revelado padrões complexos de relações entre as plantas e as raças de patógenos, pois as plantas são geralmente suscetíveis ao ataque de determinadas raças, mas resistentes a outras. Acredita-se que essa especificidade seja determinante na interação entre os produtos dos genes R do hospedeiro e dos genes avr de avirulência do patógeno (TAIZ e ZEIGER, 2004).

Cada interação hospedeiro-patógeno pode ser encarada como uma luta entre dois organismos pela sobrevivência. Essa interação deve ser visualizada como um sistema único, que depende dos fatores planta, hospedeiro e ambiente. O hospedeiro é considerado resistente quando a doença não ocorre e suscetível quando há o aparecimento de sintomas. As plantas podem se defender dos agentes fitopatogênicos ativa e passivamente, ou seja, na defesa passiva os fatores de resistência se encontram na planta antes do contato com o patógeno, enquanto na defesa ativa, estes mostram-se ausentes ou presentes em baixo nível antes da infecção, sendo produzidos ou ativados em resposta à presença dos patógenos (PASCHOLATI e LEITE, 1995).

Estes fatores podem ser subdivididos em estruturais e bioquímicos. Os fatores estruturais da planta atuam como barreira física, impedindo a entrada do patógeno e a colonização dos tecidos, enquanto as reações do hospedeiro produzem substâncias que se mostram tóxicas ao patógeno, ou criam condições adversas para o crescimento do mesmo no interior da planta (PASCHOLATI e LEITE, 1995).

A resistência pode se manifestar de diferentes modos quanto à estabilidade e à especificidade. Conforme suas características podem ser classificadas como resistência vertical ou horizontal.

A resistência vertical ou perpendicular caracteriza-se quando uma cultivar é mais resistente a algumas raças do patógeno do que outras. Neste caso ocorre interação diferencial entre os cultivares do hospedeiro e raças do patógeno. Quando a cultivar é igualmente resistente a todas as raças, a resistência denomina-se horizontal ou lateral, e não ocorre interação diferencial. A resistência horizontal é comumente chamada de resistência de campo, sendo controlada por muitos genes, que se complementam, o que se admite como fator de maior estabilidade no controle de doenças, em comparação com a resistência vertical, comumente controlado por poucos genes, com efeito individual e de fácil identificação. Sendo a resistência horizontal condicionada por muitos genes, que

individualmente são de pequeno efeito, é natural que a determinação de seu mecanismo de ação seja difícil, pois tudo indica que a herança equivale a dos caracteres quantitativos, ou fatores múltiplos, que variam de forma contínua (BUENO et al., 2006).

Esta se caracteriza por vários fenômenos: o patógeno apresenta baixa penetração e esporulação. Os genes que condicionam a resistência são recessivos e interagem entre si. Não há especificidade para uma determinada raça, ou seja, a resistência é efetiva para um amplo espectro de raças patogênicas (MATIELLO et al., 1997).

Não se pode ignorar o aparecimento de uma raça virulenta, neste caso um aumento no uso de genótipos resistentes é a melhor estratégia para aumentar o rendimento final, porém, o desenvolvimento de uma raça patogênica virulenta dentro ou logo após o ano da introdução do genótipo resistente é regra em vez de exceção (GARRETT E MUNDT, 1999).

Quando uma nova cultivar com resistência vertical é introduzida, o patógeno frequentemente acumula virulência para o gene de resistência, tornando a cultivar suscetível. Os genes de resistência do hospedeiro podem ser classificados de acordo com o comportamento dos genes de virulência do patógeno. Isso é uma ferramenta que pode ser usada para agrupar melhor a combinação de genes no hospedeiro (MORAIS et al., 2006).

Araújo et al. (2001), estudaram os variantes somaclonais da cultivar de arroz Bluebelle resistentes à brusone, no primeiro experimento em casa de vegetação, utilizando isolados de *M. oryzae* coletados da cultivar Metica-1 pertencentes as raças IB-41 e IB-45, todos os somaclones foram resistentes, enquanto a cultivar Bluebelle foi altamente suscetível. No segundo experimento, houve reação diferencial entre os 47 somaclones avaliados, porém quando a inoculação foi feita com os isolados coletados da própria cultivar Bluebelle, todos os somaclones foram resistentes, indicando assim, mutação do gene para resistência.

A durabilidade insuficiente da resistência nos locais de plantio é o primeiro problema com relação à brusone do arroz (BONMAN et al., 1992). Não sendo possível o lançamento de novos genótipos adaptados a condições edafoclimáticas do Tocantins, a ponto de garantir um manejo mais sustentável, torna-se necessário a procura por métodos alternativos, sendo a rotação de genes, uso das multilinhas e misturas de cultivares uma maneira de estabilizar a população do patógeno e aumentar a durabilidade da resistência dos cultivares que já existem.

De acordo com Matiello et al. (1997), a resistência vertical é uma maneira fácil de se trabalhar em um programa de melhoramento genético para doenças. Devido ao fato de

ser condicionada por poucos genes de expressão maior, a transferência destes de um material para outro dentro do programa é fácil através de simples cruzamentos. O maior obstáculo para a utilização deste tipo de resistência é a facilidade com que os patógenos neutralizam estes genes, principalmente devido a seus mecanismos de geração de variabilidade genética (mutações e recombinação), tornando a resistência pouco durável. Várias estratégias podem ser adotadas para evitar ou reduzir a severidade de determinada moléstia, entre elas: uso de misturas, multilinhas, rotação de genótipos e piramidização.

Os mesmos autores citam que a busca da resistência horizontal nas plantas cultivadas é de fundamental interesse para o melhorista, pois à medida que se encontram genótipos com vários genes condicionando a resistência, a probabilidade do patógeno vencer ou "quebrar" a resistência por seus mecanismos naturais de geração de variabilidade é muito pequena, por isso a resistência horizontal é caracterizada pela estabilidade e durabilidade.

MISTURA VARIETAL E MULTILINHAS – ESTRATÉGIA DO MELHORAMENTO PARA RESISTÊNCIA À BRUSONE DO ARROZ

Embora o estudo com o uso da diversidade de plantas na agricultura pareça uma prática recente para muitos pesquisadores e agricultores, vários trabalhos clássicos nesta área datam de mais de 20 anos atrás (BROWING e FREY, 1969; MARSHALL, 1977; WOLFE, 1985).

Um alto rendimento de colheita é um dos principais objetivos na agricultura moderna e essas conquistas foram conseguidas através da hibridação e seleção de plantas superiores, onde os plantios em monocultura e a uniformidade genética para altura da planta, maturidade e características de qualidade facilitam a colheita e a comercialização. A consequência da substituição da heterogeneidade genética por plantas de base genética mais estreita favoreceram a vulnerabilidade e a quebra da resistência das cultivares a doenças causadas por patógenos (CASTRO, 2001).

O melhoramento visando à resistência genética tem buscado cultivares resistentes ao fungo *M. oryzae*. O plantio dessas cultivares, têm sido a principal medida de controle na maioria das regiões produtoras de arroz, onde o uso de fungicidas não é compensador. No entanto, a variabilidade desse fungo, produzindo novas raças virulentas tem dificultado esse trabalho (CORNÉLIO et al., 2003).

De acordo com Prabhu e Filippi (2006), a introdução de heterogeneidade sem sacrificar a produtividade e qualidade é benéfica. O uso das multilinhas e da misturas de cultivares tem sido sugerido para a reintrodução dessa heterogeneidade genética em culturas autógamas, desde o século passado. Outros autores também confirmam o benefício da mistura de cultivares (WOLFE, 1985; MUNDT et al., 1994 e WOLFE, 2000). Guimarães et al. (2009), também citam a mistura de cultivares e o uso das multilinhas como uma forma de aumentar a durabilidade da resistência às doenças das plantas.

Genótipos com genes de resistência vertical, após algum tempo pode ter a sua resistência quebrada, foi o caso da cultivar BRS Formoso, que dois anos após o lançamento teve a resistência quebrada, causando sérios prejuízos. Isso acontece devido ao alto número de raças existentes compatíveis com os genes de resistência das cultivares (PRABHU e FILIPPI, 2006),

Mistura varietal refere-se ao plantio na mesma área de duas ou mais cultivares comerciais compatíveis agronomicamente, sem a realização de nenhum esforço do melhoramento para torná-las fenotipicamente uniformes. Ter-se-ia assim, no campo plantas resistentes e suscetíveis. As multilinhas são misturas mecânicas de linhagens fenotipicamente idênticas, cada uma diferindo na resistência para raças específicas da população do patógeno (BROWNING e FREY, 1981). A redução da brusone com linhagens quase isogênicas foi relatado por Nakajima et al. (1996 a, b).

A mistura varietal pode ser implementada tanto em pequenas áreas em nível de agricultura familiar como em grandes áreas na agricultura empresarial. Trabalho de pesquisa realizado na China por Zhu et al. (2000), envolvendo pesquisadores, agricultores e extensionistas, demonstraram que o uso de mistura de cultivares pode reduzir drasticamente a ocorrência de doenças em pequenas e grandes áreas de cultivo.

Na mistura, o genótipo suscetível produziu 89% a mais com uma redução de 94% na incidência de brusone do que na monocultura. Não foi feita nenhuma aplicação de fungicida durante a condução do ensaio. Os resultados obtidos neste experimento demonstraram que a diversificação intraespecífica da cultura pode ser um caminho ecologicamente correto para o controle da brusone e deve ser altamente efetivo em grandes áreas de plantio contribuindo para a sustentabilidade das lavouras de arroz.

A mistura varietal segundo Wolf (1985), deve variar na resistência de doenças e ter semelhança suficiente para crescerem juntos. A mistura é mais rápida, barata e fácil de formular quando comparada com multilinhas. A mistura deve ter características agrônômicas boas e pode ser fenotipicamente semelhantes para características importantes,

inclusive maturidade, altura, qualidade e tipo de grão. Já foi demonstrada a eficiência do efeito de misturas varietais no controle de ferrugens e mofos em cultivos de grãos pequenos (CHIN e WOLFE, 1984; MUNDT, 2002).

Neste exemplo, Nakajima et al. (1996 a), observaram o efeito da multilinha da cultivar de arroz Sasanishiki e algumas linhas isogênicas dela na supressão da brusone do arroz. Concluíram que a severidade da brusone causada pelo fungo *M. oryzae* e o percentual de plantas doentes na mistura das linhagens foi menor que o observado nos plantios solteiros de cada uma delas. A redução da brusone nas folhas foi maior (50,2%) do que da brusone nas panículas (18,1%). Os autores atribuíram esses resultados ao efeito barreira e a diluição das fontes de inóculo, o que já foi citado também por outros autores (BROWING e FREY, 1969; ZHU et al., 2000). Na região de Madagascar o cultivo do arroz é de extrema importância, mas devido à situação econômica dos agricultores o uso de fungicidas é muito limitado, o que prejudica as lavouras com genótipos suscetíveis à brusone. Dessa forma os pesquisadores procuram encontrar formas sustentáveis e econômicas de produzir arroz com base na redução de doenças, especialmente a brusone (NAKAJIMA et al., 1996 a).

Sester et al. (2008), avaliaram a mistura de duas cultivares de arroz em Madagascar. Sendo a cultivar Fofifa 154 altamente suscetível e a cultivar Fofifa 172 resistente ao patógeno *M. oryzae*. Os autores encontraram menores incidências e severidade da brusone na mistura onde o genótipo suscetível foi mais diluído. Embora a produtividade do genótipo suscetível tenha sido de 150 Kg.ha⁻¹ e do genótipo resistente tenha sido 4.600 Kg.ha⁻¹ não ficou evidenciado diferença estatística entre os tratamentos. A incidência e severidade da doença nas panículas foram maiores no plantio das linhas puras da cultivar Fofifa 154 ao longo do desenvolvimento das plantas. Os autores mostraram o potencial para o uso de misturas de cultivares na redução da doença brusone no arroz na região pesquisada.

Muitos estudos realizados com mistura varietal envolveram somente uma única raça patogênica e dois genótipos hospedeiros, no qual, um dos genótipos hospedeiros é suscetível e o outro é resistente para essa raça. Tais estudos são úteis para investigar o efeito da diluição da doença nas misturas e algumas vezes são de uso prático para proteger cultivares desejáveis, mas, que são genótipos suscetíveis, misturando-as com genótipos resistentes, mas, menos desejável. Muitas aplicações práticas, porém, envolvem matrizes mais complexas de plantas hospedeiras e populações de patógenos, em que cada genótipo

hospedeiro é suscetível a uma ou mais raças patogênicas e cada raça pode ser virulenta para mais de um genótipo hospedeiro (GARRETT e MUNDT, 1999).

O uso da mistura varietal está aumentando na produção comercial ao redor do mundo (FINCKH ET AL., 2000). Muitos dos estudos iniciais e aplicações da mistura varietal na agricultura moderna foram com cultivares multilinhas e ainda hoje é usado, principalmente quando a uniformidade das lavouras é considerada um fator de muita importância, principalmente para o cultivo comercial do arroz.

Investigações feitas por Nakajima et al. (1996 b) entre os anos 1990 a 1992 para observar os fatores relacionados na supressão da brusone nas folhas em multilinhas da cultivar Sasanishiki e linhas isogênicas dela, mostraram novamente o benefício do uso de diversidade no controle da brusone. A severidade na mistura das linhas foi menor que o plantio de cada componente em separado. Isso prova que a ocorrência da brusone nas folhas foi suprimida pelo plantio em mistura. Até mesmo na mistura das linhas compatíveis a severidade foi maior que o plantio das linhas incompatíveis. A severidade foi maior também quando foi feita inoculação com uma única raça do fungo que com a inoculação com duas raças na mistura. Esse fato pode ser atribuído novamente ao efeito de redução da densidade, efeito barreira e até mesmo a indução do mecanismo de resistência que provavelmente foi o fator que contribuíram para a supressão da doença.

Marshall (1977) classificou o cultivo de multilinhas em duas formas: a primeira é a multilinha pura, na qual todas as linhas componentes da mistura são resistentes a todas as raças patogênicas do fungo em campo e a segunda é a multilinha suja, onde as linhas são suscetíveis e resistentes à estas raças. Nesse caso o mecanismo de indução de resistência e estabilização da pressão de seleção sobre as raças operam somente nos plantios com multilinha suja (NAKAJIMA et al., 1996 b).

Ashizawa et al. (2007 a), avaliaram a brusone das folhas baseado nas lesões observadas entre um tratamento com linhas puras de arroz suscetível Sasanishiki e a mistura da cultivar Sasanishiki e linhas isogênicas Sasanishiki BL4 ou BL7 resistentes na proporção de 1:1 e 1:3. A proporção do número de lesões na mistura 1:1 e 1:3 para o número dos estandes puros foram de 0,29 e 0,09. Durante quatro anos foi estudado o grau de supressão da brusone nas folhas desta cultivar Sasanishiki suscetível e da linhagem isogênica Sasanishiki BL7 resistente em mistura na proporção 1:1 e 1:3 e observaram que a severidade na Sasanishiki BL7 desenvolveu de forma mais lenta que nos estandes puros da Sasanishiki. A distribuição das lesões nas folhas baixas dos estandes da mistura 1:3 foi menos significativa que nos estandes puros (na fase inicial). Estes resultados mostram que a

distribuição das lesões da brusone nas camadas superiores das folhas difere entre as linhas puras suscetíveis e na mistura 1:3 no final da epidemia da brusone (ASHIZAWA et al., 2007b).

Pradhanang e Sthapit (1995), encontraram resultados contraditórios para o caso da ferrugem amarela, as menores intensidades da doença foi relatado na mistura do que nas parcelas com as linhas puras, mas em um dos casos verificaram maior intensidade da ferrugem amarela na cevada nos estandes em mistura, comparado com as linhas puras. O qual mostra que, a inclusão de um genótipo altamente suscetível na mistura, pode aumentar a intensidade da doença de um genótipo com suscetibilidade moderada. Eles afirmaram que este fato pode ter sido por uma forte pressão do inóculo produzido pelas plantas vizinhas do genótipo suscetível e que, esta diferença reflete nas mudanças sofridas na pressão do inoculum nas misturas. A mistura de cultivares trouxe uma maior estabilidade em condições de campos em cultivares de trigo (MUNDT et al., 1995; MUNDT, 2002).

De acordo com Garrett e Mundt (1999), embora as pesquisas com epidemiologia de doenças priorizem quase sempre populações de plantas nas quais todas pertence à um mesmo genótipo, na natureza a mistura de populações naturais são mais típicas, e isso facilita o desenvolvimento de genes de resistência na agricultura. Entre outros fatores a variação ambiental de um local para outro e de estação para estação influencia a severidade das epidemias e esta influência afeta diretamente as misturas. A influência do ambiente e também das decisões de manejo devem levar em consideração o número de genótipos incluídos na mistura e a densidade de plantio. Desta forma, fica claro que a eficiência do efeito de mistura de cultivares na redução das doenças é maior nas misturas com maior número de cultivares (com níveis diferentes de resistência) ou com um menor número de plantas suscetíveis. A densidade de plantio pode influenciar no efeito da mistura pelo simples fato de modificar o microclima, alta densidades dos plantios podem resultar em epidemias mais rápidas.

Os benefícios da mistura varietal é o responsável pelo aumento do uso em plantios comerciais, um dos motivos pode ser a capacidade que a mistura varietal tem de diminuir a pressão de seleção dos patógenos capazes de quebrar a resistência dos genótipos hospedeiros. Supondo que um grupo de genótipos seja imune, ou que tenha uma forte resistência, mas outros genótipos são mais valiosos ou são mais desejados agronomicamente, neste caso é mais vantajoso o plantio da mistura simples, que é o plantio de apenas duas cultivares, onde a intenção é a proteção do genótipo desejado. O cenário mais comum é a avaliação de genótipos com resistência diferencial. A mistura destes

genótipos pode ser vantajosa quando comparados com o plantio solteiro, pois assim a população de patógenos ficará dividida entre os diferentes genótipos. Para completar esta teoria, outra razão comum para o uso agrícola da mistura varietal é reduzir as perdas em rendimentos causados por outros estresses bióticos e abióticos e reduzir a variabilidade de campos causados pelas interações planta-ambiente (GARRETT e MUNDT, 1999).

Vários são os mecanismos que podem contribuir para a redução das doenças na mistura de cultivares, entre elas: efeito de diluição, efeito de barreira, resistência induzida e competição entre raças do patógeno (MATIELLO et al., 1997; ZHU et al., 2000 e CASTRO, 2001).

Segundo Borém e Miranda (2009), a operacionalização da produção de sementes das multilinhas é relativamente onerosa, quando comparada com o plantio de genótipos diferentes. Pois, as multilinhas são formadas pela produção separada de cada um dos seus constituintes, que são misturados na proporção desejada. Essa proporção pode mudar de ano para ano, conforme as variações das raças fisiológicas dos patógenos prevalentes em campo. Uma vez que as multilinhas favorecem a estabilização das raças fisiológicas do patógeno, os genes de resistência das plantas tendem a reter com elas a sua habilidade de proteção e muitas raças fisiológicas do patógeno têm a oportunidade de sobreviver, diminuindo a probabilidade do aparecimento de novas raças. Atualmente, pela natureza dinâmica do mercado de sementes e em razão da pequena vida útil dos cultivares lançados, as multilinhas têm sido consideradas como uma alternativa conservadora e de mercado restrito.

O aumento no número de componentes na mistura poderá reduzir as doenças, aumentando a efetividade da mistura (MUNDT e LEONARD, 1986).

A mistura varietal pode vir a ser uma ótima alternativa para o pequeno produtor e para a subsistência das famílias de assentados. A eficiência da mistura na supressão da doença brusone pode ser uma forma de redução do uso de produtos químicos e conseqüentemente será uma contribuição na redução dos custos. No entanto, ainda é necessário estudos para verificar a eficiência da mistura de genótipos nas condições edafoclimáticas do Tocantins e principalmente se a grande quantidade de raças encontradas nas regiões produtoras não será um fator limitante também a utilização da mistura.

LITERATURA CITADA

- AGRIOS, G. N. **Plant pathology**. 5th ed. San Diego: Elsevier. p. 922, 2005.
- ALVES, K. J. P.; FERNANDES, J. M. C. Influência da temperatura e da umidade relativa do ar na esporulação de *Magnaporthe grisea* em trigo. **Fitopatologia Brasileira**. v. 31, p. 579-584, 2006.
- ANJOS, L. M.; SANTOS, G. R.; DIAS NETO, J. J.; et al. Identificação de raças fisiológicas de *Magnaporthe grisea* em áreas de arroz irrigado no Estado do Tocantins. **Tropical Plant Pathology**. v. 34, n. 3, 2009.
- ARAÚJO, L. G.; PRABHU, A. S.; FILIPPI, M. C.; et al. Variantes somaclonais da cultivar de arroz Bluebelle resistentes à brusone. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 36, n. 5, p. 801-808, 2001.
- ARAÚJO, L. G.; PRABHU, A. S.; FILIPPI, M.C. Identification of RAPD marker linked to blast resistance gene in a somaclone of rice cultivar Araguaia. **Fitopatologia Brasileira**. v. 27, p. 181-185, 2002.
- ARAÚJO, L. G.; PRABHU, A. S. Eficiência do marcador rapd opk17 para seleção do gene *pi-ar* de resistência à brusone em arroz. **Revista Anhanguera**. v. 5, p. 7-107, 2004.
- ASHIZAWA, T.; SASAHARA, M.; OHBA, A.; et al. Lesion-based analysis of leaf blast suppression in mixture of rice cultivar and a resistant near-isogenic line. **J. Gen Plant Pathology**. v. 73, p. 15-21, 2007 a.
- ASHIZAWA, T.; ZENBAYASHI-SAWATA, K.; KOIZUMI, S. Vertical distribution of leaf blast lesions in mixtures of rice cultivar Sasanishiki and its resistant near-isogenic line. **J. Gen Plant Pathology**. v. 73, p. 129-132, 2007 b.
- ATKINS, J.G.; ROBERT, A. L.; ADAIR, C.R.; et al. International set of rice varieties for differentiating races of *Pyricularia oryzae*. **Phytopathology**. v. 57, p. 297-301, 1967.
- AZAMBUJA, I. H. V.; MAGALHÃES JUNIOR, A. M.; VERNETTI JUNIOR, F. J. Situação da cultura do arroz no mundo e no Brasil. In: Assembléia Legislativa do RS. (Org.). **Série Culturas-Arroz Irrigado**. Porto Alegre: Assembléia Legislativa do Estado do Rio Grande do Sul. p. 11-22, 2002. Disponível em: http://www.al.rs.gov.br/Download/CAPC/serie_culturas_arroz.pdf. Acesso em 22 de maio de 2009.
- BEDENDO, I. P. Doenças do arroz. In: KIMATI, H. et al. (Ed.). **Manual de Fitopatologia**. 3. ed. São Paulo: Agronômica Ceres. p. 85-99, 1997.
- BONMAN, J. M.; ESTRADA, B.A.; KIM, C. K.; et al. Assessment of blast disease and yield loss in susceptible and partially resistant rice cultivars in two irrigated lowland environments. **Plant Disease**. v. 75, n. 5, p. 462- 466, 1991.

- BONMAN, J. M.; KHUSH, G. S.; NELSON, R. J. Breeding rice for resistance to pests. **Annual Phytopathology**. v. 30, p. 507-528, 1992.
- BORÉM, A.; MIRANDA, G. V. **Melhoramento de plantas**. 5º Ed. Viçosa. MG: Ed. UFV. p. 529, 2009.
- BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIN, L. **Manual de Fitopatologia. Princípios e Conceitos**. 3ª ed. Agronômica Ceres. v. 1, p. 919, 1995.
- BROWNING, J. A.; FREY, K. J. The multiline concept in theory and practice. In: JENKYN, J. F. And PLUMB, R. T. (ed). **Strategies for the control of cereal disease**. p. 37-46, 1981.
- BROWNING, J. A.; FREY, K. J. Multiline cultivars as a means of disease control. **Annual Review Phytopathology**. v. 14, p. 355–82, 1969.
- BUENO, L. C. S.; MENDES, A. N. G.; CARVALHO, S. P. **Melhoramento genético de plantas - Princípios e procedimentos**. Ed. 2. Lavras – MG: UFLA. p. 319, 2006.
- CASTRO, E. M.; BRESEGHELLO, F.; RANGEL, P. H. N.; et al. Melhoramento do arroz. In: BORÉM, A. **Melhoramento de espécies cultivadas**. ed. UFV. viçosa- Minas Gerais. p. 95-96, 1999.
- CASTRO, A. **Cultivar Mixtures**. *The Plant Health Instructor*. DOI: 10.1094/PHI-A-2001-1230-01). Phytopathology Society. 2001. Disponível em: http://www.apsnet.org/Education/AdvancedPlantPath/Topics/cultivarmixtures/what_is_pg1.htm.
- COGO, C. Arroz: **Tendência de alta no curto prazo e no longo prazo**. Consultoria Agroeconômica. Disponível em: http://www.deere.com/pt_BR/ag/veja_mais/info_mercado/rice.html>. Acesso em: 07/2008.
- CONAB.- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO: Acompanhamento da safra Brasileira - Grãos. Safra 2009/2010. 8º levantamento. p. 45, 2010.
- CORNELIO, V. M.; SOARES, A. A.; BUENO FILHO, J. S. S.; et al. Identificação de raças fisiológicas de *P. grisea* em arroz no estado de minas gerais. **Ciência Agrotécnica**. v. 27, n. 5, p. 1016-1022, 2003.
- CORREA-VICTORIA, F. J.; ZEIGLER, R. S. Stability of partial and complete resistance in rice to *Pyricularia grisea* under rainfed upland conditions in eastern Colombia. **Phytopathology**. St. Paul. v. 85, n. 9, p. 977-982, 1995.
- CHIN, K. M.; WOLFE, M. S. The spread oi *Erysiphe graminis f. sp. hordei* in mixtures of barley varieties. **Plant Pathology**. v. 33, p. 89-100, 1984.
- DÁRIO, G. J. A.; MANFRON, P. A.; BONNECARRÉRE, R. A. G.; et al. Controle químico de brusone em arroz irrigado. **Revista da FZVA**. v. 12, n. 1, p. 25-33, 2005.

DIAS NETO, J. J.; SANTOS, G. R.; ANJOS, L. M.; et al. Hot spots for diversity of *Magnaporthe oryzae* physiological races in irrigated rice fields in Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 45, n. 3, p. 252-260, 2010.

ELLIS, M. B. **Dematiaceus Hyphomycetes**. Kew: CMI. p. 608, 1971.

EMBRAPA- Embrapa clima temperado. **Cultivo de arroz irrigado no Brasil**. Sistemas de produção. 3 ISSN 1806-9207 versão eletrônica. Nov 2005. Disponível em <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Arroz/ArrozIrigadoBrasil/ca p01.htm>>. acesso em: 08/10/2008

EMBRAPA – Arroz e Feijão. **História do Arroz**. 2006. Disponível em <http://www.cnpaf.embrapa.br/parperfeito/arroz/historia.htm>. Acesso em: 19/10/2009

FAGUERIA, N. K.; FERREIRA, E.; PRABHU, A. S.; et al. Seja doutor do seu arroz – “Doenças do arroz”. **Potafos – Informações Agrônomicas**. v. 70, p.18, 1995.

FERREIRA, C. M.; RUCATTI, E.G.; VILLAR, P. M. Produção e aspectos econômicos. In: SANTOS, A. B.; STONE, L. F.; VIEIRA, N. R. A. **Cultura do Arroz no Brasil**. v. 2, p. 98, 2006.

FILIPPI, M. C.; PRABHU, A. S.; LEVY, M. Differential Compatibility of *Pyricularia grisea* isolates with some Brazilian irrigated rice cultivars. **Fitopatologia Brasileira**. v. 24, n. 3, p. 447-450, 1999.

FILIPPI, M. C.; PRABHU, A. S. Phenotypic virulence analysis of *Pyricularia grisea* isolates from Brazilian upland rice cultivars. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 36, n. 1, p. 27-35, 2001.

FILIPPI, M. C.; PRABHU, A. S.; ARAÚJO, L. G.; et al. Genetic diversity and virulence pattern in fields populations of *pyricularia grisea* from rice cultivar Metica-1. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 37, n. 12, p. 1681-1688, 2002.

FINCKH, M. R; GACEK, E. S; GOYEAU, H; et al. Cereal variety and species mixtures in practice. **Agronomia**. v. 20, p. 813-37, 2000.

GARRETT, K. A.; MUNDT, C. C. Epidemiology in mixed host populations. **Revista Annual de Fitopatologia**. v. 89, p. 984-990, 1999.

GARRIDO, L. R. **Identificação, desenvolvimento e uso de marcadores de regiões hipervariáveis do genoma de *Magnaporthe grisea* na análise da estrutura de populações do patógeno infectando plantações de arroz (*Oryza sativa*)**. Brasília: Universidade de Brasília. 193 p. (Tese de Doutorado), 2001.

GUIMARÃES, C. M.; SANTOS, A. B.; MAGALHÃES JUNIOR, A. M.; et al. Sistema de cultivo. In: SANTOS, A. B.; STONE, L. F.; VIEIRA, N. R. A. **Cultura do Arroz no Brasil**. v. 2, p. 53-96, 2006.

GUIMARÃES, E.A.; CASELA, C.R.; SILVA, D.D.; COSTA, R.V.; CRISTELI, E.B.; LANZA, F.E.; COTA, L.V.; PEREIRA, I.S. Rotação de genes como estratégia para o

manejo da resistência a *Colletotrichum sublineolum*, agente causal da antracnose em sorgo. **Anais do IX Congresso de Ecologia do Brasil**. 2009.

HAMER, J. E.; HOWARD, R.J.; CHUMLEY, F.G.; et al. mechanism for surface attachment in spores of *Magnaphorte grisea*. the rice blast pathogenic fungus. **Science**. v. 239, n. 4837, p. 288-290, 1988.

HOWARD, R. J. Cell biology of pathogenesis. In: ZEIGLER, R.S.; LEONG, S. A.; TENG, P.S. (Ed.). **Rice blast disease**. Wallingford: CAB International. p. 3 – 22, 1994.

IGARASHI, S. **Análise da ocorrência de brusone do trigo no Paraná**. Trabalho apresentado na XV RENAPET – Reunião Nacional de Pesquisa de Trigo. CNPT/EMBRAPA. Passo Fundo. RS. realizada de 19 a 23 de setembro de 1988.

KATTO, H.; YAMAGUCHI, T.; NISHIHARA, N. Seed transmission. pathogenicity and control of ragi blast fungus and susceptibility of ragi to *Pyricularia ssp*. From grasses. cereal and mioga. **Annals of the Phytopathological Society of Japan**. Tokyo. v. 43, p. 392-401, 1977.

KENNEDY, G.; BURLINGAME, B. Analysis of food composition data on rice from a plant genetic resources perspective. **Food Chemistry**. v. 80, n. a, p. 589-596, 2003.

KHUSH, G. S.; VIRK, P. S. Rice improvement: past. present and future. in: KANG, M. S. (editor). **Crop Improvement: Challenges in the twenty-century**. New York: Food Products Press. p. 17-42, 2002.

LING, K. C.; OU, S. H. Standardization of the international race numbers of *Pyricularia grisea*. **Phytopathology**. v. 59, n. 3, p. 339-342, 1969.

MACIEL. J. L. N.; RODRIGUES. P. C. S.; GOMES. P. A.; et al. Análise da variabilidade genética de duas cultivares Raminad Str. 3 utilizadas como diferenciadoras de raças de *Pyricularia grisea*. **Fitopatologia Brasileira**. v. 29, n. 6, 2004.

MALAVOLTA, V. M. A.; AMARAL, R. E. M.; ISSA, E.; et al. Estabilidade da resistência à brusone em cultivares/ linhagens de arroz. **Summa Phytopathologica**. v. 18, n. 2, p. 111-117, 1992.

MALAVOLTA, V. M. A.; AZZINI, L. E.; BASTOS, C. R.; et al. Progresso da brusone nas folhas e panículas de genótipos de arroz de terras altas. **Summa Phytopathologica**. v. 34, n. 2, p. 186-188, 2008.

MARSHALL, D. R. The advantages and hazards of genetic homogeneity. **Annals of the New York Academy of Sciences**. v. 287, p. 1-20, 1977.

MATIELLO, R. R.; BARBIERI, R. L.; CARVALHO, F. I. F. Resistência das plantas a moléstias fúngicas. **Ciência Rural**. v. 27, n.1, p. 161-168, 1997.

- MELLO, A. P. A.; URASHIMA, A. S. Diversidade da virulência de *Pyricularia grisea* num local de melhoramento genético de arroz. **Fitopatologia Brasileira**. v. 28, p. 541-543, 2003.
- MORAIS, O. P.; RANGEL, P.H.N.; FAGUNDES, P.R.R.; CASTRO, E. M. NEVES, P.C.F.; CUTRIM, V.A.; PRABHU, A.S.; BRONDANI, C.; MAGALHÃES JUNIOR, A.M. Melhoramento genético. In: A cultura do arroz no Brasil (2º ed.). EMBRAPA/CNPAF, Santo Antônio – GO, p. 289-358, 2006.
- MUNDT C. C, LEONARD, K. J. Analysis of factors affecting disease increase and spread in mixtures of immune and susceptible plants in computer – Simulated epidemics. **Phytopatology**. v. 76, p. 832-840, 1986.
- MUNDT, C. C.; HAYES, P. M.; SCHON, C. C. Influence of variety mixtures on severity of scald and net blotch and on the yield of barley. **Plant Pathology**. v. 43, p. 356–61, 1994.
- MUNDT. C.C.; BROPHY. L. S.; SCHMITT. M. E; Disease severity and yield of pure-line wheat cultivars and mixtures in the presence of eyespot. yellow rust. and their combination. **Plant Pathology**. v. 44, p.173–182, 1995.
- MUNDT, C. C. Performance of wheat cultivars and cultivar mixtures in the presence of *Cephalosporium stripe*. **Crop Protection**. v. 21, p. 93–99, 2002.
- NAKAJIMA, T.; SONODA, R.; YAEGASHI, H. Effect of a multiline of rice cultivar Sasanishiki and its isogenic lines on suppressing rice blast disease. **Revista Anual de Fitopatologia**. v. 62, p. 227-233, 1996 a.
- NAKAJIMA, T.; SONODA, R.; YAEGASHI, H.; et al. Factors Related to suppression of leaf blast disease with a multiline of Rice cultivar Sasanishiki and its isogenic lines. **Revista Anual de Fitopatologia**. v. 62, p. 360-364, 1996 b.
- NUTSUGAH, S. K.; TWUMASI, J.; CHIPILI, Y. SERÉ.; et al. Diversity of the Rice blast pathogen populations in Ghana and strategies for resistance management. **Plant Pathology Journal**. v. 7, n.1, p. 109-113, 2008.
- OU, S. H. Fungus diseases – Foliage Diseases. In: **Rice diseases**. England. 1 ed. p. 97-184, 1972.
- OU. S. H. Pathogen variability and host resistance in rice blast disease. **Annual Review of Phytopathology**. v. 18, p. 167-187, 1980.
- OU, S. H. **Rice Diseases**. 2ªEdição. Kew. Commonwealth Mycological Institute. p. 379, 1985.
- PASCHOLATI, S. F. Fitopatógenos: Fitotoxinas e Hormônios. In: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. **Manual de Fitopatologia**. Ed. 3. Agronômica Ceres. São Paulo. p. 365-392, 1995.

- PASCHOLATTI, S. F.; LEITE, B. Hospedeiro: mecanismos de resistência. In: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIN, L. **Manual de Fitopatologia**. São Paulo: Agronômica Ceres. p. 417-453, 1995.
- PRABHU, A. S.; FARIA, J. C.; CARVALHO, J. R. P. Efeito da brusone sobre a matéria seca. produção de grãos e seus componentes em arroz de sequeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 21, n. 5, p. 495-500, 1986.
- PRABHU, A. S.; BEBENDO, I. P.; FILLIP, M. C. C. **Principais doenças do arroz no Brasil**. 3 ed. Goiânia: CNPAF/EMBRAPA. (Documentos. 2). p. 43, 1995.
- PRABHU, A. S.; FILIPPI, M. C. Graus de resistência a brusone e produtividade de cultivares melhoradas de arroz de terras altas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 36, n. 12, p. 1453-1459, 2001.
- PRABHU, A. S.; ARAÚJO, L. G.; FAUSTINA, C.; et al. 2003. Estimativa de danos causados pela brusone na produtividade de arroz de terras altas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 38, n. 9, p. 1045-1051, 2003.
- PHABHU, A. S.; FILLIPI, M. C. C.; RIBEIRO, A. S. Doenças e seu controle. In: SANTOS, A. B.; STONE, L. F.; VIEIRA, N. R. A. **A Cultura do Arroz no Brasil** (2º ed.). EMBRAPA/CNPAF. Santo Antônio – GO. p. 561-590, 2006.
- PRABHU, A. S.; FILLIP, M. C. C. Brusone em arroz: controle genético. progresso e perspectivas. Embrapa Arroz e feijão. Santo Antônio de Goiás. GO. p. 388, 2006.
- PRADHANANG, P. M. STHAPIT, B. R. Effect of cultivar mixtures on yellow rust incidence and grain yield of barley in the hills of Nepal. **Crop Protection**. v. 14, n. 4, p. 331-334, 1995.
- PUCHIO, A. F.; MUCHOVEJ, J. J. O gênero *Pyricularia* e seus teleomorfos. LUZ, W. C.; FERNANDES, J. M.; PRESTES, A. M.; et al. **RAAP**. v. 2, p. 175-208, 1994.
- RANGEL, P. H. N.; ZIMMERMANN, F. J. P.; NEVES, P.C.F. Decresce en Brasil el rendimiento del Arroz de Riego. Arroz em las Américas. **Cali**. v. 13, n. 1, p. 2-4, 1992.
- SANTOS, G. R.; KORNDÖRFER, G. H.; REIS FILHO, J. C. D.; et al. Adubação com silício: influência sobre as principais doenças e sobre a produtividade do arroz irrigado por inundação. **Revista Ceres**. v. 50, p.1-8, 2003.
- SANTOS, G. R.; RANGEL, P. H. N.; SANTIAGO, C. M.; et al. Reação a doenças e caracteres agronômicos de genótipos de arroz de várzeas no estado do Tocantins. **Revista Agropecuária Técnica**. v. 26, n. 1, p.41-45, 2005.
- SANTOS, A. B.; RABELO, R. R. **Informações Técnicas para a Cultura do Arroz Irrigado no Estado do Tocantins**. EMBRAPA/ CNPAF. Documento 218. 1º ed. Santo Antônio de Goiás-GO. p. 135, 2008.

SESTER, M.; RABOIN, L. M.; RAMANANTSOANIRINA, A.; et al. Q.36-Toward an integrated strategy to limit blast disease in upland rice. In: **ENDURE International Conference**. p. 12-15, 2008.

SILVA, G. B.; PRABHU, A. S. Quantificação de conídios de *Pyricularia grisea* no Plantio Direto e Convencional de Arroz de Terra Altas. **Fitopatologia Brasileira**. v. 30, n. 6, 2005.

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

URASHIMA, A. S.; LEITE, S. F.; GALBIERI, R. Eficiência da disseminação aérea em *Pyricularia grisea*. **Summa Phytopathologica**. v. 33, n. 3, p. 275-279, 2007.

VALENT, B. Plant disease: Underground life for rice foe. **Nature**. v. 431, p. 516-517, 2004.

VIEIRA, L. M. ARROZ – Informativo **Agropecuário. Situação da produção, do mercado e perspectivas**. 2009. Disponível em: http://cepa.epagri.sc.gov.br/Informativos_agropecuarios/arroz/arroz_20.03.09.html. Acesso em 19/10/2009.

XU, J. R.; XUE, C. Time for a blast: genomics of *Magnaporthe grisea*. **Molecular Plant Pathology**. v. 3, n. 3, p. 173-176, 2002.

ZHU, Y.; CHEN, H.; FAN, J.; et al. Genetic diversity and disease control in rice. **Nature**. v. 406, p.718-722, 2000.

WANG, Z.; MacKILL, D. J.; BONMANN, J. M. Inheritance of partial resistance to blast in indica rice cultivars. **Crop Science**. v. 29, p. 848-853, 1989.

WOLFE, M. S. The current status and prospects of multiline cultivars and variety mixtures for disease resistance. **Annual Review of Phytopathology**. v. 23, p. 251–273, 1985.

WOLFE, M. S. Crop strength through diversity. **Nature**. v. 406, p. 681-682, 2000.

CAPÍTULO I

**Caracterização agronômica e fenológica
de genótipos de arroz irrigado para
determinação de mistura varietal**

RESUMO

Este trabalho objetivou identificar genótipos semelhantes quanto à características agronômicas e fenológicas para a formação de uma mistura varietal. O experimento foi realizado no campus de Gurupi, Universidade Federal do Tocantins. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC) com três repetições. Os tratamentos consistiram de 37 genótipos de arroz irrigado. As características avaliadas foram germinação, floração, altura da planta, peso das panículas, comprimento das panículas, peso de 100 grãos, forma do grão, classe do grão, presença da arista e cor das glumelas. Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias avaliadas pelo teste de agrupamento de Scott Knot, ao nível de 5 % de probabilidade e análise multivariada. Evidenciou-se diferença significativa para a maioria das características estudadas, indicando variabilidade entre os genótipos. O genótipo Irri 344 chegou a floração aos 74 dias após o plantio, seguido dos cultivares Javaé e Irga 417 com 79 dias. O genótipo Eloni e o Mutante Multiespigueta da Embrapa foram os que apresentaram o ciclo mais tardio. Os genótipos com maior altura foram: Tetep com 131,3 cm e o Basmati com 128,3 cm. Para a classe do grão a maioria dos genótipos foi classificada como longo fino. Na análise multivariada houve a formação de 7 grupos. A floração foi à característica que mais influenciou na determinação dos grupos, exceto para o grupo 1 composto pelos genótipos Tetep e Basmati, que se distanciaram também em relação à altura. Os genótipos CNAI 5287, CNAI 9930 e Irri 344 não foram incluídos em nenhuma dos grupos, sendo a característica classe de grãos que determinou a maior dissimilaridade em relação aos demais grupos.

Palavras-chave: *Oryza sativa*, descritores morfológicos, brusone, mistura de cultivares.

ABSTRACT

Agronomic and phenolic characterization of irrigated rice genotypes to determine variety mixture.

This work's objective was to identify similar genotypes within agronomic and phenolic characteristics to form a variety mixture. The experiment was performed at Federal University of Tocantins at Gurupi (Universidade Federal do Tocantins, Gurupi). The factorial scheme used was entirely random (DIC - Delineamento inteiramente casualizado), with three repetitions. The experiments consisted of 37 irrigated rice genotypes. The evaluated characteristics were: germination, flowering, plant height, panicle weight, panicle length, 100 grain weight, grain form, grain class, arista presence, and husk color. The results were submitted to variance analysis and the averages were evaluated by Scott Knot grouping test at 5% probability and multivariety analysis. There was evidence of considerable difference on the majority of studied characteristics, thus indicating variety among genotypes. Genotype Irri 344 reached flowering at 74 days after sowing, followed by genotypes Javaé and Irga 417 with 79 days. The genotype Eloni, and Mutante were in the latest cycle. The tallest genotypes were: Tetep with 131.3 cm (51.7 inches); and Basmati 128,3 (50.5 inches) The majority of genotypes were classified as long-fine. On the multivariety analysis, seven groups were arranged. Flowering was the most

influencing characteristic in grain determination, except for group one (1) which was composed by Tetep and Basmati genotypes, which were also separated by eight. Genotypes CNAI 5287, CNAI 9930 and Irri 344 were not included in any group, because their grain characteristics displayed higher dissimilarity in relationship to the other groups. **Keyword:** *Oryza sativa*, morphologic describers, rice blast, genotype mixture.

INTRODUÇÃO

Dentre as culturas de importância social e econômica no Brasil, o arroz ocupa lugar de destaque, representando de 15 a 20% do total de grãos colhidos no país (AZAMBUJA et al., 2004). O aumento crescente de seu consumo impõe aos setores produtivos a busca de novas técnicas que possam aumentar a produção. Cultivado e consumido em todos os continentes, o arroz destaca-se pela produção e área de cultivo, desempenhando papel estratégico tanto no aspecto econômico quanto social (EMBRAPA, 2005). Atualmente está entre as culturas mais plantadas e consumidas, sendo considerada a base da alimentação da maior parte da população mundial (VAUGHAN et al., 2005).

Um dos graves problemas para a manutenção da produtividade do arroz está na suscetibilidade dos genótipos atualmente em uso à doença brusone, causada pelo fungo *Magnaporthe oryzae*.

Atualmente, novas técnicas estão sendo estudadas para que haja redução da doença, entre elas o uso de mistura varietal. De acordo com Zhu et al. (2000), o uso da mistura varietal ou variedades compostas poderá ser uma das estratégias utilizadas para a obtenção de resistência estável à brusone. Consiste no plantio de uma mistura de sementes de duas ou mais cultivares com características agrônomicas compatível, principalmente para o ciclo, altura de plantas e arquitetura da planta, mas cada uma portando um alelo diferente que condiciona resistência a uma determinada raça do patógeno prevalente na região. Observações feitas demonstram que a heterogeneidade genética pode reduzir satisfatoriamente a ocorrência de doenças em grandes áreas de cultivo.

A mistura varietal é mais rápida e mais barata para se formular e modificar do que as multilinhas, que são definidas como mistura de linhas geneticamente e fenotipicamente uniformes de uma mesma espécie, que diferem apenas no nível de resistência para a doença (CASTRO, 2001).

Quando a mistura varietal é destinada à agricultura mecanizada, algum grau de uniformidade fenotípica é desejado, para facilitar as práticas de colheita. No entanto, quando é para a agricultura de subsistência os genótipos poderiam ser fenotipicamente diferentes, já que o pequeno produtor geralmente realiza a sua colheita manualmente. Segundo Zhu et al. (2005), a utilização de genótipos com fenótipos diferentes ajuda a circulação do ar, a penetração mais direta da luz solar, reduzindo então a umidade das panículas dos materiais suscetíveis e como consequência à redução dos níveis de severidade da brusone das panículas.

No Tocantins, há uma rápida quebra da resistência dos genótipos lançados, isso ocorre devido à grande quantidade de raças existentes, fazendo com que, medidas de controle tradicionais como o uso do controle químico se torne ineficaz.

Considerando a importância econômica do arroz no Estado do Tocantins e a dificuldade de manter o controle da brusone nas lavouras de arroz, objetivou-se agrupar genótipos semelhantes quanto à características agrônomicas e fenológicas para a formação de mistura varietal.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação no Campus de Gurupi, na Universidade Federal do Tocantins, no período compreendido entre Janeiro a Maio de 2009. O plantio das sementes foi feito em vaso com capacidade para cinco litros de substrato (Anexo 1). O substrato utilizado foi uma mistura do substrato comercial PLANTMAX, solo, terra preta e esterco bovino numa proporção 1:1:1:1. A adubação foi de 50 g por vaso de NPK da fórmula 5-25-15. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente ao acaso (DIC) com três repetições, sendo semeadas 12 sementes por vaso.

Foram utilizados os genótipos comerciais de arroz irrigado Mutante; BRS Formoso; BRS Diamante; CNA 8502; Javaé; Metica 1; BRS Alvorada; BRS Guará; BRS Jaçanã, BRS Fronteira; BRS Ouro Minas; BRS Jaburu; BRS Biguá; BRS Taim; BRS Pelotas; CNAI 9930; Epagri 109; Irga 409; Irga 417; Cica 8; Bg 90-2; Ir 36; Irri 344; Oryzica 1; Oryzica Lhanos 4; Oryzica Lhanos 5; BRS Colômbia; Basmati; Eloni; Ir 34; Tetep; Cica 7; Cica 9; Epagri 114; Best; CNAI 9022 e CNAI 5287. A irrigação foi feita manualmente, durante todo o ciclo da cultura de modo a deixar uma lâmina constante de água. A colheita

foi realizada manualmente, cortando-se as panículas abaixo do nó do pescoço e acondicionando-as em saquinhos de papel. A secagem das sementes foi realizada ao sol.

As características foram descritas de acordo com os descritores mínimos estabelecidos pelo SNPC (Sistema Nacional de Proteção a Cultivar) do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) (BRASIL, 1997) e indicados pelo International Rice Institute (1980), com inclusões e alterações segundo Fonseca et al. (2004). As características avaliadas foram:

-Germinação das sementes: (dias transcorridos da sementeira até a emissão da plântula);

-Altura de plantas (distância em centímetros medida da superfície do solo até a extremidade da folha mais alta);

Floração: (dias transcorridos da germinação até a emissão de 50% de panículas);

-Peso de panículas (peso em gramas de 5 panículas);

-Comprimento de panículas: (distância em centímetros da base da panícula até a ponta da última espiguetta, classificada em 1- pequena (< 22 cm), média (entre 22 e 26 cm) e grande (> 26 cm);

-Peso de 100 grãos em g;

-Forma do grão: classificado com base na relação comprimento/ largura: 1- arredondada (C/L menor que 1,5); 2- semi arredondada (C/L entre 1,5 e 2); 3- meio alongada (C/L entre 2,01 e 2,75); 4- alongada (C/L entre 2,76 e 3,5); 5- muito alongada (C/L maior que 3,5);

-Classe do grão: 1- longo – fino (comprimento maior ou igual a 6 mm, espessura menor ou igual a 1,9 mm e C/l maior ou igual a 2,75 mm); 2- longo (comprimento maior ou igual a 6 mm); 3- médio (comprimento entre 5 e 6 mm) e 4- curto (comprimento menor que 5 mm);

-Presença da arista: (classificada em 1- ausente/muito curta; 2- curta; 3- média; 4- longa e 5- muito longa) e

-Cor das glumelas: (determinada mediante escala: 1- amarelo-palha; 2- dourada; 3- manchas-marrons; 4- estrias-marrons; 5- marrom; 6- avermelhada; 7- manchas púrpuras; 8- estrias púrpuras; 9- púrpura; 10- preta.

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias submetidas ao teste de Scott Knot ao nível de 5 % de probabilidade. Para os dados de altura de plantas, floração e classe de grão foi aplicado a análise de componentes principais e o método de agrupamento hierárquico utilizando a distância generalizada de Mahalanobis com o auxílio do software MATLAB 7,0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a análise estatística foi evidenciada diferença significativa para a maioria das características estudadas, indicando variabilidade entre os genótipos (Tabela 1). Os genótipos BRS Formoso, Guará, BRS Ouro minas, BRS Biguá, CNAI 9930, Cica 7 e Cica 9 apresentaram a germinação mais rápida de 2 dias, enquanto o genótipo Eloni apresentou a germinação mais lenta com 7 dias. A variação na germinação de sementes de arroz pode ser influenciada pelas condições ambientais, profundidade na qual a semente foi depositada, bem como pela presença de fungos associados ou dormência que pode ser causada por colheita prematura dos grãos.

Nesta pesquisa destacam-se como os mais precoces o genótipo Irri 344 que atingiu a floração plena aos 74 dias após o plantio, seguido dos cultivares Javaé e Irga 417 com 79 dias. O genótipo Eloni e o Mutante foram os que apresentaram maior tempo para atingir o estágio de 50% de panículas de 100 dias, o que pode ser explicado pela germinação mais demorada no caso do genótipo Eloni. Acredita-se que, durante a condução do experimento, o ciclo dos genótipos foi acelerado, devido à alta temperatura durante o dia na casa-de-vegetação, além da alternância de períodos ensolarados e chuvosos, juntamente com o estresse causados nas raízes em decorrência do plantio ter sido realizado em vaso. A data de floração varia de uma região para outra, em função do fotoperíodo e da temperatura. Geralmente, estresses hídricos e nutricionais, afetam o ciclo natural das plantas (BRESEGHELLO et al., 1998).

Os genótipos com maior altura foram Tetep e Basmati com 131,3 cm e 128,3 cm (Tabela 1), sendo que, quatro genótipos tiveram sua altura classificada como alta (entre 1,21 a 1,50 m) e 26 genótipos tem altura média (entre 1,00 à 1,20 m). Costa et al. (2000), encontraram valores inferiores de altura para os genótipos Irga 409 (89 cm), Javaé (57 cm), Metica 1 (80 cm) e Diamante (76 cm) quando comparados com os resultados deste trabalho. Fonseca et al. (2006), avaliando a altura do genótipo BRS Fronteira encontraram valores de 106,9 cm. Para o comprimento de panículas encontrou valores entre 22,5 a 26,5 cm e arista que os autores denominaram de micro-arista e cor das glumelas amarelo-palha, próximos aos encontrados neste trabalho para este genótipo. Segundo Fonseca et al.

(2002), a altura da planta é influenciada pelo ambiente e em determinadas circunstâncias pela quantidade de nitrogênio aplicado. As maiores alturas encontrados neste trabalho em comparação a outros pode estar relacionado ao fato dos genótipos terem sido plantados em substrato composto com alto nível de matéria orgânica, pela presença de esterco bovino, terra preta e substrato comercial PLANTMAX, o que melhora a qualidade do solo e disponibilidade de nutrientes para as plantas.

Para o formato do grão, 30 genótipos foram classificados como alongados, quatro genótipos como meio alongado e 3 genótipos como muito alongado. Quanto à classe do grão, 34 genótipos foram classificados em longo fino, dois em grão longo e um como médio. A similaridade da maioria dos genótipos para estas características é benéfica, pois cumpre um dos requisitos básico para se compor um mistura de cultivares (Tabela 1).

Quanto à presença da arista, um segmento filamentosos que ocorre no ápice do grão, 24 genótipos apresentaram classificação 1, sendo ausente ou muito curta, 13 genótipos apresentaram aristas que variaram de curta a muito longa (Tabela 1). No caso da arista, apesar de ser um caráter monogênico de alta herdabilidade, pode ter o comprimento alterado pelas condições ambientais, principalmente pela fertilidade do solo e densidade de plantio utilizada (FONSECA et al., 2004).

O genótipo Colômbia foi o que apresentou a menor massa dos grãos de 1,75 g, os maiores valores variaram de 3,15 a 3,19 g (Tabela 1). Costa et al. (2000) encontraram valores de 2,59 g; 2,19 g e 2,07 g para os cultivares IRGA 409, Metica 1 e Diamante. O genótipo Colômbia e o Ir 34 apresentaram cor das glumelas diferentes dos demais genótipos sendo dourado e presenças de manchas marrons.

Tabela 1 – Valores de Germinação (G), Floração (FLO), Altura da planta em cm (ALT), Peso de panículas em g (PP), Comprimento de panículas em cm (CP), Formato do grão (FG), Arista (Ari), Peso de 100 grãos em g (P100G), Classe de grão (CG¹) e Cor das glumelas (CG²) de genótipos de arroz em Gurupi – To em 2009

GENÓTIPOS	G	FLO	ALT	PP	CP	FG*	CG ¹	Ari*	P100G	CG ²
1- Mutante	4,66 a	100,0 a	96,16 d	13,41 b	21,13 b	4	1	1	2,79 c	1
2- BRS Formoso	2,00 b	83,66 b	101,3 d	13,43 b	24,31 a	4	1	1	2,86 c	1
3- Diamante	3,33 b	87,00 b	99,50 d	11,83 b	21,09 b	4	1	1	2,78 c	1
4- CNA 8502	4,66 a	81,00 b	104,3 c	12,46 b	21,96 b	4	1	1	2,60 d	1
5- Javaé	6,00 a	79,66 b	104,5 c	8,50 b	20,43 b	4	1	1	2,56 d	1
6- Metica 1	6,00 a	92,33 a	95,16 d	13,36 b	21,13 b	4	1	5	2,68 c	1
7- BRS Alvorada	3,33 b	89,00 b	106,1 c	12,97 b	22,00 b	4	1	5	2,82 c	1
8- BRS Guará	2,00 b	91,33 a	114,3 b	21,38 a	23,20 a	4	1	1	2,85 c	1
9- BRS Jaçanã	4,66 a	84,33 b	100,1 d	13,11 b	22,30 b	4	1	1	2,74 c	1
10- BRS Fronteira	5,33 a	85,33 b	109,3 c	16,06 a	24,12 b	4	1	1	2,83 c	1
11- Ouro minas	2,00 b	88,00 b	107,8 c	13,20 b	23,35 a	4	1	1	3,03 b	1
12- BRS Jaburu	6,00 a	88,66 b	111,3 b	15,84 a	26,28 a	4	1	4	2,88 c	1
13- BRS Biguá	2,00 b	88,66 b	124,6 a	15,06 a	24,07 a	4	1	1	2,80 c	1
14- BRS Taim	4,66 a	83,00 b	112,5 b	16,51 a	21,68 b	4	1	1	2,58 d	1
15- BRS Pelotas	3,33 b	81,66 b	106,3 c	13,35 b	24,94 a	5	1	2	2,67 c	1
16- CNAI 9930	2,00 b	88,66 b	101,1 d	16,74 a	24,21 a	3	2	3	3,19 a	1
17- Epagri 109	5,33 a	92,66 a	103,6 c	15,02 a	23,07 a	4	1	1	2,91 c	1
18- Irga 409	3,33 b	84,33 b	108,5 c	14,37 a	23,74 a	4	1	2	2,75 c	1
19- Irga 417	6,00 a	79,00 b	101,6 d	12,30 b	22,20 b	5	1	2	2,63 d	1
20- Cica 8	5,33 a	90,66 a	113,0 b	17,34 a	22,53 a	4	1	1	2,52 d	1
21- Bg 90-2	5,33 a	88,00 b	109,8 c	17,16 a	22,83 a	4	1	1	3,15 a	1
22- Ir 36	4,66 a	80,66 b	91,50 d	11,52 b	18,78 c	4	1	1	2,31 e	1
23- Irri 344	3,33 b	74,00 b	105,7 c	14,10 b	18,91 c	3	3	1	2,63 d	1
24- Oryzica 1	4,00 b	90,33 a	96,60 d	12,92 b	16,69 c	5	1	1	2,87 c	1
25- Oryzica Lhanos 4	4,00 b	87,66 b	104,3 d	13,29 b	22,76 a	4	1	3	2,52 d	1
26- Oryzica Lyanos 5	4,66 a	93,66 a	101,1 d	14,91 a	25,15 a	4	1	1	2,86 c	1
27- Colômbia	5,33 a	96,00 a	113,6 b	17,06 a	22,96 a	4	1	2	1,75 f	2
28- Basmati	6,00 a	96,00 a	128,3 a	9,68 b	23,36 a	4	1	3	2,29 e	1
29- Eloni	7,66 a	100,0 a	94,50 d	14,68 a	21,67 b	4	1	1	2,82 c	1
30- Ir 34	2,00 b	93,66 a	99,50 d	14,86 a	21,10 b	4	1	1	2,45 e	3
31- Tetep	6,00 a	98,33 a	131,3 a	7,84 b	21,65 b	3	1	1	2,25 e	1
32- Cica 7	2,00 b	85,00 b	109,3 c	11,28 b	23,13 a	4	1	2	2,87 c	1
33- Cica 9	2,00 b	86,33 b	113,0 b	15,61 a	25,62 a	4	1	1	2,99 b	1
34- Epagri 114	3,33 b	92,66 a	105,0 c	17,82 a	24,48 a	4	1	1	2,94 c	1
35- Best	2,66 b	85,00 b	105,6 c	17,74 a	23,08 a	4	1	3	2,53 d	1
36- CNAI 9022	2,66 b	85,66 b	103,1 c	13,45 b	22,90 a	4	1	5	2,86 c	1
37- CNAI 5287	4,00 b	89,33 b	120,2 b	16,77 a	18,71 c	3	2	1	3,16 a	1
CV%	54,58	5,74	4,69	17,79	6,71				3,40	
Média	4,10	88,16	106,78	14,24	22,55				2,72	

*Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna não difere estatisticamente pelo teste de Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade.

Em estudos de caracterização fenológica de genótipos de arroz irrigado: BRS Biguá, BRS Jaburu, BRS Formoso, BRS Ouro minas, Javaé, Metica 1 e Diamante, Fonseca et al. (2002), encontraram maiores valores para a floração, em geral menores valores para

altura de plantas, valores próximos para o comprimento de panículas e as mesmas considerações sobre a arista, quando comparado com este trabalho. Dentre os cultivares recomendados para plantio nas condições do estado do Tocantins estão BRS Alvorada, BRS Biguá, BRS Formoso, BRS Jaburu, Javaé e Metica 1 (MORAIS et al., 2006), principalmente devido a excelente produtividade.

De acordo com o dendrograma (Figura 1), observou-se a formação de sete grupos. O ciclo ou floração foi a característica que mais influenciou na definição dos grupos, exceto para o primeiro grupo que foi influenciado também pela altura. A classe dos grãos é igual para 34 genótipos, exceto para os genótipos CNAI 5287, CNAI 9930 e Irri 344. De cima para baixo o grupo 1 foi formado pelos genótipos Tetep e Basmati, se diferenciou dos demais devido os genótipos apresentarem as maiores alturas e floração semelhante. O grupo 2 foi formado pelos genótipos Oryzica Lhanos 5, Ir 34, Epagri 109, Epagri 114, Metica-1 e Oryzica 1 com a floração entre 92 – 93 dias. O grupo 3 foi formado pelos genótipos BRS Javaé e Irga 417 com floração de 79 dias e CNA 8502 e Pelotas com floração de 81 dias.

O grupo 4 foi formado pelos genótipos BRS Guará e Cica 8. O grupo 5 foi formado pelos genótipos Best, CNAI 9022, BRS Fronteira, Cica, Irga 409, Cica 9, BRS Formoso e BRS Jaçanã. Este grupo apresenta os genótipos com dados de alturas intermediários dentre os demais grupos, no entanto a floração está abaixo da média, sendo que os genótipos BRS Fronteira e Cica 7 foram os que tiveram a menor dissimilaridade. O grupo 6 formado pelos genótipos Ouro minas, Bg-90-2, BRS Jaburu, Oryzica Lhanos 4, BRS Alvorada, BRS Diamante e Taim. Este grupo apresenta os genótipos com alturas um pouco superiores a média geral de todos os genótipos, no entanto a floração apresenta valores intermediários em relação aos demais genótipos.

O grupo 7 foi formado pelos genótipos Mutante e Eloni, apresentando dissimilaridade baixa, provavelmente o que definiu este grupo foi a floração mais tardia em relação aos demais genótipos. Ambos necessitaram de 100 dias para que emitissem 50% de panículas. Os genótipos Ir 36, Biguá, Colômbia, CNAI 5287, CNAI 9930 e Irri 344 não se inseriram em nenhum dos grupos. O genótipo Ir 36 teve uma floração baixa entre os demais genótipos, de 80 dias. O genótipo Biguá poderia integrar o grupo 6, mas a altura de 124,6 cm não condiz com as alturas dos genótipos que compõem este grupo. O genótipo Colômbia não foi inserido no grupo 1 devido a sua altura.

Os genótipos CNAI 5287 e CNAI 9930 pertencem à classe de grão longo. Enquanto que a maior amplitude de diversidade genética entre o genótipo Irri 344 em relação aos

demais foi exclusivamente por este material pertencer á classe de grão médio e ser o mais precoce em relação à floração com 74 dias. Estas características impedem que este genótipo possa constituir uma mistura de cultivares, onde a semelhança para as características agronômicas são requeridas. Cargnin e Souza (2007), analisando a diversidade genética de 25 genótipos de arroz de terras altas por meio da análise multivariada obtiveram a formação de nove grupos baseado em características agronômicas.

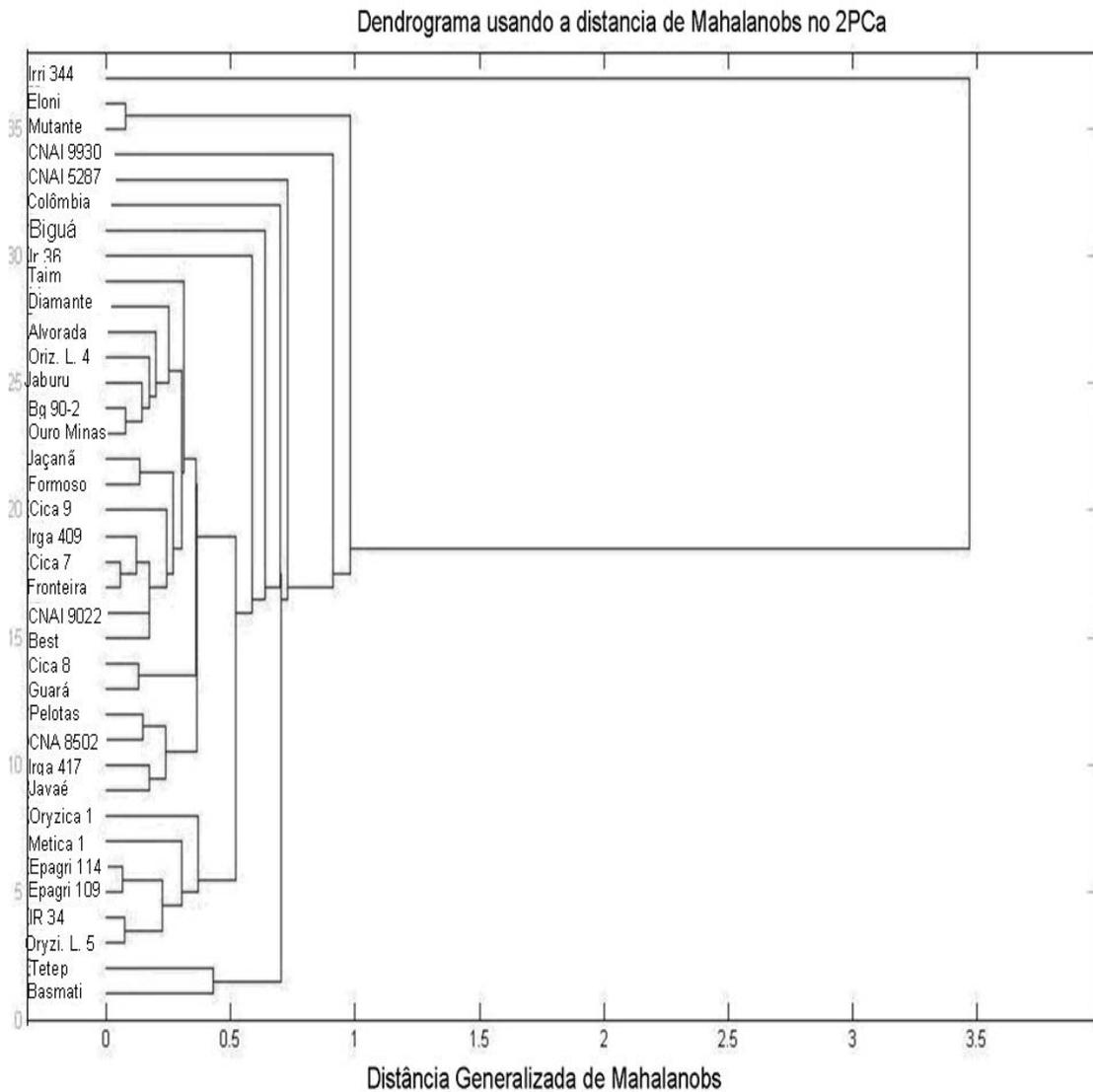


Figura 1 – Dendrograma representativo da dissimilaridade genética entre 37 genótipos de arroz irrigado, em Gurupi-TO, 2009, obtidos pela técnica do vizinho mais próximo, utilizando a distância generalizada de Mahalanobis como medida de dissimilaridade.

A mistura varietal define-se basicamente em uma mistura de diferentes genótipos de arroz. Torna-se se necessário que os componentes de uma mistura sejam semelhantes

para algumas características fenológicas, sendo as principais altura da planta, floração e qualidade do grão (ZHU et al., 2000; CASTRO, 2001). Estes requisitos mínimos são necessários para uniformizar a lavoura e evitar diferenças muito contrastantes na hora da maturação e a colheita, facilitando dessa forma o trabalho dos produtores, sejam eles de pequena tecnologia ou não.

A dispersão gráfica dos escores revelou que os genótipos mais distanciados em relação aos demais para a classe dos grãos foram os genótipos 23 (Irri 344), 37 (CNAI 5287) e o 16 (CNAI 9930), (Figura 2). Estes resultados concordam com os obtidos no dendrograma, portanto, confiáveis na identificação de grupos de genótipos de arroz, no sentido de orientar a formação de uma mistura de cultivares levando-se em consideração a altura, floração e classe de grãos. Vários trabalhos com análise de agrupamento foram realizados com intuito de verificar a diversidade genética em genótipos, tais como: Bertan et al. (2006), em trigo, Rodrigues et al. (2002) e Moreira et al.(2009), em feijão e Pelúzio et al. (2009), em soja.

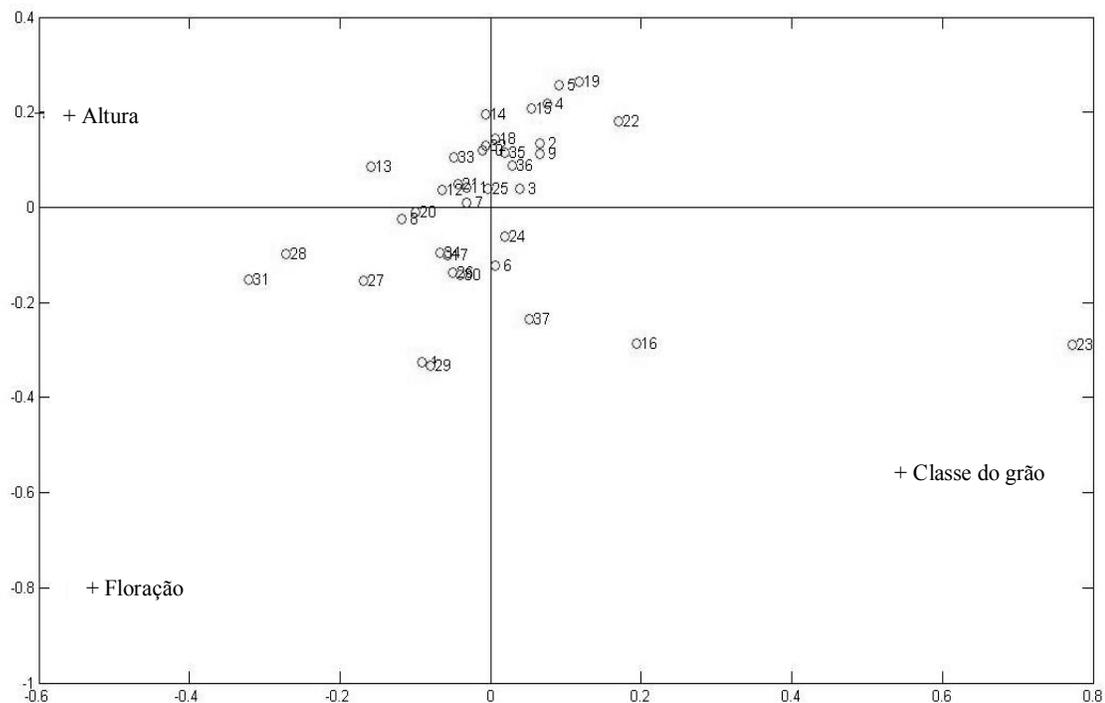


Figura 2- Dispersão gráfica dos escores de 37 genótipos de arroz, em relação às variáveis: classe do grão, floração e altura, 2009.

Genótipos: 1- Mutante da Embrapa; 2- BRS Formoso; 3- Diamante; 4- CNA 8502; 5- Javaé; 6- Metica 1; 7- BRS Alvorada; 8- BRS Guará; 9- BRS Jaçanã; 10- BRS Fronteira; 11- BRS Ouro minas; 12- BRS Jaburu; 13- BRS Biguá; 14- BRS Taim; 15- BRS Pelotas; 16- CNAI 9930; 17- Epagri 109; 18- Irga 409; 19- Irga 417; 20- Cica 8; 21- Bg 90-2; 22- Ir 36; 23- Irri 344; 24- Oryzica 1; 25- Oryzica Lyanos 4; 26- Oryzica Lhanos 5; 27- Colômbia; 28- Basmati; 29- Eloni; 30- Ir 34; 31- Tetep; 32- Cica 7; 33- Cica 9; 34- Epagri 114; 35- Best; 36- CNAI 9022; 37- CNA 5287.

De acordo com os resultados obtidos da análise multivariada, pode-se inferir através dos grupos formados a composição de uma mistura varietal. Entretanto, para que o sucesso dessa mistura seja efetivo, é necessário testar os componentes escolhidos em diferentes proporções e combinações nas condições de campo, em vários locais e anos para que se observe a interação.

Como citado anteriormente, a escolha dos genótipos não deve ser baseada somente nas características agronômicas, mas, deve-se também levar em consideração a resposta de resistência diferencial dos genótipos às principais raças do fungo *M. oryzae*.

CONCLUSÃO

Os genótipos foram divergentes quanto aos caracteres altura de plantas e floração.

Houve a formação de sete grupos, sendo a floração a característica que mais influenciou na formação dos grupos.

Podem-se utilizar todos os componentes para compor uma mistura, desde que estes pertençam ao mesmo grupo. No entanto, é necessário que a escolha dos genótipos para compor a mistura de cultivares tenha além de características agronômicas semelhantes, resistência diferencial às raças do fungo *M. oryzae*.

LITERATURA CITADA

AZAMBUJA, I. H. V.; VERNETTI JUNIOR, F. J.; MAGALHÃES JUNIOR, A. M. Aspectos socioeconômicos da produção de arroz. In: GOMES, A. S.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. M. (Ed.). **Arroz irrigado no sul do Brasil**. Embrapa, Brasília, p. 23-44, 2004.

BERTAN, I.; CARVALHO, F. I. F.; OLIVEIRA, A. C.; SILVA, J. A. G.; et al. Dissimilaridade genética entre genótipos de trigo avaliados em cultivo hidropônico sob estresse por alumínio. **Bragantia**. v. 65, n.1, p.55-63, 2006.

BRASIL. Decreto nº 2.366, de 5 de novembro de 1997. Regulamenta a lei nº 9.456, de 25 de abril de 1997, que institui a proteção de cultivares, dispõe sobre o Serviço Nacional de Proteção de Cultivares – SNPC, e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 7. Seção 1, p. 25342– 25343, nov. 1997.

BRESEGHELLO, F.; CASTRO, E. M.; MORAIS, O. P. Cultivares de arroz. In: BRESEGHELLO, F.; STONE, L. F. (Ed.). **Tecnologia para o arroz de terras altas**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, p. 41- 53, 1998.

CARGNIN, A.; SOUZA, M. A. **Diversidade genética em cultivares de arroz**. Planaltina: Distrito Federal. (Embrapa Cerrados, documentos 196), p. 16, 2007.

CASTRO, A. 2001. Cultivar Mixtures. *The Plant Health Instructor*. DOI: 10.1094/PHI-A-2001-1230-01.). Disponível em: http://www.apsnet.org/Education/AdvancedPlantPath/Topics/cultivarmixtures/what_is_pg1.htm. Acesso em: 2009

COSTA, E. G. C.; SANTOS, A. B.; ZIMMERMANN, F. J. P. Características agronômicas da cultura principal e da Soca de arroz irrigado. **Ciência Agrotécnica**. v. 24 (Edição Especial), p.15-24, 2000.

EMBRAPA- Embrapa clima temperado. **Cultivo de arroz irrigado no Brasil**. Sistemas de produção, 3 ISSN 1806-9207 versão eletrônica. Nov 2005. disponível em <<http://www.cpaact.embrapa.br/sistemas/arroz/autores.htm>, acesso em: 08/ 08/2008.

FONSECA, J. R.; CUTRIM, V. A.; RANGEL, P. H. N. **Descritores Morfo Agronômicos e Fenológicos de Cultivares Comerciais de Arroz de Várzeas**. Santo Antônio de Goiás: (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 141), p. 24, 2002.

FONSECA, J. R.; CASTRO, E. M.; MORAIS, O. P. **Descritores morfo agronômicos e fenológicos de cultivares comerciais de arroz (*Oryza sativa* L.) de terras altas**. Santo Antônio de Goiás: (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 162), p. 27, 2004.

FONSECA, J. R.; CASTRO, E. M.; MORAIS O. P. **Características Botânicas, Agronômicas e Fenológicas de Cultivares de Arroz de Terras Altas**. Santo Antônio de Goiás: (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 120), p. 4, 2006.

IRRI. **Catalog of descriptors for rice (*Oryza sativa* L.)**. Manila: IRRI: IBPGR, p.21, 1980.

MORAIS, O. P.; RANGEL, P. H. N.; FAGUNDES, P. R. R.; et al. Melhoramento genético. In: **A cultura do arroz no Brasil** (2º ed.). EMBRAPA/CNPAF, Santo Antônio – GO, p. 289-358, 2006

MOREIRA, R. M. P.; FERREIRA, J. M.; TAKAHASHI, L. S. A.; et al. Potencial agronômico e divergência genética entre genótipos de feijão-vagem de crescimento determinado. **Ciências Agrárias**, v. 30, suplemento 1, p. 1051-1060, 2009.

RODRIGUES, L. S.; ANTUNES, I. F.; TEIXEIRA, M. G.; et al. Divergência genética entre cultivares locais e cultivares melhoradas de feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 37, n. 9, p. 1275-1284, 2002.

PELUZIO, J. M.; VAZ-DE-MELO, A.; AFFÉRI, F. S.; et al. Variabilidade genética entre cultivares de soja, sob diferentes variações edafoclimáticas, na região centro-sul do estado do Tocantins. **Pesquisa Aplicada e Agrotecnologia**. v. 2, n.1, 2009.

VAUGHAN, D. A.; KADOWAKI, K.; KAGA, A.; et al. On the phylogeny and biogeography of the genus *Oryza*. **Breeding Science**. v. 55, p. 113-122, 2005.

ZHU, Y.; CHEN, H.; FAN, J. WANG, Y.; et al. Genetic diversity and disease control in rice. **Nature**. v. 406, p.718-722, 2000.

ZHU, Y. Y.; FANG, H.; WANG, Y.Y.; et al. Panicle blast and canopy moisture in rice cultivar mixtures. **Phytopathology**. v. 95, n. 04, p. 433-438, 2005.

ANEXO



Anexo 1: Fotos do experimento conduzido em vasos em casa de vegetação na Universidade Federal do Tocantins, ano 2009 para a determinação das características agrônômicas.

CAPÍTULO II

Avaliação da resistência de cultivares comerciais de arroz irrigado as raças de *Magnaporthe oryzae*

RESUMO

Atualmente, o conhecimento da resistência dos cultivares de arroz às principais raças de *Magnaporthe oryzae* torna-se necessário, para fornecer bases para o manejo da brusone, integrando entre outras medidas de controle novas estratégias, como a composição de uma mistura varietal. O estudo das raças fisiológicas que afetam os genótipos no campo e do seu padrão de virulência é importante para a incorporação da resistência. Desta forma, foram avaliados 37 genótipos de arroz irrigado com o objetivo de testar a virulência de dez raças de *M. oryzae* mais prevalentes no Estado do Tocantins. As plantas foram inoculadas aos 25 dias após a emergência com as dez raças prevalentes. A multiplicação dos esporos foi realizada em meio de cultura BDA, a partir dos isolados identificados. A virulência foi determinada utilizando-se uma escala visual de notas de 0 a 9. Existiram diferentes reações das raças nos genótipos de arroz irrigado avaliados. Não houve nenhuma raça capaz de infectar todos os genótipos, sendo que oito genótipos foram resistentes as dez raças inoculadas.

Palavras- chave: *Oryza sativa*, *Pyricularia oryzae*, resistência genética, brusone.

ABSTRACT

Evaluation of commercial genotypes of irrigated rice resistance to *Magnaporthe oryzae*.

Presently, the knowledge of rice genotypes' resistance to the main kinds of *Magnaporthe oryzae* causing rice blast, makes it a necessary to provide a base to control of blast disease by integrating a variety mixture composition as a new strategy among other means. The studying of physiologic kinds of fungus that affect rice genotypes on the field and on its pattern of virulence is important in developing resistance. In this way, 37 genotypes of irrigated rice were evaluated with the objective of testing the ten most prevailing races *M. oryzae* in Tocantins State. The plants were inoculated by the ten prevailing fungus species at 25 days after emerging. Spore multiplication was done on identified isolated spores using PDA culture (BDA). Virulence determination was done by using a visual note scale from 0 to 9. There were different plant genotype reactions to races inoculation. There was no races capable of infecting all studied rice genotypes for, eight genotypes were resistant to all the races inoculation.

Key-words: *Oryza sativa*, *Pyricularia oryzae*, genetic resistance, blast.

INTRODUÇÃO

Na cultura do arroz, a pesquisa com brusone vem sendo realizada de longa data e pelos mais diversos centros de pesquisas ao redor do mundo, inúmeras genótipos resistentes vem sendo criados. Mas a vida útil dos mesmos tem sido apenas de dois a três anos, pois novas raças do patógeno surgem capazes de quebrar essa resistência. Esse fato tem sido o grande objetivo de todas as pesquisas, ou seja, entender as causas para quebra da resistência desses genótipos em tão curto período (BRUNO e URASHIMA, 2001).

As informações sobre as características fenológicas dos genótipos melhorados, em relação ao grau de resistência, fornecem bases para o manejo da brusone, integrando outras medidas de controle. O conhecimento das raças de *Magnaporthe oryzae* que afetam os genótipos no campo e do seu padrão de virulência é importante para a incorporação da resistência nestes genótipos (PRABHU e FILLIPPI, 2001). O principal componente no manejo da brusone é a resistência genética, para alcançar os objetivos de uma agricultura sustentável e evitar a dependência de produtos químicos no seu controle (ARAÚJO e PRABHU, 2001).

Segundo Rangel et al. (2009), os programas de melhoramento genético de arroz não têm sido eficazes no desenvolvimento de genótipos com resistência estável ao *M. oryzae*. O fungo provoca na planta do arroz uma infecção sistêmica, conhecida como brusone, que afeta significativamente o desenvolvimento e a produtividade da planta de arroz, causando manchas e lesões nas folhas, panículas e grãos. A quebra da resistência à brusone nos genótipos de arroz irrigado verificada muito precocemente, é altamente indesejável, visto que o investimento de tempo, de recursos financeiros e de recursos humanos no desenvolvimento de uma nova cultivar é alto, geralmente necessitando de oito a dez anos de pesquisa, envolvendo milhões de reais, e dezenas de pesquisadores e técnicos. A doença constitui-se, portanto, em um dos mais importantes fatores limitantes ao plantio do arroz no Brasil. Para o agricultor, uma epidemia de brusone no campo onera os custos de produção de grãos em cerca de 15 a 18% e provoca significativas perdas de produtividade e qualidade do produto.

Atualmente no Brasil e no Estado do Tocantins, existem carências na literatura a respeito do conhecimento da diversidade de raças de *M. oryzae* em genótipos comerciais.

Desta forma, objetivou-se avaliar a resistência de genótipos comerciais de arroz irrigado às dez raças mais prevalentes do fungo *M. oryzae* no estado do Tocantins.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no ano de 2009, em casa de vegetação em ambiente controlado para 26°C, localizado nas coordenadas geográficas 11° 44' 46'' S e 49° 02' 59'' W e no Laboratório de Fitopatologia na Universidade Federal do Tocantins, município de Gurupi – Tocantins.

Semearam-se os seguintes genótipos de arroz irrigado: Mutante; BRS Formoso; BRS Diamante; CNA 8502; Javaé; BRS Metica; BRS Alvorada; BRS guará; BRS Jaçanã, BRS Fronteira; Ouro Minas; BRS Jaburu; BRS Biguá; BRS Taim; BRS Pelotas; CNAI 9930; Epagri; Irga 409; Irga 417; Cica 8; Bg 90-2; Ir 36; Irri 344; Oryzica 1; Oryzica Lhanos 4; Oryzica Lhanos 5; BRS Colômbia; Basmati; Eloni; Ir 34; Tetep; Cica 7; Cica 9; Epagri 114; Best; CNAI 9022 e CNA 5287. Os genótipos foram semeados em bandejas plásticas, medindo 45x30x10 cm, com 3,5 litros de substrato comercial. Em cada bandeja foram semeados oito genótipos em 8 linhas, nas quais foram plantadas 12 sementes por linha. Após o plantio, as bandejas foram mantidas na casa de vegetação. Não foi realizada adubação de plantio em função do tempo de permanência da cultura no substrato e dos teores de nutrientes apresentados em análise química: Ca, Mg, Al, H+Al apresentando 16.4, 10.1, 0.24, 10.1 cmol.dm^{-3} respectivamente; K 709.5 ppm e P 362 ppm, 10.7% de matéria orgânica e pH 5.2 em CaCl_2 . A adubação de cobertura foi realizada aos 15 dias após a emergência utilizando-se 4 g de uréia dissolvida em 100 ml de água por bandeja, com a finalidade de predispor as plantas ao ataque do fungo *M. oryzae*. Os isolados monospóricos utilizados foram obtidos de lavouras comerciais e de parcelas experimentais de arroz instaladas no Tocantins. As dez raças mais prevalentes utilizadas neste experimento foram: IA-1, IC-1, ID-1, IA-65, ID-9, IB-1, IA-33, IA-41, IB-33 e IB-41.

Simultaneamente à semeadura dos genótipos, iniciou-se no laboratório de Fitopatologia da Universidade Federal do Tocantins a multiplicação dos isolados monospóricos. Inicialmente, foram realizadas repicagens do micélio da placa matriz que antes estavam acondicionadas em freezer para placas de Petri contendo meio de cultura BDA. As placas foram vedadas com filme de PVC e acondicionadas em incubadora do

tipo B.O.D., com temperatura de 25°C. Aos 12 dias de crescimento as culturas foram submetidas a um estresse para indução da esporulação, onde o micélio superficial dos isolados foi raspado com alça de platina, as placas foram destampadas, cobertas com pano crepe e colocadas sob luz fluorescente contínua para induzir a esporulação abundante por 48 horas. A solução do inóculo foi preparado após o período da indução de esporulação. Foi feito a lavagem das placas com água estéril e com auxílio de um pincel macio foi realizado o desprendimento dos esporos do fungo e em seguida foi feito a filtragem dos conídios em gaze. A suspensão conidial foi quantificada em câmara de Neubauer e ajustada para a concentração de $3 \times 1,6 \times 10^5$ conídios/mL. As plantas foram inoculadas aos 25 dias após a emergência, com 20 mL do inóculo por bandeja, utilizando-se um pulverizador manual. As plantas após serem inoculadas aos 25 dias após germinação foram mantidas em câmara úmida com ausência total de luz por 24 horas, com temperatura média de 25°C e umidade relativa acima de 95% proporcionada por um umidificador, com objetivo de manter o molhamento nas folhas durante o processo de germinação e infecção.

As avaliações de brusone nas folhas foram realizadas nove dias após a inoculação, através de análise visual utilizando a escala de 0 a 9 proposta por (LEUNG et al., 1988), sendo: **0** - Ausência total de lesões; **1** - Pequenas lesões cabeça de alfinete de cor marrom e que não se desenvolvem; **3** - Lesões pequenas, na sua maioria pouco alongada com pouco ou nenhuma esporulação; **4** - Poucas lesões típicas e esporulativas, com centro cinza caracterizada por algumas lesões abertas; **5** - Muitas lesões típicas e altamente esporulativas que podem estar isoladas ou coalescentes; **7**- Lesões coalescentes e com mais de 50% da área foliar afetada; **9** - Muitas lesões que coalescem, causando murcha e morte das folhas.

A reação da planta foi considerada “resistente” quando recebeu notas de severidade menor ou igual a 3 e “suscetível” quando a nota foi igual ou superior a 4.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Existiram diferentes reações das raças nos genótipos de arroz irrigado avaliados. Observou-se que a inoculação das raças mais freqüentes IA-65, IB-33, ID-1, IA-1, IA-41, IA-33, IB-41, ID-9, IC-1 e IB-1, oriundas do levantamento populacional realizado em áreas de cultivo de arroz irrigado no estado do Tocantins, mostraram que nenhuma destas raças foi capaz de infectar todos os genótipos estudados (Tabela 1).

Os genótipos Javaé, BRS Jaçanã, BRS Jaburu, BRS Biguá, BG 90-2, Irri 344, Oryzica 1 e Oryzica Lhanos 4 foram resistentes a todas as raças inoculadas. Santos et al., (2005), encontraram reação de resistência para as cultivares Biguá e Jaburu plantadas em condições de várzeas em Formoso do Araguaia, Tocantins. A cultivar Jaçanã foi recentemente lançada na região, devido ser mais produtiva do que os genótipos plantados na região (SANTOS et al., 2009).

Anjos (2008), avaliando a virulência de raças de *M. oryzae* em multilinhas de arroz irrigado no estado do Tocantins, observou que os genótipos Oryzica 1 e Oryzica Lhanos 4 foram resistentes as dez raças mais prevalentes no estado do Tocantins, sendo que o genótipo Oryzica Lhanos 5 que há muito tempo era tido como a maior fonte de resistência durável, foi suscetível às raças IA-1 e IC-1, concordando com os resultados encontrados nesta pesquisa.

O genótipo BRS Formoso apresentou reação de resistência para as raças IA-65, IB-33, IA-1, IB-41, ID-9 e IB-1, enquanto que o genótipo Metica 1 apresentou reação de resistência para as raças IB-33, IA-33, IB-41, ID-9 e IB-1. Os genótipos BRS Formoso e Metica 1 foram amplamente cultivadas nos Estados de Goiás e Tocantins mas houve quebra da resistência à brusone poucos anos após o lançamento. A cultivar Metica 1 possui alto potencial de produtividade e vem sendo plantada anualmente em áreas extensas e contíguas, desde seu lançamento em 1984, porém é suscetível à brusone (PRABHU et al., 2004). Em estudo realizado por Araújo e Prabhu (2002 a), de um total de 280 plantas da cultivar Metica-1, avaliadas em relação ao patótipo ID-14, somente algumas progênies apresentaram reação de resistência, e que por sua vez a cultivar Metica-1 permaneceu altamente suscetível à brusone nas folhas.

Araújo et al. (2001), estudaram os variantes somaclonais da cultivar de arroz bluebelle resistentes à brusone, no primeiro experimento em casa de vegetação, utilizando

isolados de *M. oryzae* coletados da cultivar Metica-1 pertencentes as raças IB-41 e IB-45, todos os somaclones foram resistentes, mas a cultivar Bluebelle foi altamente suscetível. Enquanto no segundo experimento, houve reação diferencial entre os 47 somaclones avaliados, porém quando a inoculação foi feita com os isolados coletados da própria cultivar Bluebelle, todos os somaclones foram resistentes, indicando assim, mutação do gene para resistência.

Os genótipos Diamante, BRS Ouro Minas, BRS Taim, Irga 417, Ir – 36 e Best foram resistentes a sete raças do patógeno, enquanto que os genótipos CNA 8502, Epagri 114, CNAi 9022 foram resistentes a 6 raças. Os genótipos Mutante, BRS pelotas, IRGA 409, Colômbia e Cica 7, tiveram o maior índice de suscetibilidade a maioria das raças inoculadas.

Observou-se que 31 genótipos de arroz tiveram resistência às raças IB-1 e IB-33, enquanto que as raças mais agressivas foram: ID-1; IA-1; IA-41; IA-33; ID-9 e IC-1, causando reação de suscetibilidade em 10 dos 37 genótipos avaliados. Segundo Bastiaans et al. (1994), as perdas causadas por brusone nas folhas são indiretas, pois a formação de lesões diminuem a área foliar e afetam a fotossíntese e a respiração.

O Genótipo Epagri 109 foi suscetível às cinco raças das dez que foram testadas. Segundo Prabhu e Filippi (1999), o genótipo Epagri 109 introduzida do Estado de Santa Catarina apresentou alto potencial de produtividade, qualidade de grão superior e resistência à brusone. Esse genótipo juntamente com o genótipo Epagri 108 ocupou aproximadamente 20.000 hectares nos municípios da Lagoa da Confusão e Dueré. A primeira ocorrência de brusone na fase vegetativa nesses genótipos foi registrada durante a safra 1998/99 em diferentes lavouras, indicando a quebra da resistência desses dois genótipos um ano após seu lançamento. Segundo Santos et al. (2009), o genótipo Epagri 109 é atualmente cultivada no estado do Tocantins apesar de ser altamente suscetível à maioria das doenças.

Nunes et al. (2007), observaram que o genótipo Tetep foi altamente resistente em diferentes regiões produtoras de arroz do mundo. O genótipo Basmati foi suscetível a raça IA-1 e IA-33, sendo o arroz mais procurado no mercado mundial (SAKILA et al.,1999; ARAÚJO e PRABHU, 2002 b). Esse genótipo apresenta características desejáveis para a exportação, mas mostra-se suscetível a algumas raças de brusone que ocorrem no Brasil (PRABHU et al., 1982).

Araújo e Prabhu, (2002 b), em uma avaliação de somaclones em condições de infecção artificial em casa de vegetação que foi realizada utilizando quatro isolados

pertencentes ao patótipo IB-1 de *M. oryzae*, observaram que houve diferença significativa entre os genótipos em relação ao nível de resistência parcial. Nos resultados das avaliações de brusone nas folhas no campo, no viveiro de brusone nas folhas no campo destacaram-se dois somaclones do genótipo Basmati, portadores de bom nível de resistência parcial, além de possuir aroma e outras características agronomicamente desejáveis.

De acordo com estes resultados observaram-se variações na resistência dos diferentes genótipos utilizados, o que depende da estrutura populacional do patógeno predominante na região. Este fenômeno pode ser explicado pela produção de conídios de diferentes padrões de virulência, quando multiplicado em meio de cultura e pelo amplo espectro de resistência das cultivares (OU et al., 1971). Experimento conduzido por Rodríguez et al. (1998), mostraram alta variabilidade nos genótipos de arroz para a brusone da folha. Os resultados permitiram concluir que o grau de resistência de alguns destes genótipos é baixo e necessita de outras medidas de controle. Resultado semelhante foi encontrado por Prabhu e Filippi (2001), segundo estes autores estudos mais detalhados visando conhecimentos em relação à interação diferencial observada entre os genótipos comerciais e isolados de *M. oryzae* demonstram a importância da incorporação de genes de resistência nos novos genótipos contra as raças mais freqüentes do patógeno.

Malavolta et al. (2008), demonstraram que a suscetibilidade de genótipos de arroz a brusone nas folhas e panículas deve-se à predominância de cultivo de genótipos há vários anos em todo o Estado de São Paulo, havendo grande prevalência de raças fisiológicas de *M. oryzae* específicas a elas e que embora, apresentassem resistência à brusone quando lançadas no mercado, tiveram essa resistência quebrada em pouco tempo. Isso reforça a necessidade da obtenção de genótipos com um bom nível de resistência parcial, que possa garantir a vida útil do genótipo com boas características agrônomicas mesmo após a perda de uma provável resistência específica.

A caracterização da variabilidade do patógeno *M. oryzae* nos locais onde se realizam os plantios comerciais de arroz no Tocantins é essencial para entender a dinâmica da virulência do patógeno e adotar estratégias adequadas para aumentar a durabilidade dos genótipos lançados, principalmente aqueles que são resistentes e em cerca de dois anos perdem a sua resistência.

A escolha dos genótipos para compor uma mistura deve ter características agrônomicas semelhantes, no entanto somente essa regra não pode ser seguida, pois também há a necessidade de que os genótipos tenham resistência diferencial às principais raças que ocorrem na região onde se pretende testar ou implementar a mistura, uma vez

que a resistência diferencial proporciona as barreiras impostas as diferentes raças do fungo *M. oryzae*. Quanto mais genótipos resistentes fizerem parte da mistura melhor será o resultado.

TABELA 1 - Avaliação da resistência de *Magnaporthe oryzae* em 37 genótipos de arroz, através de análise visual do fenótipo da interação patógeno-hospedeiro com base nas reações utilizando-se a escala de 0 a 9 (LEUNG et al., 1988), em Gurupi, 2009

GENÓTIPOS	ISOLADOS DE <i>Magnaporthe oryzae</i>									
	IA-65	IB-33	ID-1	IA-1	IA-41	IA-33	IB-41	ID-9	IC-1	IB-1
-Mutante	S	R	S	S	S	R	S	S	R	R
-BRS Formoso	R	R	S	R	S	S	R	R	S	R
-Diamante	R	R	R	S	S	R	R	S	R	R
-CNA 8502	R	S	R	R	R	R	S	S	R	R
-Javaé	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
-Metica 1	S	R	S	S	S	R	R	R	S	R
-BRS Alvorada	R	R	R	R	S	S	R	R	R	R
-BRS Guará	R	R	R	R	R	R	R	R	S	R
-BRS Jaçanã	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
-BRS Froteira	R	R	R	R	R	R	R	R	S	R
-BRS Ourominas	S	R	S	R	R	R	R	S	R	R
-BRS Jaburu	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
-BRS Biguá	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
-BRS Taim	R	S	R	R	R	S	S	R	R	R
-BRS Pelotas	R	R	R	R	S	S	S	S	S	S
-CNAi 9930	R	R	R	R	S	R	R	R	R	S
-Epagri 109	S	S	S	R	R	R	R	S	S	R
-BR Irga 409	R	R	R	S	S	S	S	S	S	S
-Irga 417	R	R	R	S	S	R	R	R	R	S
-Cica 8	R	S	R	R	R	S	R	R	R	R
-BG 90-2	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
-IR 36	S	R	S	R	R	R	R	S	R	R
-Irri 344	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
-Oryzica 1	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
-Oryzica Lhanos 4	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
-Oryzica Lhanos 5	R	R	R	S	R	R	R	R	S	R
-Colômbia	S	R	S	S	S	S	S	S	R	R
-Basmati	R	R	R	S	R	S	R	R	R	R
-Eloni	R	R	R	S	R	R	R	R	R	R
-IR 34	R	S	R	R	R	R	R	R	R	R
-Tetep	R	R	R	R	R	R	S	R	R	R
-Cica 7	S	R	S	R	R	S	S	S	S	S
-Epagri 114	S	R	S	S	R	R	R	R	R	R
-Cica 9	R	R	R	S	R	R	R	R	R	R
-BEST	R	S	R	R	R	R	S	S	R	R
-CNAi 9022	S	R	R	R	S	S	R	R	R	R
-CNAI 5287	R	R	S	S	S	R	R	R	S	S

Resistente (R) = Genótipo de arroz que obteve nota de severidade de 0 a 3 / Suscetível (S) = Genótipo de arroz que obteve nota de severidade de 4 a 9.

A diferença quanto à resistência dos genótipos estudados mostra a vulnerabilidade nas condições naturais nas regiões produtoras do Estado do Tocantins, principalmente na região sul, onde o controle químico torna-se indispensável para a obtenção de uma boa produtividade. Neste trabalho, os genótipos que se mostraram resistentes às dez raças têm um potencial maior na escolha para compor uma mistura nas condições de campo, embora estes genótipos possam ser atacados por outras raças que não foram detectadas no presente estudo.

CONCLUSÕES

Existiu reação diferencial quanto à resistência dos genótipos às dez raças de *M. oryzae* inoculadas.

Os genótipos Javaé, BRS Jaçanã, BRS Jaburu, BRS Biguá, BG 90-2, IRI 344, Orizica 1 e Oryzica Lhanos 4 foram resistentes à todas as raças inoculadas.

Os genótipos Mutante Mutiespigueta da Embrapa, BRS pelotas, BR IRGA 409, Colômbia e Cica 7 foram suscetíveis à maioria das raças inoculadas.

LITERATURA CITADA

ANJOS, L. M. **Identificação de patótipos de *Magnaporthe grisea* coletados durante o desenvolvimento de multilinhas e variedades compostas de arroz irrigado no estado do Tocantins**. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Tocantins, Gurupi. p. 94, 2008.

ARAÚJO, L. G.; PRABHU, A. S.; FILIPPI, M. C.; et al. Variantes somaclonais da cultivar de arroz Bluebelle resistentes à brusone. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 5, p. 801-808, 2001.

ARAÚJO, L. G.; PRABHU, A. S. Progresso da brusone nas folhas e características agronômicas nas gerações avançadas de somaclones aromáticos da cultivar de arroz IAC 47. **Fitopatologia Brasileira**. v. 26, p. 606-613, 2001.

- ARAÚJO, L. G.; PRABHU, A. S. Indução de variabilidade na cultivar de arroz Metica 1 para resistência a *Pyricularia grisea*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 37, n. 12, p. 1689-1695, 2002 a
- ARAÚJO, L. G.; PRABHU, A. S. Somaclones da cultivar de arroz aromático Basmati-370 resistentes à brusone. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 37, n. 8, p. 1127-1135, 2002 b.
- BASTIAANS, L.; RABBINGE, R.; ZADOKS, J. C. Understanding and modeling leaf blast effects on crop physiology and yield. In: ZEIGLER, R. S.; LEONG, S. A.; TENG, P. S. (Eds.). **Rice blast disease**. Wallingford. CAB. p. 357-380, 1994.
- BRUNO, A. C.; URASHIMA, A. S. Inter-relação sexual de *Magnaporthe grisea* do trigo com a brusone de outros hospedeiros. **Fitopatologia Brasileira**. v. 26, p. 21-26, 2001.
- LEUNG, H.; BORROMEO, E. S.; BERNARDO, M.A.; NOTTEGHEM, J. L. Genetic analysis of virulence in the rice blast fungus *Magnaporthe grisea*. **Phytopathology**. v. 78, p.1227-1233, 1998.
- MALAVOLTA, V. M. A.; AZZINI, L. E.; BASTOS, C. R.; SALOMON, M. V.; CASTRO, J. L. Progresso da brusone nas folhas e panículas de genótipos de arroz de terras altas. **Summa Phytopathologica**, v. 34, n. 2, p.186-188, 2008.
- NUNES, C. D. M.; CARVALHO, F. I. F.; PIEROBOM, C. R.; et al. Resistência enética de cultivares de arroz irrigado à raça IA-1abd de *Pyricularia grisea*. **Fitopatologia Brasileira**. v. 32, p. 064-069, 2007.
- OU, S. H.; NUQUE, F. L.; EBRON, T. T.; et al. A type of stable resistance to blast disease of rice. **Phytopathology**. v. 61, n. 6, p. 703-706, 1971.
- PRABHU, A. S.; BEBENDO, I. P.; FARIA, J. C.; et al. Fontes de resistência vertical a *Pyricularia oryzae* em arroz. **Summa Phytopathologica**. v. 8, n. 1/2, p. 78-90, 1982.
- PRABHU, A. S.; FILIPPI, M. C. Padrão de virulência dos isolados de *Pyricularia grisea* provenientes da cultivar Epagri 108, de lavouras de arroz. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 24, p. 319, ago. 1999. Suplemento, ref. 439. XXXII Congresso Brasileiro de Fitopatologia, Curitiba, PR, ago.1999.
- PRABHU, A. S.; FILIPPI, M. C. Graus de resistência à brusone e produtividade de cultivares melhoradas de arroz de terras altas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 36, n. 12, p. 1453-1459, 2001.
- PRABHU, A. S.; FILIPPI, M. C.; FARIA, J. C.; et al. Caracterização Fenotípica Genética da Virulência de *Pyricularia grisea* em Cultivares de Arroz Irrigado no Estado Tocantins. Santo Antônio de Goiás, GO Embrapa Arroz e Feijão, 2004. 32 p. – (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Arroz e Feijão, ISSN 1678-9601 ; 11)
- RANGEL, P. H. N.; FERREIRA, M. E.; SANTOS, G. R.; et al. Mapeamento Genético e Pirimidização de Genes de Resistência no Desenvolvimento de Multilinhas e Cultivares Compostas de Arroz Irrigado com Resistência Estável à Brusone (*Pyricularia grisea*). Santo Antônio de Goiás: (Embrapa Arroz e Feijão. Documento, 243). p. 65, 2009.

RODRÍGUEZ, R. E. S.; RANGEL, P. H. N.; MORAIS, O. P. Estimativas de parâmetros genéticos e de respostas à seleção na população de arroz irrigado CNA 1. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, vol. 33, n. 5, 1998.

SAKILA, M.; IBRAHIM, S. M.; KALAMANI, A. In vitro mutagenesis in scented rice cultivars. **Rice Biotechnology Quarterly**. v. 38, p. 30, 1999.

SANTO, G. R.; RANGEL, P. H. N.; SANTIAGO, C. M.; et al. Reação a doenças e caracteres agronômicos de genótipos de arroz de várzeas no estado do Tocantins. **Agropecuária Técnica**. v. 26, n. 1, 2005.

SANTOS, G. R.; CASTRO NETO, M. D.; IGNÁCIO, M.; et al. Fungicidas para o controle das principais doenças do arroz irrigado. **Bioscience Journal**. Uberlândia, v. 25, n. 4, p. 11-18, 2009.

CAPÍTULO III

**Avaliação do impacto da mistura varietal
no controle da brusone e na produtividade
do arroz**

RESUMO

A alta variabilidade do fungo *Magnaporthe oryzae* e as condições ambientais favoráveis à doença faz com que genótipos com resistência vertical, deixem de ser efetivas em menos de três anos nas condições do estado do Tocantins. Assim, espera-se que o plantio de uma mistura varietal de arroz seja uma medida eficiente para reduzir os riscos de perdas ocorridas por esta doença. Desta forma, objetivou-se avaliar a mistura varietal de arroz irrigado no controle do fungo *M. oryzae* na região sul do estado do Tocantins. O experimento foi implantado em área sob condições de várzeas, localizado no Município de Formoso do Araguaia e em condições de terras altas, no município de Gurupi. Foram avaliados 36 genótipos de arroz em uma mistura varietal comparada com o plantio em linhas isoladas. As características avaliadas nas duas condições foram: brusone nas folhas, brusone das panículas e a produtividade média de cada um dos tratamentos. Nas condições de várzeas e em terras altas, a mistura varietal foi efetiva no controle da brusone das folhas. A incidência de brusone das panículas também foi menor na mistura. A produtividade na mistura foi maior do que a média geral dos genótipos semeados em linhas isoladas. A mistura demonstrou ser uma técnica que pode ser eficaz no controle da brusone, podendo no futuro ser recomendada para este fim nas condições das regiões produtoras do Tocantins, onde a variabilidade de raças é grande. Dentro das parcelas experimentais identificaram-se em Formoso do Araguaia as raças: IA-2, IB-2, IB-9, IB-19, IB-33, IC-8 e IC-16 e IG-2 e em Gurupi a raça IB-6.

Palavras-Chave: *Oryza sativa*, *Magnaporthe oryzae*, raças fisiológicas.

ABSTRACT

Rice productivity evaluation impact by controlling blast with the mixture of rice cultivar

The high variability of fungus *Magnaporthe oryzae* and the ambiental conditions favorable to the disease, causes rice genotypes with vertical resistance to cease being affective in less than three years in Tocantins state. Thus, it is expected that sowing with the mixture of rice cultivar be the efficient way to reduce loss risks which have occurred by this disease. On this manner was the objective to evaluate the mixture of irrigated rice cultivar in controlling *M. oryzae* fungus in the south of Tocantins State. The experiment was performed in lowland conditions areas, localized in the Municipality of Formoso do Araguaia, and in highland conditions in the Municipality of Gurupi. The evaluation consisted of 36 rice genotypes in the mixture of rice cultivar compared with sowing in isolated lines. The evaluated characteristics, in both conditions, were leaf blight, and panicle blight, and average productivity in each component. In lowland conditions and highlands the mixture of rice cultivar was affective in leaf blight control. The panicle blast incident was also, less in the mixture. In a general way, the mixture productivity was more than the average on the sowed genotypes, in isolated lines. The mixture demonstrated to be an efficient technique in blast control, having future recommendation possibilities for this means in given productive regions in Tocantins, where the variety of races is big. Within the experimental plots in Formoso do Araguaia were identified the following races: IA-2, IB-2, IB-9, IB-19, IB-33, IC-8 e IC-16 and IG-2, and in Gurupi the race IB-6.

Key-Words: *Oryza sativa*, *Magnaporthe oryzae*, physiologic races.

INTRODUÇÃO

A brusone, causada por *Magnaporthe oryzae*, constitui-se em fator limitante da produtividade do arroz irrigado, principalmente no Estado do Tocantins. Segundo Santos et al. (2002), a alta variabilidade do fungo *M. oryzae* e as condições ambientais favoráveis à doença, genótipo com resistência vertical deixam de ser efetivas em menos de três anos nas condições do estado do Tocantins. Assim o plantio de uma mistura varietal seria uma medida eficiente para reduzir os riscos de perdas ocorridas por esta doença. No Brasil, existe grande número de fungicidas registrados para o controle de doenças na parte aérea do arroz. No entanto, em estados como Tocantins e Mato Grosso, que possuem alta pressão de inóculo, poucos produtos demonstram eficiência na proteção das plantas (SANTOS et al., 2005).

A monocultura predomina desde muitos anos atrás, devido à mecanização e o rendimento. Nesse sistema o número reduzido de genótipos resulta em uma diversidade genética baixa, trazendo com isso desvantagens, principalmente a vulnerabilidade para doenças, precisando nestes casos do uso de grandes quantidades de produtos químicos para controle destas doenças. Além disso, os programas de controle de doenças são principalmente baseados em genes de resistência específicos e a eficácia deste tipo de resistência é frequentemente curta. O uso de pouco genes de resistência em amplos campos com monocultura é uma fonte de pressão de seleção forte para as raças do patógeno, que podem se tornar capazes de superar a resistência, fazendo com que os genótipos tenham que ser constantemente renovados (VALLAVIEILLE-POPE, 2004).

A mistura varietal é uma estratégia no controle de doenças, podendo reduzir a níveis toleráveis a severidade da brusone e reduzir o uso de fungicidas e dando maior estabilidade na resistência dos genótipos. Na China, em experimento conduzido por Zhu et al. (2000), houve a redução da severidade nas misturas em 94% quando comparados com a monocultura do genótipo suscetível. Os autores revelam que não foi necessária a utilização de fungicidas, pois a mistura se mostrou como uma boa técnica contra o aumento da severidade da brusone em condições de campo.

Segundo Prabhu e Filippi (2006), a mistura varietal ainda não é viável no Brasil, do ponto de vista do sistema mecanizado e empresarial, pois ainda há uma exigência muito grande com relação à qualidade do produto. Entretanto, no sistema de subsistência,

agricultura familiar e orgânica, a mistura de genótipo pode-se tornar viável para o controle da brusone sem o uso de defensivos agrícolas, porém há necessidade de experimentos de longo prazo e em diversos ambientes.

Não foram encontrados trabalhos específicos com a mistura varietal em arroz, nas condições edafoclimáticas do Tocantins. Assim, objetivou-se avaliar a eficiência da mistura varietal na redução da severidade da brusone em campo.

MATERIAL E MÉTODOS

Os ensaios foram desenvolvidos no Estado do Tocantins, no município de Formoso do Araguaia em área localizada no campo experimental da EMBRAPA Arroz e Feijão, em condições de várzea úmida e em condições de terras altas, no Campus da Universidade Federal do Tocantins, localizado no município de Gurupi, na safra 2009/10. O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados (DBC) com três repetições. Utilizou-se o esquema de parcelas subdivididas 36 x 2, onde nas parcelas foram alocados os 36 genótipos (BRS Formoso; BRS Diamante; CNA 8502; Javaé; BRS Metica; BRS Alvorada; BRS guará; BRS Jaçanã, BRS Fronteira; BRS Ouro Minas; BRS Jaburu; BRS Biguá; BRS Taim; BRS Pelotas; CNAI 9930; Epagri 109; Irga 409; Irga 417; Cica 8; Bg 90-2; Ir 36; Irri 344; Oryzica 1; Oryzica Lhanos 4; Oryzica Lhanos 5; BRS Colômbia; Basmati; Eloni; Ir 34; Tetep; Cica 7; Cica 9; Epagri 114; Best; CNAI 9022 e CNA 5287). Nas sub-parcelas foram alocados os dois sistemas de plantio (em mistura e em linhas isoladas), conforme esquema da Figura 1.

Na mistura varietal, foi utilizada a mesma proporção de sementes de cada um dos genótipos e após serem misturadas ao acaso foram semeadas em linhas de 2 metros, totalizando 72 linhas. No plantio das linhas isoladas, a semeadura de cada um dos genótipos ocorreu em duas linhas de 2 m. A densidade de semeadura utilizada foi de 100 sementes por metro linear. O controle de plantas daninhas foi feito manualmente entre as linhas de plantas e com capinas mecânicas entre as parcelas nos dois locais. No ensaio realizado em Formoso do Araguaia, foram utilizadas parcelas de 15 x 2 metros, com espaçamento entre linhas de 20 cm, sendo duas linhas por cada genótipo, totalizando 72 linhas por bloco. Na adubação de plantio, foram utilizados 350 kg.ha⁻¹ de NPK 05-30-15 e

em cobertura foram utilizados 100 kg.ha⁻¹ de uréia. A irrigação foi feita por inundação aos 30 dias após a germinação.

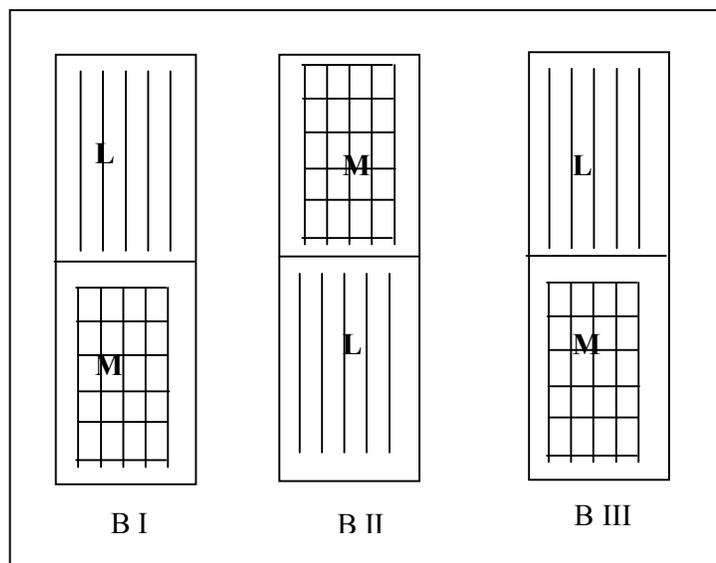


Figura 1- Esquema do plantio das parcelas em mistura varietal (M) e em linhas isoladas (L) em campo experimental localizado em Formoso do Araguaia e em Gurupi-TO, safra 2009/2010.

Em Gurupi, foi utilizada a mesma adubação adotada em Formoso do Araguaia, porém, o espaçamento foi de 30 cm entre as linhas de plantas (recomendado para terras altas) com parcelas de 22 x 2 m, totalizando também 72 linhas por cada bloco. Além das precipitações naturais, a irrigação foi complementada por meio de aspersão durante todo o ciclo das plantas, sendo a irrigação suplementar realizada com lâmina de 19 mm.dia⁻¹, somente quando não ocorriam chuvas. Nos dois experimentos a infecção do fungo *M. oryzae* ocorreu a partir de inóculo natural presente nos locais. Quando surgiram os primeiros sintomas da brusone foi feito o monitoramento dentro de cada parcela. Para a avaliação do grau de severidade da brusone nas folhas foi adotada a escala de notas de 0 a 9 proposta por Zhu et al. (2000), sendo: **0** - ausência de lesões; **1** - abaixo de 1% da área foliar/tecido doente; **3** - de 1 a 5% da área foliar/tecido doente; **5** - de 6 a 25% da área foliar/tecido doente; **7** - de 26 a 50% da área foliar/tecido doente; **9** - acima de 50% da área foliar/tecido doente.

Em Formoso do Araguaia, em várzeas, avaliaram-se a severidade da brusone nas folhas aos 33, 38, 45, 52 e 59 dias após o plantio (DAP). Em Gurupi, em terras altas, as avaliações foram realizadas aos 37, 44, 51, 58 e 65 DAP. A reação da planta foi

considerada resistente quando recebeu notas de severidade menor ou igual a três e suscetível quando recebeu notas iguais ou superiores a cinco. Para essas avaliações, as plantas não foram consideradas individualmente, mas foi avaliada a severidade da brusone nas folhas das plantas dispostas em toda a linha.

Para determinar a incidência de brusone das panículas em cada parcela, foram coletados perfilhos com grãos na fase pastosa. A incidência de brusone das panículas foi considerada como a relação entre o número de perfilhos doentes pelo total de perfilhos avaliados em cada parcela. Foram coletadas amostras de 50 panículas por cada genótipo nas linhas isoladas. Na mistura, foram realizadas várias amostragens de 50 panículas e a incidência foi baseada na média destas amostragens. Foram feitas avaliações da produtividade nas parcelas experimentais e os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas através do teste de Scott-Knot ($p \leq 0,05$). Foram coletadas panículas que apresentavam reação de susceptibilidade à brusone, com lesões esporulativas nos locais de avaliação. O material coletado foi identificado e posteriormente foram armazenadas em embalagens de papel e transportadas para laboratório e armazenadas em refrigerador a 4°C até o isolamento.

Produção do inóculo (Isolados monospóricos)

Para identificar as raças de *M. oryzae* que ocorreram nas parcelas experimentais foram obtidos isolados monospóricos a partir do material infectado coletado. A obtenção dos isolados monospóricos foi realizada no laboratório de Fitopatologia da Universidade Federal do Tocantins, Campus Universitário de Gurupi. As panículas infectadas foram recortadas, sendo utilizados apenas os tecidos com lesões típicas de brusone. Os tecidos foram fragmentados e sem assepsia, foram então colocados em placas de Petri estéreis contendo guardanapos de papel umedecido em água destilada estéril (câmara úmida). As placas foram acondicionadas em câmara de crescimento (B.O.D.), com temperatura de 25 °C por 24 horas, para favorecer a esporulação do fungo nas lesões.

Com o auxílio de uma lupa ótica e utilizando uma agulha de ponta fina realizou-se a transferência dos conídios das lesões esporuladas para placas de Petri estéreis, contendo meio de cultura agar-água 2%, que foi espalhado sobre a superfície do meio com alça de platina. Após a transferência do esporo para o meio ágar-água, as placas foram vedadas com fita PVC, identificadas e colocadas em câmara incubadora tipo B.O.D. com

temperatura ajustada para 25°C por 48 horas. Posteriormente, com o auxílio de uma lupa e bisturi, os conídios germinados foram transferidos para meio de cultura BDA (250g batata + 20g dextrose + 20g agar por litro de água, acrescido de 250mg do antibiótico Ampicilina), incubados por 14 dias em temperatura de 25°C.

A identificação das raças fisiológicas de *M. oryzae* foi realizada por meio da observação visual após a inoculação dos isolados monospóricos na Série Internacional de Diferenciadoras - SID (ATKINS et al., 1967). A fase de identificação das raças foi composta basicamente pelas etapas: plantio das diferenciadoras, multiplicação do inóculo, inoculação do patógeno nas diferenciadoras e avaliação das reações, sendo esta seguida da entrada dos dados na chave de identificação (Anexo 1).

Plantio das diferenciadoras

As diferenciadoras foram semeadas em bandejas plásticas com dimensões de 38 x 28 x 7 cm, utilizando-se doze sementes por linha. Em cada bandeja foram semeadas as oito linhagens internacionais diferenciadoras (1- Raminad str-3, 2- Zenith, 3- NP-125, 4- Usen, 5- Dular, 6- Kanto 51, 7- Sha-Tiao-tsoo e 8- Caloro). Foi utilizado para o plantio 3,5 litros de substrato comercial. As bandejas com as plantas foram mantidas em casa-de-vegetação climatizada com temperatura controlada para 25°C para crescimento das plântulas até o momento da inoculação aos 25 dias. Aos quinze dias após a emergência das plântulas foi realizada adubação de cobertura com 5 g de Uréia (45% N) por bandeja com a finalidade de predispor as plântulas ao ataque de *M. oryzae*. A irrigação foi manual com auxílio de um regador.

Multiplicação do inóculo

A multiplicação do inóculo foi feita na mesma época do cultivo e crescimento das plantas diferenciadoras. Cada um dos isolados foi repicado sob condição asséptica com auxílio de um bisturi, para placas de Petri estéreis contendo meio BDA. No décimo segundo dia, os isolados monospóricos foram submetidos ao estresse. Para isso, as placas foram abertas e o micélio superficial raspado com um bastão de aço estéril. Em seguida, os isolados foram novamente acondicionadas em câmara de crescimento com temperatura ajustada para 25°C e as placas cobertas por um pano crepe e sob luz fluorescente contínua por 48 horas para estimular a conidiogênese.

Após a esporulação, cada placa contendo o isolado monospórico foi lavada com 20 mL de água destilada estéril e foi realizada raspagem com o auxílio de um pincel de cerdas macias para desprendimento dos micélios. Após a lavagem, a solução foi filtrada em gaze e os conídios foram quantificados em câmara de Neubauer. Para inoculação do patógeno a concentração da solução de esporos foi ajustada para 3×10^8 conídios /mL. Foram inoculados 20 mL da solução por bandeja com auxílio de um borrifador manual, sendo distribuída de maneira homogênea entre as oito diferenciadoras presentes em cada bandeja. Imediatamente após a inoculação das diferenciadoras as bandejas foram colocadas por 24 horas sob condições de câmara úmida, com umidade relativa maior que 95% proporcionada por umidificador em ambiente fechado e escuro.

Identificação das raças

A identificação das raças do *M. oryzae* foi feita por meio da análise visual das reações em cada uma das oito diferenciadoras da SID. A avaliação foi realizada sete dias após a inoculação baseada na escala de notas proposta por Leung et al. (1988), modificada, sendo adicionado a nota 4 de uma escala padronizada de 1 a 9 conforme sugerido por Prabhu e Filippi, (2006), sendo: **0** - ausência total de lesões; **1** - pequenas lesões cabeça de alfinete de cor marrom e que não se desenvolvem; **3** - Lesões pequenas, na sua maioria pouco alongada com pouco ou nenhuma esporulação; **4** - Poucas lesões típicas e esporulativas, com centro cinza; **5** - Muitas lesões típicas e altamente esporulativas que podem estar isoladas ou coalescentes; **7** - Lesões coalescentes e com mais de 50% da área foliar afetada; **9** - Muitas lesões que coalescem, causando murcha e morte das folhas.

A reação da planta foi considerada como resistente (R) quando recebeu nota de severidade menor ou igual a 3 e suscetível (S) quando a nota foi igual ou superior a 4. Após a avaliação das reações nas diferenciadoras a identificação das raças de *M. oryzae* foi baseado na chave de identificação de acordo com a tabela de raças (Anexo 1) proposta Ling e Ou (1969).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em Formoso do Araguaia, sob condições de várzeas, a mistura varietal dos genótipos de arroz teve um considerável impacto na redução da severidade da brusone no local do experimento (Tabela 1). Os genótipos: BRS Formoso, BRS Diamante, CNA 8502, BRS Javaé, Metica 1, BRS Alvorada, BRS Guará, BRS Jaçanã, BRS Fronteira, BRS Jaburu, BRS Biguá, Pelotas, CNAI 9930, Irga 409, Irga 417, Bg 90-2, Ir 36, Irri 344, Oryzica 1, Oryzica Lhanos 4, Orizica Lhanos 5, BRS Colômbia, Basmati, Eloni, Ir 34, Cica 9, CNAI 9022 e CNA 5287 plantados em linhas isoladas foram resistentes e obtiveram baixo nível da doença (Tabela 1). Este fato, provavelmente pode ter ocorrido devido à inexistência ou baixa frequência da raça específica, capaz de infectar estes genótipos na época de avaliação.

Os genótipos Best, Cica 7, Tetep, Epagri 114, Epagri 109, BRS Taim, Cica 8 e Ouro Minas, semeados em linhas isoladas nas condições de várzeas, foram suscetíveis ao ataque do patógeno. Contudo, estes mesmos genótipos cultivados em mistura apresentaram baixo nível de brusone. Diante destes resultados, fica evidenciado o benefício da mistura varietal no controle da brusone.

Nakajima et al. (1996 a), em ensaio conduzido na ilha de Madagascar, observaram o efeito multilinha do genótipo de arroz Sasanishiki e algumas linhas isogênicas dela na supressão da brusone do arroz e concluíram que a severidade da brusone causada pelo fungo *M. oryzae* e o percentual de plantas doentes na mistura das linhagens foi menor que o observado nos plantios isolados de cada uma delas. Quando o número de componentes na mistura foi aumentado, a proporção de plantas que foi resistente a um determinado patógeno se tornou maior (LANNON et al., 2001). Sester et al. (2008), avaliaram a mistura de dois genótipos de arroz em Madagascar, sendo o genótipo Fofifa 154 altamente suscetível e o genótipo Fofifa 172 resistente ao patógeno *M. oryzae*. Os autores encontraram menor incidência e severidade da brusone na mistura.

No presente estudo os genótipos mais atacados foram: Cica 8 (Anexo 2) e BRS Ouro Minas que receberam a maior nota de severidade no final da avaliação (nota 9), seguidos dos genótipos Epagri 114, Epagri 109 e BRS Taim que receberam nota 7 e os genótipos Best, Cica 7 e Tetep com nota 5.

Resultados obtidos por Dias Neto et al. (2010), no Estado do Tocantins mostraram que existe nas regiões produtoras de arroz irrigado uma grande diversidade de raças de *M.*

oryzae e que essa diversidade presente em plantios comerciais aumenta a possibilidade de que o patógeno possa se adaptar rapidamente aos genótipos de arroz atualmente em cultivo no estado.

Tabela 1 - Efeito da mistura varietal de genótipos de arroz irrigado em comparação com o plantio em linhas isoladas na severidade da brusone das folhas em campo experimental de Formoso do Araguaia, nas condições de várzeas, safra 2009/10, em diferentes épocas de avaliação (DAP: dias após plantio)

TRATAMENTOS	Severidade de brusone nas folhas				
	33 (DAP)	38 (DAP)	45 (DAP)	52 (DAP)	60 (DAP)
-BRS Formoso	1	1	1	1	1
-Diamante	1	1	1	1	1
-CNA 8502	1	1	1	1	1
-Javaé	1	1	1	1	1
-Metica 1	1	1	1	1	1
-BRS Alvorada	1	1	1	1	1
-BRS Guará	1	1	1	1	1
-BRS Jaçanã	1	1	1	1	1
-BRS Froteira	1	1	1	1	1
-BRS Jaburu	1	1	1	1	1
-BRS Biguá	1	1	1	1	1
-BRS Pelotas	1	1	1	1	1
-CNAi 9930	1	1	1	1	1
-BR Irga 409	1	1	1	1	1
-Irga 417	1	1	1	1	1
-BG 90-2	1	1	1	1	1
-IR 36	1	1	1	1	1
-Irri 344	1	1	1	1	1
-Oryzica 1	1	1	1	1	1
-Oryzica Lhanos 4	1	1	1	1	1
-Oryzica Lhanos 5	1	1	1	1	1
-Colômbia	1	1	1	1	1
-Basmati	1	1	1	1	1
-Eloni	1	1	1	1	1
-IR 34	1	1	1	1	1
-Cica 9	1	1	1	1	1
-CNAi 9022	1	1	1	1	1
-CNAI 5287	1	1	1	1	1
-Mistura varietal	1	1	1	1	1
-Best	3	5	5	5	5
-Cica 7	3	5	5	5	5
-Tetep	3	3	5	5	5
-Epagri 114	1	3	5	7	7
-Epagri 109	1	3	5	7	7
-BRS Taim	3	5	7	7	7
-Cica 8	1	7	7	9	9
-BRS Ourominas	3	5	7	9	9

Resistente (R) = Genótipo de arroz que obteve nota de severidade de 0, 1 e 3.

Suscetível (S) = Genótipo de arroz que obteve nota de severidade entre 5-9.

Vários pesquisadores concluíram que tal fato, pode explicar a rápida "quebra" de resistência dos genótipos, que tem ocorrido entre 2 e 3 anos após o seu lançamento (RANGEL et al., 2006; SANTOS et al., 2003; PRABHU e FILIPPI, 2006). Segundo Anjos et al. (2009), na região do projeto Formoso, foram identificadas um total de 26 raças do fungo *M. oryzae*, podendo, no entanto haver outras raças as quais ainda não foram encontradas.

A avaliação da brusone nas folhas iniciou a partir de 33 dias após o plantio (DAP). Pode-se observar que neste período até o final da avaliação aos 60 DAP a severidade da brusone nos genótipos que se mostraram suscetíveis foi aumentando até se estabilizarem. Segundo Prabhu e Filippi (2006), a fase mais crítica da brusone nas folhas ocorre no período que vai de 20 a 40 dias de idade, a partir desta fase as plantas vão ganhando resistência, até se recuperarem novamente. No caso dos genótipos mais suscetíveis como o Ouro Minas, Cica 8, BRS Ouro Minas, Epagri 109 e Epagri 114 pode se observar que a estabilização só ocorreu aos 52 DAP, já o genótipo BRS Taim se estabilizou aos 45 DAP.

No capítulo II deste estudo foi observado que apenas os genótipos Javaé, BRS Jaçanã, BRS Jaburu, BRS Biguá, BG 90-2, IRI 344, Oryzica 1 e Oryzica Lhanos 4 foram resistentes à todas as raças inoculadas, sendo estas raças identificadas como as mais prevalentes na região por Anjos et al. (2009). Estes genótipos mantiveram a sua resistência no plantio em linhas isoladas. Os resultados obtidos no presente estudo concordam com outros trabalhos feitos por alguns autores, nos quais foi verificado efeito benéfico da mistura varietal sobre o controle de doenças (MUNDT, 1994; NAKAJIMA, 1994; NAKAJIMA et al., 1996 a, b; ZHU et al., 2000; MUNDT, 2002; ASHIZAWA et al., 2007 a, b e SESTER et al., 2008).

O município de Gurupi não é considerado um produtor de arroz quando comparado com Formoso do Araguaia, onde se cultiva arroz há mais de 30 anos, no entanto, existem pequenas lavouras isoladas de produtores para o consumo em subsistência. Com relação à severidade de brusone nas condições de terras altas, foi possível observar uma severidade baixa da doença em todos os genótipos avaliados, com exceção dos genótipos BRS Ouro Minas e Epagri 109 no plantio em linhas isoladas (Tabela 2). Nestas condições, a mistura dos genótipos também proporcionou controle satisfatório da brusone.

Em terras altas, verificou-se que a doença só apareceu aos 37 DAP no plantio em linhas isoladas. Porém, na mistura varietal a doença surgiu mais tardiamente aos 44 DAP (Tabela 2). Provavelmente, este fato pode ter sido atribuído ao efeito barreira e diluição, típicas da mistura varietal.

Tabela 2 - Efeito da mistura varietal de genótipos de arroz irrigado em comparação com o plantio em linhas isoladas na severidade da brusone das folhas no campo experimental em Gurupi, nas condições de terras altas, safra 2009/10, em diferentes épocas de avaliação (DAP: dias após plantio)

TRATAMENTOS	Severidade de brusone nas folhas				
	37 (DAP)	44 (DAP)	51 (DAP)	58 (DAP)	65 (DAP)
-BRS Formoso	1	1	1	1	1
-Diamante	1	1	1	1	1
-CNA 8502	1	1	1	1	1
-Javaé	1	1	1	1	1
-Metica 1	1	1	1	1	1
-BRS Alvorada	1	1	1	1	1
-BRS Guará	1	1	1	1	1
-BRS Jaçanã	1	1	1	1	1
-BRS Froteira	1	1	1	1	1
-BRS Jaburu	1	1	1	1	1
-BRS Biguá	1	1	1	1	1
-BRS Pelotas	1	1	1	1	1
-CNAi 9930	1	1	1	1	1
-BR Irga 409	1	1	1	1	1
-Irga 417	1	1	1	1	1
-BG 90-2	1	1	1	1	1
-IR 36	1	1	1	1	1
-Irri 344	1	1	1	1	1
-Oryzica 1	1	1	1	1	1
-Oryzica Lhanos 4	1	1	1	1	1
-Oryzica Lhanos 5	1	1	1	1	1
-Colômbia	1	1	1	1	1
-Basmati	1	1	1	1	1
-Eloni	1	1	1	1	1
-IR 34	1	1	1	1	1
-Cica 9	1	1	1	1	1
-CNAI 9022	1	1	1	1	1
-CNAI 5287	1	1	1	1	1
-Best	1	1	1	1	1
-Cica 7	1	1	1	1	1
-Tetep	1	1	1	1	1
-Epagri 114	1	1	1	1	1
-Cica 8	1	1	1	1	1
-BRS Taim	1	1	1	1	1
-Mistura varietal	0	1	1	1	1
-Epagri 109	1	1	3	5	5
-BRS Ourominas	1	1	3	5	5

Resistente (R) = Genótipo de arroz que obteve nota de severidade de 0, 1 e 3

Suscetível (S) = Genótipo de arroz que obteve nota de severidade entre 5 a 9

Com relação à brusone das panículas, houve alta incidência, tanto em condições de várzeas quanto em condições de terras altas (Tabela 3), sendo que esta doença está diretamente correlacionada com a produtividade. Quando a brusone ataca as panículas

interfere no transporte de fotoassimilados para o enchimento dos grãos, comprometendo desta forma a produtividade. Nota-se que nem sempre as menores produtividades estão relacionadas à alta severidade de brusone nas panículas, este fato também depende do nível de tolerância do genótipo. Observação parecida foi encontrada por Goulart et al. (2007), para a brusone do trigo.

A mistura varietal dos genótipos em área de várzeas em Formoso (Tabela 3) proporcionou uma redução de 43% na incidência de brusone das panículas quando comparada à média geral das linhas isoladas. O genótipo Ir 36 teve seis vezes mais brusone das panículas quando cultivado em linhas isoladas do que quando plantado em mistura varietal. Esse efeito na redução do nível da doença resultou no aumento em mais de 100% no nível de produtividade, observado no tratamento com a mistura varietal.

Os genótipos que se mostraram suscetíveis a brusone das panículas podem ter sido favorecidos pelas barreiras proporcionadas pelos genótipos resistentes. Os efeitos benéficos da mistura de genótipos já foram mencionados por alguns autores (BROWING e FREY, 1969; ZHU et al, 2000 e CASTRO, 2001). Estes efeitos funcionam através do efeito de diluição, onde o aumento entre as plantas suscetíveis reduz a velocidade e a taxa da expansão da doença de planta para planta. O efeito barreira ocorre onde a presença de plantas resistentes funciona como uma barreira física na dispersão dos esporos do patógeno, sendo que quanto mais plantas resistentes tiverem na composição da mistura este efeito terá mais influência positiva no controle da doença (CASTRO, 2001).

Zhu et al. (2005), utilizando um genótipo suscetível e um resistente, obtiveram resultados satisfatórios no controle da brusone das panículas, sendo uma redução de incidência de >90% no genótipo suscetível e de 30-40% no genótipo resistente, mostrando que os genótipos suscetíveis são mais beneficiados na mistura do que genótipos resistentes, já que a resistência do genótipos resistentes atuam como barreira física aos esporos que possivelmente atacariam o genótipo suscetível.

Dependendo do genótipo, plantas que se mostraram resistentes a brusone das folhas podem se tornar suscetíveis a brusone das panículas e vice e versa, não havendo correlação positiva entre a fase vegetativa e a fase reprodutiva. Arruda et al. (2005), observando a relação da resistência e a variação da resposta dos genótipos de trigo entre os estádios vegetativo e reprodutivo, notaram que na maioria dos casos não houve correlação positiva entre resistência de plântulas e de espigas, pois genótipos resistentes no estágio vegetativo tiveram alta incidência de espigas doentes.

Estudo mais recente demonstrou que genes diferentes conferem resistência da folha e do pescoço à brusone em genótipos indica de arroz (ZHUANG et al., 2002), demonstrando origem genética para a diferença nas resposta das folhas e do pescoço.

A brusone das panículas é considerada a fase mais importante da doença, pois está mais relacionada à perdas em rendimento.

Em terras altas, no município de Gurupi, houve baixo nível de brusone das folhas, porém a brusone das panículas ocorreu em alta incidência, sendo que a média da mistura foi maior do que à encontrada nas condições de várzeas (Tabela 3). Segundo Bonman et al. (1992), a brusone das panículas pode ocorrer sem ser precedida por um ataque severo de brusone das folhas. Estudos mostraram que o uso de mistura de genótipos pode reduzir significativamente a severidade de brusone em ambos: folhas e panículas (ZHU et al., 2000; ZHU et al., 2005).

No entanto, mesmo em condições de terras altas e baixo inóculo a mistura ainda proporcionou uma redução de 13, 25% na incidência da doença. A maior incidência de brusone nas panículas observada nos dois locais estudados pode ter sido favorecida pela redução dos efeitos barreira e diluição, verificados para brusone das folhas. O efeito barreira pode ter sido prejudicado devido as panículas se encontrarem acima do dossel das folhas favorecendo a chegada do inóculo mais facilmente pelo vento.

Sabe-se que a maioria dos genótipos utilizados foi desenvolvido para o cultivo em várzeas, sob solo inundado. Assim, o cultivo em terras altas, mesmo com irrigação suplementar por aspersão, provavelmente não atendeu de forma plena as exigências culturais e hídricas requeridas pelas plantas. Segundo Prabhu et al. (2002), estresse hídrico pode aumentar a suscetibilidade de genótipos de arroz, devido ao acúmulo de nutrientes nas ramificações das panículas, em condições de terras altas. Os tecidos com elevado conteúdo de nutrientes, principalmente açúcares, predispõem a infecção causada pelo fungo na região da panícula.

Com relação à produtividade dos genótipos sob condições de várzeas, nas linhas isoladas, em Formoso do Araguaia, variou de 6.933,33 (BRS Formoso) a 2.100 kg.ha⁻¹ (Irri 344). A produtividade da mistura dos genótipos foi de 6.758,33 kg.ha⁻¹, sendo maior do que a média dos tratamentos cultivados em linhas isoladas, que foi de 5.055,95 kg.ha⁻¹, ou seja, a mistura varietal produziu 25% a mais do que a média das linhas isoladas.

Nakajima et al. (1996), em seu experimento conduzido em Madagascar, na África, com mistura de multilinhas do genótipo Sasanishiki obtiveram um aumento de produtividade de 10,3% em relação à média dos componentes. Neste estudo os autores

encontraram redução da brusone das folhas de 50,2% e 18,1% para a brusone das panículas. As reduções nas severidades foram atribuídas ao efeito barreira que as linhagens resistentes proporcionaram e possivelmente à resistência induzida nos dois locais estudados. O aumento de uso de genótipos resistentes na mistura limita o aumento no inóculo inicial, ajudando no retardamento da epidemia e reduzindo a possibilidade de sobrevivência do patógeno, já que a sua chegada a uma planta suscetível será dificultada.

Na área cultivada em terras altas em Gurupi, nas linhas isoladas, a produtividade variou de 533 kg.ha⁻¹ (Cica 7) a 3.733 kg.ha⁻¹ (Best), sendo a produtividade média das linhas isoladas de 1.888 kg.ha⁻¹. Nestas condições, a mistura varietal proporcionou resultados de produtividade superior ao da média geral, 1.922 kg.h⁻¹, sendo um aumento de 1,76%. A maior parte dos genótipos que apresentaram alto nível de brusone das panículas também teve baixa produtividade, como por exemplo: Javaé, Basmati, Ouro Minas e outros. Porém, outros genótipos como o Jaçanã, pode ser considerado altamente tolerante, devido ter apresentado alta incidência de brusone das panículas e alta produtividade, tanto nas condições de várzeas com em terras altas (Tabela 3).

Os mesmos genótipos estudados em terras altas apresentaram produções muito inferiores aos plantados na área de várzea em Formoso do Araguaia, mostrando que provavelmente o estresse hídrico contribuiu para estes resultados. Para os dois ensaios conduzidos as variáveis climáticas foram monitoradas. Em várzeas, a precipitação média (PPT) durante a condução do experimento foi de 5,61mm, a umidade relativa (UR) foi de 91,44%, a temperatura média máxima (T ° C max) foi de 32,19 °C e a temperatura mínima (T ° C min) foi de 21, 15 °C. Em terras altas foi proporcionada uma lâmina diária de 19 mm, sendo que a PPT média durante a condução do experimento foi de 0, 47 mm, a UR foi de 79, 62 %, a T ° C max foi de 26,31 °C e a T ° C min foi de 26,03 °C.

Apesar de alguns genótipos terem produzido mais do que a mistura varietal quando cultivados isoladamente, deve-se levar em consideração que a maioria dos genótipos produziu menos do que a mistura. Com relação à resistência à brusone, a mistura varietal também proporcionou menor nível de doença em condições de campo. Desta forma, para um patossistema com alta variabilidade, a mistura representa uma maior estabilidade e segurança no manejo da brusone.

Tabela 3 – Valores de brusone das panículas e produtividade (kg.ha⁻¹) de genótipos de arroz irrigado plantados em linhas isoladas e em misturas em Formoso do Araguaia e em Gurupi, estado do Tocantins, safra 2009/2010

TRATAMENTOS	FORMOSO		GURUPI	
	Brusone (Panículas)	Produtividade (kg.ha ⁻¹)	Brusone (Panículas)	Produtividade (kg.ha ⁻¹)
-BRS Guará	5,33 a	4566,66 b	22,66 c	1550 d
-BG 90-2	5,33 a	3916,66 b	15,33 b	2700 c
-BRS Alvorada	6,00 a	6883,33 a	22,00 c	2133 c
-Eloni	6,00 a	5366,00 a	6,000 a	2433 c
-BRS Bigu	6,00 a	6300,00 a	8,660 a	2400 c
-CNAI 5287	7,33 a	4500,00 b	12,66 b	967 e
-CNAI 9930	7,33 a	6716,66 a	27,33 c	2633 c
-Oryzica Lhanos 5	8,00 a	4133,00 b	16,00 b	866 e
- Epagri 114	8,66 a	5516,66 a	6,00 a	1333 d
-CNAI 9022	8,66 a	5650,00 a	16,00 b	3150 b
- Basmati	8,66 a	3516,00 c	21,33 c	750 e
-Irri 344	9,33 a	2100,00 c	19,33 b	2483 c
-Oryzica 1	9,33 a	4483,33 b	18,66 b	1967 c
-BRS Taim	9,66 a	6050,00 a	15,33 b	3650 a
-Colmbia	10,66 a	5033,33 b	16,66 b	1222 d
-Cica 9	10,66 a	6083,33 a	15,33 b	2417 c
-BRS Formoso	10,66 a	6933,33 a	8,660 a	1067 e
-Tetep	10,66 a	5191,66 a	11,33 a	1617 d
-BRS Fronteira	13,33 b	6116,66 a	21,33 c	2589 c
-Cica 8	14,66 b	2333,33 c	8,660 a	1733 d
-Metica 1	15,00 b	5566,66 a	22,00 c	2478 c
-BRS Ouro minas	15,33 b	4566,66 b	24,66 c	917 e
-Diamante	17,33 b	5533,33 a	34,66 d	1300 d
-Cica 7	18,00 b	4483,00 b	14,00 b	533 e
-BRS Jaburu	20,00 b	4633,33 b	24,66 c	1550 d
-Epagri 109	20,00 b	4333,33 b	16,66 b	1883 d
-BRS Pelotas	20,66 b	6150,00 a	12,66 b	750 e
-CNAI 8502	23,33 c	3700,00 b	8,00 a	783 e
-Irga 417	24,66 c	4983,33 b	10,00 a	2467 c
-Oryzica Lhanos 4	24,66 c	6516,66 a	18,66 b	1350 d
-Irga 409	24,66 c	6416,66 a	11,33 a	2583 c
-Best	28,66 c	4733,33 b	8,66 a	3733 a
-ir 34	30,00 c	5783,33 a	10,66 a	2350 c
-Java	32,66 d	4633,33 b	38,00 d	967 e
-Jaçanã	40,33 e	5450,00 a	40,00 d	3033 b
-Ir 36	53,33 e	3141,66 c	4,66 a	1650 d
-MISTURA (varietal)	9,33 a	6758,33 a	14,66 b	1922 d
-Mdia geral das linhas isoladas:	16,24	5055,95	16,90	1888,58
CV (%)	31,42	20,14	25,72	16,05

Médias seguidas da mesma letra na coluna não difere estatisticamente pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

No presente estudo, de acordo com a resposta das diferenciadoras internacionais, as seguintes raças do fungo foram identificadas na área de várzeas: IA-2, IB-2, IB-9, IB-19, IB-33, IC-8, IC-16 e IG-2 e em terras altas a raça IB-6. A maioria delas é diferente daquelas encontradas na amostragem populacional realizada por Anjos et al. (2009) e Dias Neto et al. (2010), na região produtora do Formoso do Araguaia. Das raças identificadas nas parcelas das linhas isoladas somente o Patótipo IB-33 e IB-9 foi encontrado por estes autores. Assim, pode-se inferir que a brusone das folhas e das panículas verificadas no presente trabalho, também pode ter sido provocada por outros patótipos diferentes daqueles anteriormente identificados por estes autores. Isto demonstra que *M. oryzae* é um patógeno que muda rapidamente a frequência das raças fisiológicas presentes em determinados locais e depende também do patótipo cultivado no local.

O conhecimento das raças de *M. oryzae* que afetam os genótipos no campo e do seu padrão de virulência é importante para a incorporação da resistência nestes genótipos (PRABHU e FILIPPI, 2001).

No presente estudo, foram encontradas algumas raças diferentes do que as amostradas por Anjos et al. (2009) e Dias Neto et al. (2010), em Formoso. Este fato, pode ter ocorrido por vários fatores, entre eles a coleta de plantas doentes em uma área extensa de plantio com aproximadamente 50.000 ha, certamente é passível de erros amostrais. Também deve-se considerar que *M. oryzae* tem um ciclo de vida rápido e facilidade de formação de novas combinações genéticas de patogenicidade ocorridas por mutação e a introdução periódica de novas raças, ocasionadas pelo plantio de sementes oriundas de outras regiões.

Dias Neto et al. (2010), encontraram a presença de 61 raças de *M. oryzae* pertencentes a todos os grupos de patótipos, exceto o grupo IH. De acordo com os resultados obtidos pelos autores, as áreas de arroz irrigado do Vale do Rio Araguaia apresentam a maior diversidade de patótipos de *M. oryzae* descrita até o momento no Brasil. Vale ressaltar que na região do Vale do Araguaia, existe poucos cultivares plantados em extensas áreas e todos os produtores fazem uso exagerado do controle químico, causando forte impacto ambiental. Nestas condições, a mistura varietal pode se tornar uma técnica promissora no manejo da brusone, tanto em pequenas como em grandes áreas de cultivo, tornando-se uma estratégia de manejo ecologicamente correto, reduzindo ou evitando o uso de agrotóxicos.

CONCLUSÃO

A mistura varietal de arroz foi eficaz na redução da severidade da brusone das folhas e das panículas e no aumento da produtividade nas condições de várzeas como também nas condições de terra altas.

LITERATURA CITADA

ANJOS, L. M.; SANTOS, G. R.; DIAS NETO, J.J.; et al. Identificação de raças fisiológicas de *Magnaporthe grisea* em áreas de arroz irrigado no Estado do Tocantins. **Tropical. plant pathology**. v. 34, nº. 3, 2009.

ARRUDA, M. A.; BUENO, C. R. N. C.; ZAMPROGNO, K. C.; et al. Reação do trigo à *Magnaporthe grisea* nos diferentes estádios de desenvolvimento. **Fitopatologia Brasileira**. v. 30, p. 121-126, 2005.

ASHIZAWA, T.; SASAHARA, M.; OHBA, A.; et al. Lesion-based analysis of leaf blast suppression in mixture of rice cultivar and a resistant near-isogenic line. **J. Gen Plant Pathology**. v. 73. p. 15-21, 2007 a

ASHIZAWA, T.; ZENBAYASHI-SAWATA, K.; KOIZUMI, S. Vertical distribution of leaf blast lesions in mixtures of rice cultivar Sasanishiki and its resistant near-isogenic line. **J. Gen Plant Pathology**. v. 73. p. 129-132, 2007 b.

ATKINS, J.G.; ROBERT, A. L.; ADAIR, C. R.; GOTO, K.; KOSAKA, R.; YANAGIDA, P.; YAMADA, M.; MATSUMOTO, S. International set of rice varieties for differentiating races of *Pyricularia oryzae*. **Phytopathology**. v. 57 p. 297-301, 1967.

BONMAN, J. M.; KHUSH, G. S.; NELSON, R. J. Breeding rice for resistance to pests. **Annual Review Phytopathology**. v. 20, p. 507-528, 1992.

BROWNING, J.A.; FREY, K. J. Multiline cultivars as a means of disease control. **Annual Review Phytopathology**. v. 14, p. 355–82, 1969.

CASTRO, A. **Cultivars Mixtures**. The Plant Health Instructor. DOI: 10.1094/PHI-A-2001-1230-01). 2001.

Disponível

em://

WWW.aspnet.org/Education/advancedPlantPath/Topics/genótipomixtures/what_is_pg1.

Acesso em: 13 de maio de 2009.

- DIAS NETO, J. J.; SANTOS, G. R.; ANJOS, L. M.; et al. Hot spots for diversity of *Magnaporthe oryzae* physiological races in irrigated rice fields in Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 45, n. 3, p. 252-260, 2010.
- GOULART, A. C. P.; SOUSA, P. G.; URASHIMA, A. S. Danos em trigo causados pela infecção de *Pyricularia grisea*. **Summa Phytopathologica**, v. 33, n. 4, p. 358-363, 2007.
- LANNOU, C. Intra-Pathotype diversity for aggressiveness and pathogen evolution in cultivars mixtures. **Phytopathology**. v. 91, 2001.
- LEUNG, H.; BORROMEO, E. S.; BERNARDO, M. A.; et al. Genetic analysis of virulence in the rice blast fungus *Magnaporthe grisea*. **Phytopathology**. v. 78, n. 9, p. 1227-1233, 1988.
- LING, K. C.; OU, S. H. Standardization of international race numbers of *Pyricularia oryzae*. **Phytopathology**. v. 59, p.339-342, 1969.
- MUNDT C. C.; HAYES P. M.; SCHON C. C. Influence of variety mixtures on severity of scald and net blotch and on the yield of barley. **Plant Pathology**. v. 43, p. 356–61. 1994.
- MUNDT, C. C. Performance of wheat cultivar and cultivar mixtures in the presence of *Cephalosporium stripe*. *Crop Protection* v. 21, p. 93–99, 2002.
- NAKAJIMA, T. Mechanism of rice blast disease control by multilines. **J. Agric. Sci.** v. 49, p. 390-395, 1994.
- NAKAJIMA, T.; SONODA, R.; YAEGASHI, H. Effect of a multiline of rice cultivar Sasanishiki and its isogenic lines on suppressing rice blast disease. **Revista Annual de Fitopatologia**, v. 62, p. 227-233, 1996 a.
- NAKAJIMA, T.; SONODA, R.; YAEGASHI, H.; SAITO, H. Factors Related to suppression of leaf blast disease with a multiline of Rice cultivar Sasanishiki and its isogenic lines. **Revista Anual de Fitopatologia**. v. 62, p. 360-364, 1996 b.
- PRABHU, A. S.; FILIPPI, M. C. **Brusone em arroz: controle genético, progresso e perspectivas**. Santo Antônio de Goiás GO. Embrapa Arroz e Feijão, 2006.
- PRABHU, A. S.; GUIMARÃES, C. M.; SILVA, G. B. **Manejo da Brusone no Arroz de Terras Altas**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão. (Documentos, 52), p. 6, 2002.
- PRABHU, A. S.; FILIPPI, M. C. Graus de resistência à brusone e produtividade de genótipos melhoradas de arroz de terras altas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 36, n. 12, p. 1453-1459, 2001.
- RANGEL, P. H. N.; SOARES, D. M.; MORAIS, O. P.; et al. BRS Alvorada and BRS Guará - Irrigated Rice Genótipos for the States Goiás and Tocantins. **Crop Breeding and Applied Biotechnology** . v. 6, p. 319-322, 2006.

SANTOS, G. R.; SABOYA, L. M. F.; RANGEL, P. N. N.; et al. Resistência de genótipos de arroz a doenças no sul do Estado do Tocantins. **Bioscience Journal**, v. 18, n. 1, p.3-12, 2002.

SANTOS, G. R.; KORNDÖRFER, G. H.; REIS FILHO, J. C. D.; et al. Adubação com silício: influência sobre as principais doenças e sobre a produtividade do arroz irrigado por inundação. **Revista Ceres**, v. 50, p. 1-8, 2003.

SANTOS, G. R.; RANGEL, P. H. N.; SANTIAGO, C. M.; et al. Reação a doenças e caracteres agronômicos de genótipos de arroz de várzeas no Estado do Tocantins. **Agropecuária Técnica**. v. 26, n. 1, p. 51-57, 2005.

SESTER, M.; RABOIN, L. M.; RAMANANTSOANIRINA, A.; et al. Q.36-Toward an integrated strategy to limit blast disease in upland rice. In: **ENDURE International Conference**. p. 12-15, 2008.

VALLAVIEILLE-POPE, C. Management of disease resistance diversity of cultivars of a species in single fields: controlling epidemics. **Comptes Rendus Biologies**. v. 327, p. 611–620, 2004.

ZHU, Y. Y.; FANG, H.; WANG, Y. Y.; et al. Panicle blast and canopy moisture in rice cultivar mixtures. **Phytopathology**. v. 95, n. 04, p. 433-438, 2005.

ZHU, Y.; CHEN, H.; FAN, J. et al. Genetic diversity and disease control in rice. **Nature**. v. 406, p.718-722, 2000.

ZHUANG, J.Y.; MA, W.B.; WU, J.L.; et al. Mapping of leaf and neck blast resistance genes with resistance gene analog, RAPD and RFLP in rice. **Euphytica**. v. 128, p. 363-370, 2002.

ANEXOS

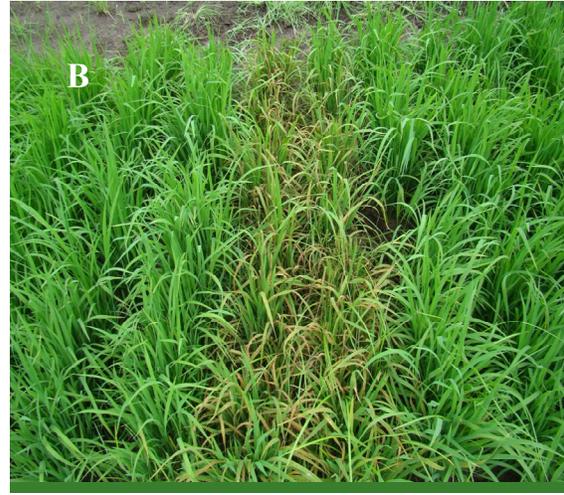
Anexo 1- Chave para identificação de raças fisiológicas de *M. grisea* em arroz.

Grupo e Nº da raça	Reaç. Diferencial ABCDEFGH	Grupo e Nº da raça	Reaç. Diferencial ABCDEFGH	Grupo e Nº da raça	Reaç. Diferencial ABCDEFGH
IA-1	SSSSSSSS	IA-92	SRSRRSRR	IB-53	RSRRSRSS
IA-2	SSSSSSSR	IA-93	SRSRRRSS	IB-54	RSRRSRSR
IA-3	SSSSSSRS	IA-94	SRSRRRSR	IB-55	RSRRSRRS
IA-4	SSSSSSRR	IA-95	SRSRRRRS	IB-56	RSRRSRRR
IA-5	SSSSSRSS	IA-96	SRSRRRRR	IB-57	RSRRRSSS
IA-6	SSSSRSR	IA-97	SRRSSSSS	IB-58	RSRRRSSR
IA-7	SSSSRRS	IA-98	SRRSSSSR	IB-59	RSRRRSRS
IA-8	SSSSRRR	IA-99	SRRSSRS	IB-60	RSRRRSRR
IA-9	SSSSRSS	IA-100	SRRSSRR	IB-61	RSRRRRSS
IA-10	SSSSRSSR	IA-101	SRRSSRSS	IB-62	RSRRRRSR
IA-11	SSSSRSRS	IA-102	SRRSSRSR	IB-63	RSRRRRRS
IA-12	SSSSRSRR	IA-103	SRRSSRRS	IB-64	RSRRRRRR
IA-13	SSSSRRSS	IA-104	SRRSSRRR		
IA-14	SSSSRRSR	IA-105	SRRSRSSS		
IA-15	SSSSRRRS	IA-106	SRRSRSSR	IC-1	RRSSSSSS
IA-16	SSSSRRRR	IA-107	SRRSRRS	IC-2	RRSSSSSR
IA-17	SSSRSSSS	IA-108	SRRSRRR	IC-3	RRSSSSRS
IA-18	SSSRSSSR	IA-109	SRRSRRSS	IC-4	RRSSSSRR
IA-19	SSSRSSRS	IA-110	SRRSRRSR	IC-5	RRSSSRSS
IA-20	SSSRSSRR	IA-111	SRRSRRRS	IC-6	RRSSSRSR
IA-21	SSSRSRSS	IA-112	SRRSRRRR	IC-7	RRSSSRRS
IA-22	SSSRRSR	IA-113	SRRRSSSS	IC-8	RRSSSRRR
IA-23	SSSRRRS	IA-114	SRRRSSSR	IC-9	RRSSRSSS
IA-24	SSSRRRR	IA-115	SRRRSSRS	IC-10	RRSSRSSR
IA-25	SSSRSSS	IA-116	SRRRSSRR	IC-11	RRSSRSRS
IA-26	SSSRSSR	IA-117	SRRRSRSS	IC-12	RRSSRSRR
IA-27	SSSRRSRS	IA-118	SRRRSRSR	IC-13	RRSSRRSS
IA-28	SSSRRSRR	IA-119	SRRRSRRS	IC-14	RRSSRRSR
IA-29	SSSRRRSS	IA-120	SRRRSRRR	IC-15	RRSSRRRS
IA-30	SSSRRRSR	IA-121	SRRRRSSS	IC-16	RRSSRRRR
IA-31	SSSRRRRS	IA-122	SRRRRSSR	IC-17	RRSRSSSS
IA-32	SSSRRRR	IA-123	SRRRRRS	IC-18	RRSRSSSR
IA-33	SSRSSSSS	IA-124	SRRRRSRR	IC-19	RRSRSSRS
IA-34	SSRSSSSR	IA-125	SRRRRRSS	IC-20	RRSRSSRR
IA-35	SSRSSRS	IA-126	SRRRRRSR	IC-21	RRSRSRSS
IA-36	SSRSSRR	IA-127	SRRRRRRS	IC-22	RRSRSRSR
IA-37	SSRSSRSS	IA-128	SRRRRRRR	IC-23	RRSRSRRS
IA-38	SSRSSRSR			IC-24	RRSRSRRR
IA-39	SSRSSRRS			IC-25	RRSRRSSS
IA-40	SSRSSRRR	IB-1	RSSSSSSS	IC-26	RRSRRSSR
IA-41	SSRSRSSS	IB-2	RSSSSSSR	IC-27	RRSRRSRS
IA-42	SSRSRSSR	IB-3	RSSSSSRS	IC-28	RRSRRSRR
IA-43	SSRSRSRS	IB-4	RSSSSSRR	IC-29	RRSRRRSS
IA-44	SSRSRSRR	IB-5	RSSSSRSS	IC-30	RRSRRRSR
IA-45	SSRSRRSS	IB-6	RSSSSRSR	IC-31	RRSRRRRS
IA-46	SSRSRRSR	IB-7	RSSSSRRS	IC-32	RRSRRRRR
IA-47	SSRSRRRS	IB-8	RSSSSRRR		

Anexo 1- Continuação...

Grupo e n° da raça	Reaç. Diferencial ABCDEFGH	Grupo e n° da raça	Reaç. Diferencial ABCDEFGH	Grupo e n° da raça	Reaç. Diferencial ABCDEFGH
IA-48	SSRSRRRR	IB-9	RSSSRSSS		
IA-49	SSRRSSSS	IB-10	RSSSRSSR	ID-1	RRRSSSSS
IA-50	SSRRSSSR	IB-11	RSSSRSRs	ID-2	RRRSSSSR
IA-51	SSRRSSRS	IB-12	RSSSRsRR	ID-3	RRRSSSRS
IA-52	SSRRSSRR	IB-13	RSSSRRSS	ID-4	RRRSSSRR
IA-53	SSRRSRSS	IB-14	RSSSRRSR	ID-5	RRRSSRSS
IA-54	SSRRSRsR	IB-15	RSSSRRRS	ID-6	RRRSSRSR
IA-55	SSRRSRRS	IB-16	RSSSRRRR	ID-7	RRRSSRRS
IA-56	SSRRSRRR	IB-17	RSSRSSSS	ID-8	RRRSSRRR
IA-57	SSRRRSSS	IB-18	RSSRSSSR	ID-9	RRRSRSSS
IA-58	SSRRRSSR	IB-19	RSSRSSRS	ID-10	RRRSRSSR
IA-59	SSRRRSRS	IB-20	RSSRSSRR	ID-11	RRRSRSRS
IA-60	SSRRRRRR	IB-21	RSSRSRSS	ID-12	RRRSRSRR
IA-61	SSRRRRSS	IB-22	RSSRSRSR	ID-13	RRRSRRSS
IA-62	SSRRRRsR	IB-23	RSSRSRRS	ID-14	RRRSRRsR
IA-63	SSRRRRRS	IB-24	RSSRSRRR	ID-15	RRRSRRRS
IA-64	SSRRRRRR	IB-25	RSSRRSSS	ID-16	RRRSRRRR
IA-65	SRSSSSSS	IB-26	RSSRRSSR		
IA-66	SRSSSSSR	IB-27	RSSRRsRS		
IA-67	SRSSSSRS	IB-28	RSSRRSRR	IE-1	RRRRSSSS
IA-68	SRSSSSRR	IB-29	RSSRRRSS	IE-2	RRRRSSSR
IA-69	SRSSSRSS	IB-30	RSSRRRSR	IE-3	RRRRSSRS
IA-70	SRSSSRsR	IB-31	RSSRRRRS	IE-4	RRRRSSRR
IA-71	SRSSSRRS	IB-32	RSSRRRRR	IE-5	RRRRSRSS
IA-72	SRSSSRRR	IB-33	RSRSSSSS	IE-6	RRRRSRsR
IA-73	SRSSRSSS	IB-34	RSRSSSSR	IE-7	RRRRSRRS
IA-74	SRSSRSSR	IB-35	RSRSSRSs	IE-8	RRRRSRRR
IA-75	SRSSRSRS	IB-36	RSRSSSRR		
IA-76	SRSSRSRR	IB-37	RSRSSRSS		
IA-77	SRSSRRSS	IB-38	RSRSSRSR	IF-1	RRRRRSSS
IA-78	SRSSRRsR	IB-39	RSRSSRRS	IF-2	RRRRRSSR
IA-79	SRSSRRRS	IB-40	RSRSSRRR	IF-3	RRRRRSRS
IA-80	SRSSRRRR	IB-41	RSRSRSSS	IF-4	RRRRRSRR
IA-81	SRSRSSSS	IB-42	RSRSRSSR		
IA-82	SRSRSSSR	IB-43	RSRSRSRS		
IA-83	SRSRSSRS	IB-44	RSRSRSRR	IG-1	RRRRRRSS
IA-84	SRSRSSRR	IB-45	RSRSRRSS	IG-2	RRRRRRsR
IA-85	SRSRSRSS	IB-46	RSRSRRsR		
IA-86	SRSRSRSR	IB-47	RSRSRRRS		
IA-87	SRSRSRRS	IB-48	RSRSRRRR	IH-1	RRRRRRRS
IA-88	SRSRSRRR	IB-49	RSRRSSSS		
IA-89	SRSRRSSS	IB-50	RSRRSSSR		
IA-90	SRSRRSSR	IB-51	RSRRSSRS	II-1	RRRRRRRR
IA-91	SRSRRRSRS	IB-52	RSRRSSRR		

A – Raminad Str-3; B – Zenith; C – NP-125; D – Usen; E – Dular; F – Kanto 51; G – Sha-tiao-tsau; H – Caloro. Fonte: Ling e Ou, 1969.



Anexo 2- Foto do genótipo Cica 8 cultivado em linhas isoladas (A e B), com alta severidade de brusone foliar. Na mistura varietal (C), baixo nível de brusone nas folhas.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)