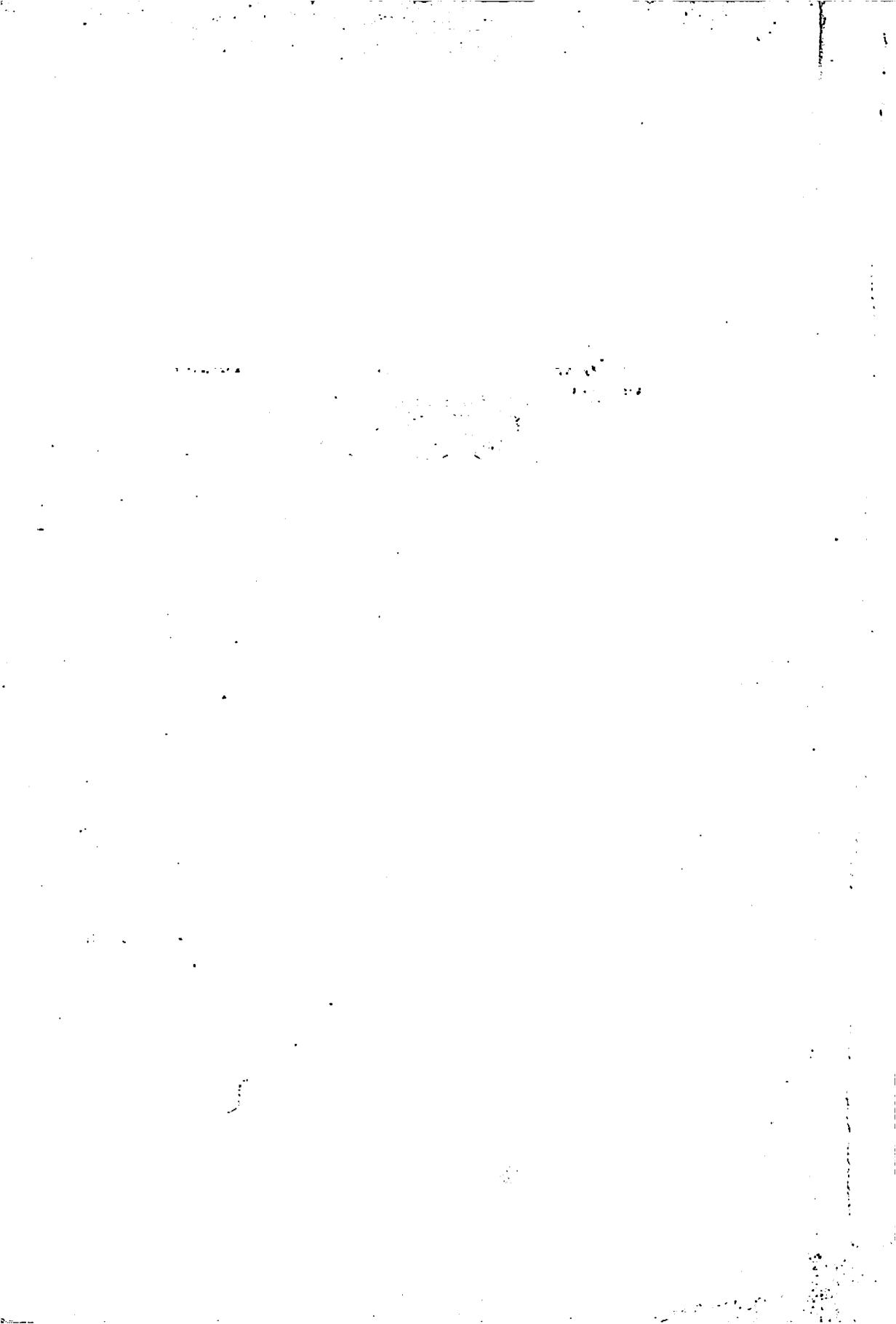


**ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DE
LINHAGENS DE ARROZ DE SEQUEIRO
AVALIADAS EM MINAS GERAIS NO
PERÍODO DE 1993/94 A 1995/96**

ANDRÉ LUIZ ATROCH

1999



ANDRÉ LUIZ ATROCH

**ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DE LINHAGENS DE
ARROZ DE SEQUEIRO AVALIADAS EM MINAS GERAIS NO
PERÍODO DE 1993/94 A 1995/96**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Agronomia, área de concentração em Genética e Melhoramento de Plantas, para obtenção do título de "Mestre".

Orientador

Prof. Dr. Antônio Alves Soares

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
1999

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Atroch, André Luiz

Adaptabilidade e estabilidade de linhagens de arroz de sequeiro avaliadas em Minas Gerais no período de 1993/94 a 1995/96 / André Luiz Atroch. – Lavras : UFLA, 1999.

67 p. : il.

Orientador: Antônio Alves Soares.

Dissertação (Mestrado) – UFLA.

Bibliografia.

1. Arroz. 2. Adaptabilidade. 3. Estabilidade. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-633.183

ANDRÉ LUIZ ATROCH

**ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DE LINHAGENS DE
ARROZ DE SEQUEIRO AVALIADAS EM MINAS GERAIS NO
PERÍODO DE 1993/94 A 1995/96**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Agronomia, área de concentração em Genética e Melhoramento de Plantas, para obtenção do título de "Mestre".

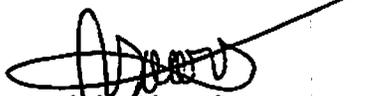
APROVADA em 09 de março de 1999

Prof. Dr. Magno Antônio Patto Ramalho

UFLA

Dr. Plínio César Soares

EPAMIG



Prof. Dr. Antônio Alves Soares
UFLA
(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL

À minha esposa Eva,

Aos meus filhos Tiago e Daniel,

Aos meus pais José e Marilac,

Aos meus irmãos Deizinha e Fernando,

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela saúde, paz e felicidade.

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), através do Centro de Pesquisa Agroflorestal do Amapá (CPAF-Amapá) e do Centro de Pesquisa Agroflorestal da Amazônia Ocidental (CPAA), pela oportunidade de realização deste Curso.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), pelo aceite para realização deste Curso.

Ao Professor Dr. Antônio Alves Soares, pela orientação, amizade e ensinamentos transmitidos.

Ao Professor Dr. Magno Antônio Patto Ramalho, pela co-orientação, pelos ensinamentos e pelas valiosas sugestões na elaboração deste trabalho.

Ao Dr. Plínio César Soares (EPAMIG), pela participação na banca examinadora.

Aos professores da UFLA, pelos ensinamentos transmitidos durante a realização deste Curso.

Aos funcionários do Departamento de Biologia da UFLA, pela colaboração.

Aos funcionários da Biblioteca Central da UFLA, pela atenção dispensada.

Aos colegas do Curso de Genética e Melhoramento de Plantas da UFLA, pelo carinho e amizade.

À minha esposa Eva Maria Alves Cavalcanti Atroch, pelo amor, compreensão e estímulo.

Aos meus filhos Tiago e Daniel, pelo amor e compreensão.

BIOGRAFIA

ANDRÉ LUIZ ATROCH, filho de José Atroch e Luiza de Marilac Atroch, nasceu em 28 de fevereiro de 1961 na cidade de Recife, Estado de Pernambuco.

Graduou-se em Engenharia Agrônômica, em outubro de 1984, pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE).

Em fevereiro de 1985, iniciou suas atividades como bolsista de aperfeiçoamento científico do convênio Embrapa/CNPq, através do Programa de Integração Ensino-Pesquisa (PIEP), projeto "Comportamento de cultivares de arroz na Região Amazônica", no Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido (Embrapa/CPATU), em Belém-PA.

Em dezembro de 1985, foi contratado pela São Raimundo Agroindustrial Ltda, empresa da Companhia do Jari, como pesquisador do Projeto de Arroz Irrigado, em São Raimundo, município de Almeirim-PA.

Em março de 1988, foi contratado pela Companhia Florestal Monte Dourado, também empresa da Companhia do Jari, em Monte Dourado, município de Almeirim-PA.

Em março de 1990, foi contratado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), para trabalhar, como pesquisador, no seu Centro de Pesquisa Agroflorestal do Amapá (CPAF-Amapá), com a cultura do arroz, em Macapá-AP. Em junho de 1998, foi transferido para o Centro de Pesquisa Agroflorestal da Amazônia Ocidental (CPAA), em Manaus - AM.

Iniciou o curso de Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas na Universidade Federal de Lavras em março de 1997, concluindo-o em março de 1999.

SUMÁRIO

RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	ii
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	3
2.1 Avaliação de cultivares de arroz de sequeiro em Minas Gerais.....	3
2.2 Interação genótipos por ambientes.....	3
2.3 Adaptabilidade e estabilidade fenotípica.....	6
2.3.1 Metodologias baseadas no uso da regressão.....	9
2.3.2 Outras metodologias.....	12
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	15
3.1 Ambientes em que foram conduzidos os experimentos.....	15
3.2 Linhagens avaliadas.....	15
3.3 Condução dos ensaios.....	17
3.4 Análise estatística.....	18
3.5 Análise de adaptabilidade e estabilidade.....	22
3.5.1 Metodologia de Lin e Binns (1988).....	22
3.5.2 Método proposto por Cruz, Torres e Vencovsky (1989).....	23
3.5.3 Método de Annicchiarico (1992).....	24
4 RESULTADOS.....	25
4.1 Resultados do ano agrícola 1993/94.....	25
4.2 Resultados do ano agrícola 1994/95.....	32
4.3 Resultados do ano agrícola 1995/96.....	38
4.4 Resultados do triênio agrícola 1993/94, 1994/95 e 1995/96.....	44
5 DISCUSSÃO.....	52
6 CONCLUSÕES.....	60
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	61

RESUMO

ATROCH, A. L. Adaptabilidade e estabilidade de linhagens de arroz de sequeiro avaliadas em Minas Gerais no período de 1993/94 a 1995/96. Lavras: UFLA, 1999. 67p. (Dissertação - Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas)*

A avaliação de linhagens é uma das etapas mais trabalhosa e onerosa dos programas de melhoramento genético, pois exige a condução de experimentos numa grande amplitude de ambientes e com a maior precisão experimental possível. Em Minas Gerais, o programa de melhoramento genético do arroz de sequeiro é conduzido em diferentes condições ambientais, às quais foram agrupadas em dois sistemas de cultivo: sequeiro tradicional e sequeiro irrigado por aspersão. Desta forma, é esperado a ocorrência da interação genótipos por ambientes. O presente trabalho teve como objetivo discriminar as linhagens de arroz com relação à adaptabilidade e estabilidade no período e nos dois sistemas de cultivo avaliados. Para isso, foram realizadas as análises de variância individuais, conjunta dentro de cada ano e conjunta do triênio 1993/94, 1994/95 e 1995/96. Para avaliação da adaptabilidade e estabilidade dos materiais testados no período, utilizou-se os métodos de Lin e Binns (1988), Cruz et al. (1989) e Annicchiarico (1992). Dentre os materiais avaliados, quanto à adaptabilidade, ou seja, maior produtividade de grãos, os cultivares Canastra, Guarani, Douradão e Caiapó e as linhagens CNA 7024 e CNA 6975-2 foram os que mais se destacaram. Os materiais diferiram quanto à estabilidade de produtividade de grãos, com destaque para o cultivar Canastra e a linhagem CNA 6975-2. Por outro lado, os cultivares Maravilha e Confiança e a linhagem CNA 7911 mostraram-se instáveis. A interação genótipos por sistemas foi não significativa, não havendo necessidade de testar o mesmo grupo de materiais nos sistemas de sequeiro irrigado por aspersão e sequeiro tradicional. Assim, deve-se optar por um ou outro sistema, devendo-se dar preferência ao sequeiro tradicional por ser mais próximo do sistema de cultivo utilizado pelos produtores de arroz. A magnitude da variância da interação genótipos por locais foi maior do que a magnitude da variância da interação genótipos por anos, sugerindo que as avaliações sejam realizadas em um maior número de locais, com a consequente redução do número de anos, reduzindo, assim, o período de testes regionais.

* Comitê de Orientação: Antônio Alves Soares - UFLA - (Orientador), Magno Antônio Patto Ramalho - UFLA (Co-Orientador).

ABSTRACT

ATROCH, A. L. Adaptability and stability of lineages of upland rice evaluated in Minas Gerais in the period from 1993/94 to 1995/96. Lavras: UFLA, 1999. 67p. (Dissertation - Magister Science in Genetics and Plant Breeding) *

The evaluation of lineages is one of the most difficult and onerous of the genetic improvement programs stages, because it demands the conduction of experiments in a great width of environments and larger possible experimental precision. In Minas Gerais, the upland rice genetic breeding program has been conducted in a wide environmental variation, however that can be contained in two different cultivation systems: traditional upland rice and irrigated by aspersion upland rice. This way a genotypes by environments interaction has been waited. The present work had as objective to discriminate the rice lineages with relationship to adaptability and stability in the period and cultivation systems evaluated. For that, the individual analyses of variance and joint analyses by three-years period had been accomplished. For evaluation of the adaptability and stability of the rice cultivars tested in the period it was used the methods of Lin and Binns (1988), Cruz et al. (1989) and Annicchiarico (1992). Among the appraised materials with relationship to the adaptability larger productivity of grains the cultivars Canastra, Guarani, Douradão and Caiapó and the lineages CNA 7024 and CNA 6975-2 were the ones that more stood out. The materials differed with relationship to the stability of productivity of grains, with prominence for cultivar Canastra and the lineage CNA 6975-2. On the other hand the cultivars Maravilha and Confiança and the lineage CNA 7911 had been shown unstable. The genotype by systems interaction was not significant is not having need to test the same group of materials in the irrigated by aspersion upland rice system and traditional upland rice system. Thus, it should be opted by an or other system, should be given preference to the traditional upland rice system because it is near to the rice farmer's cultivation system. The magnitude of the variance of the genotype by places interaction went larger than to magnitude of the variance of the genotype by year interaction suggesting which the evaluations have been accomplished in a larger number of places, with the consequent reduction of the number of years reducing like this the period of regional tests.

* Adviser Committee: Antônio Alves Soares - UFLA - (Adviser), Magno Antônio Patto Ramalho - UFLA (Co-Adviser).

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento e crescimento das plantas é afetado por vários fatores ambientais, dentre eles estão as condições edafoclimáticas, associadas à práticas culturais e ocorrência de patógenos. Em um determinado ambiente, o fenótipo do indivíduo é o resultado da ação do genótipo sob influência do meio. Entretanto, quando se considera uma série de ambientes, surge um terceiro componente, que é a interação dos genótipos por ambientes, a qual é de fundamental importância para a estratégia de condução dos programas de melhoramento, sendo o principal complicador na tomada de decisão do melhorista. Na presença da interação, existe a possibilidade de o melhor cultivar em um ambiente não o ser em outro. Este fato influencia o ganho de seleção e dificulta a recomendação de cultivares com ampla adaptabilidade (Kang e Magari, 1996; Cruz e Regazzi, 1997). Além do mais reduz a correlação entre fenótipo e genótipo (Xie e Mosjidis, 1996).

Existem basicamente, segundo Ramalho et al. (1993), três meios de se atenuar o efeito da interação genótipos por ambientes: identificar cultivares específicos para cada ambiente, realizar o zoneamento ecológico e identificar cultivares com maior estabilidade fenotípica. O primeiro modo é uma opção teoricamente possível, mas praticamente inexecutável. O zoneamento ecológico só é possível com base em diferenças macroambientais, tornando-se vulnerável às variações imprevisíveis do ambiente, e também a interação genótipos por anos não pode ser controlada por esse método. Assim, a identificação dos materiais mais estáveis é uma das alternativas mais viáveis para atenuar a interação genótipos por ambientes.

O plantio do arroz de sequeiro em Minas Gerais é realizado de modo tradicional, ou seja, o fornecimento de água é através das chuvas. Assim, este tipo de sistema de cultivo envolve um grande risco de perda da produção por déficit

hídrico, principalmente se este déficit ocorrer nos estádios de emborrachamento, emergência das panículas e floração, que são os mais críticos para a cultura do arroz. Nos últimos anos, a irrigação por aspersão vem sendo utilizada com mais frequência pelos produtores, como meio de atenuar o déficit hídrico dos plantios de arroz, assumindo assim importância como sistema de cultivo alternativo ao sequeiro tradicional. Desse modo, é necessário saber se os genótipos utilizados no sistema de cultivo de sequeiro tradicional são os mesmos para o sistema de sequeiro irrigado por aspersão.

Utilizando-se os dados dos experimentos de arroz de sequeiro, do programa cooperativo desenvolvido pela EPAMIG/UFLA/Embrapa-CNPAF e conduzidos em Minas Gerais em diversos locais durante os anos agrícolas 1993/94, 1994/95 e 1995/96, realizou-se este trabalho com o objetivo de discriminar os cultivares de arroz com relação à adaptabilidade e estabilidade no período e nos dois sistemas de cultivo avaliados.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Avaliação de Cultivares de Arroz de Sequeiro em Minas Gerais

O uso de cultivares melhorados constitui-se na tecnologia de menor dispêndio para o produtor e, portanto, de mais fácil adoção e que proporciona maiores retornos econômicos em curto espaço de tempo. Entretanto, identificar estes materiais tem sido o maior desafio que os melhoristas enfrentam, principalmente devido a interação genótipos por ambientes.

O programa de melhoramento genético do arroz no Brasil é coordenado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa, através do Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão - CNPAF, que, em cooperação com várias instituições de pesquisa, dentre elas a Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais - EPAMIG e a Universidade Federal de Lavras - UFLA, implementam as ações de avaliação por meio de três classes de ensaios: Ensaio de Observação de Linhagens (EO), Ensaio Comparativo Preliminar de Rendimento (ECP) e Ensaio Comparativo Avançado de Rendimento (ECA).

Em Minas Gerais, os ECA's são instalados em diversos locais de regiões representativas do estado por vários anos. Por meio destes ensaios é possível detectar as interações genótipos por ambientes, avaliar a adaptabilidade e estabilidade e lançar ou recomendar os novos cultivares (Soares, 1992).

2.2 Interação Genótipos por Ambientes

A interação genótipos por ambientes pode ser entendida como a resposta diferenciada de genótipos, quando submetidos à ambientes diferentes, ou seja, o comportamento dos genótipos em um determinado ambiente pode não ser

coincidentes em outros (Comstock e Moll, 1963; Finlay e Wilkinson, 1963; Eberhart e Russel, 1966; Falconer, 1987). Estas interações, quando presentes em experimentos de rendimento são um desafio para os melhoristas de plantas, causando redução no progresso com a seleção (Kang e Magari, 1996; Cruz e Regazzi, 1997)).

A existência da interação está associada a dois fatores: o primeiro, denominado parte simples, é proporcionado pela diferença de variabilidade entre os genótipos nos ambientes, e o segundo, denominado parte complexa, pela falta de correlação entre os genótipos. Quando é atribuída ao segundo fator, a interação proporciona dificuldades no melhoramento, pois indica a inconsistência da superioridade do genótipo com relação à variação ambiental, isto é, há genótipos com melhor desempenho em um ambiente, mas não em outros, tornando mais difícil selecioná-los e, ou, recomendá-los (Cruz e Castoldi, 1991).

Os fatores que causam a interação genótipos por ambientes são classificados, segundo Allard e Bradshaw (1964), em fatores previsíveis e imprevisíveis. Os fatores previsíveis são aqueles devidos a fatores permanentes do ambiente, tais como fertilidade do solo e fotoperíodo e, também aqueles que podem ser influenciados pelo homem, como data de plantio, densidade de sementeira, métodos de colheita e outras práticas agrônômicas. Os fatores imprevisíveis, são aqueles que ocorrem aleatoriamente, tais como estande final, distribuição de chuvas, temperatura e ocorrência de pragas e doenças. Nem sempre existe uma definição clara entre os fatores previsíveis e imprevisíveis ressaltam estes autores, e as características incluídas variam de cultura para cultura.

No caso de testes comparativos de grupos de cultivares e linhagens de arroz em vários locais, por ser uma espécie anual, a interação deve ser estudada com mais cuidado. A extensão da região em que esses testes serão realizados

possui grande importância, pois a probabilidade de desenvolvimento de um cultivar superior em uma região ampla é muito pequena. Por outro lado, se a região for menor e mais uniforme, a interação genótipos por ambientes é menos importante. No contexto de avaliação de genótipos, Moraes et al. (1982), afirmam que deve-se considerar os vários ambientes da área a que se destina, uma vez que diferenças mínimas de ambiente criam uma série de microclimas, nos quais um mesmo genótipo pode ter comportamentos muito diferentes. Por isso, a habilidade de os cultivares comportarem-se bem em uma grande amplitude de ambientes tem merecido atenção especial dos fitomelhoristas desde a década de 60.

Existem três situações que podem ocorrer com mais frequência, quando dois cultivares que diferem geneticamente quanto à produtividade de grãos, forem avaliados em dois ambientes, segundo Ramalho, Santos e Zimmermann (1993): a) os cultivares apresentam comportamentos concordantes nos dois ambientes e nesse caso não há interação e é possível recomendar o cultivar superior para os dois ambientes; b) quando o comportamento dos cultivares não é semelhante nos dois ambientes e um deles responde mais acentuadamente à melhoria do ambiente do que o outro, neste caso, existe interação genótipos por ambientes, entretanto ela não ocasiona maiores problemas, porque a classificação dos cultivares não é alterada nos diferentes ambientes. Por essa razão é denominada de interação simples, e, c) quando o comportamento dos genótipos é inverso nos dois ambientes, a interação genótipos por ambientes está presente e é denominada de complexa; neste caso, o trabalho do melhorista é bastante dificultado, pois a recomendação do cultivar só pode ser feita para um ambiente específico.

Diversos autores têm estudado a interação genótipos por ambientes e sua implicação nos programas de melhoramento genético, utilizando várias metodologias (Kang e Miller, 1984; Kang e Gauch, 1996; Chapman et al., 1997; Gauch e Zobel, 1997; Robert, 1997; Basford e Cooper, 1998; Kang, 1998). De

um modo geral, estes autores concluem que , existe a necessidade de se conhecer o material genético em questão e os ambientes que podem utilizar esta informação, para que o impacto dos programas de melhoramento seja efetivo.

2.3. Adaptabilidade e Estabilidade Fenotípica

Os termos estabilidade fenotípica e adaptação são frequentemente usados nos mais diferentes sentidos (Becker e León, 1988).

Estabilidade e adaptabilidade, muitas vezes são utilizados com o mesmo objetivo, porém, embora sejam relacionados, não são idênticos (Arias, 1996). Diversos autores (Finlay e Wilkinson, 1963; Allard e Bradshaw, 1964; Eberhart e Russel, 1966), definem estabilidade fenotípica como a menor sensibilidade do genótipo às variações do ambiente. Quanto maior o efeito do ambiente sobre o genótipo, menor será sua estabilidade fenotípica. Mariotti et al. (1976), sugeriram considerar “adaptabilidade” como a capacidade dos genótipos de aproveitarem vantajosamente o estímulo do ambiente, vantagem esta do ponto de vista produtivo, e a “estabilidade de comportamento”, como a capacidade dos genótipos mostrarem um comportamento altamente previsível em função da qualidade do estímulo ambiental.

Neste trabalho serão adotados os conceitos de adaptabilidade e estabilidade definidos por Mariotti et al. (1976).

Existem diversas metodologias para avaliação da estabilidade e, a utilização ou não de uma delas depende do objetivo do melhorista. Segundo Lin et al. (1986) e Lin e Binns (1988a), a estabilidade pode ser classificada em quatro tipos:

- a) Tipo 1 - O genótipo é considerado estável se sua variância entre os ambientes for pequena;

- b) Tipo 2 - O genótipo é considerado estável se sua resposta aos ambientes é paralela à resposta média de todos os genótipos no experimento;
- c) Tipo 3 - O genótipo é considerado estável se o quadrado médio do desvio do modelo de regressão do índice ambiental é pequeno;
- d) Tipo 4 - O genótipo é considerado estável se o quadrado médio do efeito de anos dentro de local for pequeno.

O Tipo 1 foi denominado por Becker (1981a), de “estabilidade no sentido biológico”, o que caracteriza um genótipo com desempenho constante com a variação do ambiente. Não sendo desejável porque o cultivar não acompanha a melhoria do ambiente com o aumento de produção (Lin et al., 1986; Ramalho, Santos e Zimmermann, 1993). Esse conceito de estabilidade é útil para características, cujos níveis têm de ser mantidos a todo custo, tais como características de qualidade, resistência às doenças, ou estresse causado pelo frio. Entretanto para produção, o objetivo do melhorista é identificar genótipos que sejam estáveis e de alta produtividade simultaneamente. A estabilidade no conceito biológico, entretanto, é usualmente associada com níveis relativamente baixos de produtividade (Becker e León, 1988).

A estabilidade do Tipo 2 é também denominada por Becker (1981a), de “estabilidade no sentido agrônômico”, e ocorre quando o material mostra interações mínimas com o ambiente, o que significa que o material acompanha o desempenho médio obtido nos ambientes. Este tipo tem sido a preferida, pois possibilita a identificação de cultivares estáveis e com potencial de manter-se entre os melhores em todos os ambientes (Ramalho, Santos e Zimmermann, 1993). Lin et al. (1986), ressaltam que este tipo de estabilidade é uma medida relativa e restrita aos materiais que foram avaliados, não podendo ser generalizada, significando que um cultivar estável em um determinado grupo de cultivares não necessariamente o será em presença de outros materiais.

O terceiro tipo de estabilidade é aquele em que o material será considerado estável quando o quadrado médio do desvio da regressão for pequeno (Lin et al., 1986).

A estabilidade do Tipo 4 foi proposta, posteriormente, por Lin e Binns (1988a). É o mais novo conceito de estabilidade, sendo estimada conforme descrito anteriormente.

Diversos métodos foram propostos para avaliar a estabilidade e cada um é baseado em um tipo de estabilidade. Dentro desta conceituação a utilização da variância como medida de estabilidade baseia-se no conceito de estabilidade do Tipo 1. A utilização do coeficiente de regressão do método de Finlay e Wilkinson (1963), pode corresponder ao conceito do Tipo 1, se o genótipo estável for definido como o de $b=0$, entretanto, se o genótipo estável for definido como o de $b=1$, corresponderá ao conceito do Tipo 2. Os métodos de Plaisted e Peterson (1959), Plaisted (1960), Wricke (1962) e Shukla (1972), estimam parâmetros que medem a estabilidade do Tipo 2. Já a utilização dos desvios da regressão como medida da estabilidade (Eberhart e Russel, 1966; Perkins e Jinks, 1968; Tai, 1971, Bilbro e Ray, 1976), enquadram-se no conceito Tipo 3.

Estudando a base genética dos quatro tipos de parâmetros de estabilidade, Lin e Binns (1991), verificaram que somente os tipos 1 e 4 têm base genética, sendo assim apropriados à seleção. Por isso, quando o valor de b (coeficiente de regressão linear) é usado como parâmetro de estabilidade, um genótipo, denomina-se como estável do Tipo 1 se $b=0$, sendo portanto, herdável, mas se avalia como estável do Tipo 2 quando $b=1$, não é herdável. A prática convencional para identificar genótipo instável é $b \neq 1$ (Mahal et al., 1988; Chakroun et al., 1990).

Becker e Léon (1988b), comentam que, embora os termos estabilidade fenotípica e adaptabilidade, sejam geralmente usados em sentidos totalmente

diferentes, suas definições são dadas dependendo de como o cientista encara o problema. Dependendo do objetivo e do caráter considerado, existem dois conceitos distintos de estabilidade, os quais são denominados conceito estático e conceito dinâmico, segundo Léon (1985), citado por Becker e Léon (1988b). O conceito estático refere-se ao fato de que um genótipo estável é aquele que possui performance inalterada, constante, para qualquer variação no ambiente e não mostra desvio do nível esperado para o caráter, significando que sua variância entre os ambientes é zero. O conceito estático é equivalente ao conceito de estabilidade biológica de Becker (1981a). O conceito dinâmico, por sua vez, permite uma resposta previsível ao ambiente e um genótipo estável, de acordo com este conceito, não apresenta desvio desta resposta ao ambiente. O conceito dinâmico é equivalente ao conceito agrônomico de Becker (1981a). De acordo com o conceito dinâmico, somente os desvios de um genótipo da reação geral são considerados como uma contribuição à instabilidade, isto porque a resposta geral de todos os genótipos pode ser interpretada como um efeito ambiental.

2.3.1 Metodologias baseadas no uso da regressão

A regressão é o processo mais utilizado para medir a estabilidade. Inicialmente proposta por Yates e Cochran (1938), foi a partir dos trabalhos de Finlay e Wilkinson (1963) e de Eberhart e Russel (1966), que recebeu mais notoriedade.

A metodologia de Finlay e Wilkinson (1963), permite avaliar a resposta de cada cultivar sob efeito das variações ambientais. Para cada tipo de cultivar, realiza-se uma regressão linear simples da variável dependente em relação a um índice ambiental, que é obtido pela média de todos os cultivares no ambiente. As análises de regressão são realizadas com dados previamente transformados em

logarítmos para se obter a linearização. Os parâmetros de adaptabilidade e estabilidade estão relacionados com a média do cultivar e o coeficiente de regressão linear, que seria a resposta à melhoria do ambiente, e nenhuma inferência é feita em relação ao ajuste das equações de regressão, pressupondo-se que a transformação logarítmica proporcione uma adequação satisfatória do modelo de regressão linear. O cultivar que apresentar média alta do caráter em estudo e coeficiente de regressão igual a um é considerado ideal. Nesse método, podem-se identificar cultivares específicos para ambientes favoráveis e desfavoráveis. Os cultivares com média alta e coeficiente de regressão linear maiores do que um são específicos para os ambientes favoráveis. Por outro lado, os cultivares com médias altas e coeficientes de regressão linear menores do que um são adequados para ambientes desfavoráveis, não respondendo à melhoria do ambiente.

Em 1966, Eberhart e Russel apresentaram uma metodologia, que é uma extensão do modelo de Finlay e Wilkinson (1963), na qual os parâmetros de estabilidade foram identificados como: 1) o coeficiente de regressão linear (b_1) obtido pela regressão linear da produtividade média do cultivar em cada local como função de um índice ambiental expresso pela média de todos os cultivares para cada ambiente, codificado para a média geral dos experimentos, e 2) o estimador do componente de variância dos desvios da regressão linear (S^2_{di}). De acordo com as interpretações mais comumente usadas, esta análise permite a identificação do comportamento previsível (estável) quando $S^2_{di} = 0$, ou do comportamento imprevisível (instável) quando $S^2_{di} \neq 0$, e de ampla (geral) adaptabilidade quando $b = 1$, ou adaptabilidade específica aos ambientes favoráveis quando $b > 1$, ou de adaptabilidade específica aos ambientes desfavoráveis quando $b < 1$ (Cruz et al., 1989).

Verma et al. (1978), definiram um cultivar ideal como aquele que apresenta alta produtividade associada com alta estabilidade em ambientes desfavoráveis e capaz de responder satisfatoriamente às condições ambientais favoráveis. Visto que a identificação de um cultivar ideal não é possível pelo método de Eberhart e Russel (1966), eles propuseram efetuar a análise usando duas equações de regressão, a primeira envolvendo somente os locais com índices ambientais negativos e a segunda, locais com índices positivos (o menor índice ambiental negativo pode ser incluído no último como um valor absoluto para continuidade da reta); assim, a resposta de um cultivar pode ser testada usando dois segmentos de reta (Cruz et al., 1989).

Um dos problemas da metodologia proposta por Verma et al. (1978), aparece quando um número relativamente pequeno de locais é analisado em algum subgrupo, assim a análise torna-se impraticável ou os testes estatísticos questionáveis. Uma alternativa para evitar este problema é o uso do modelo proposto por Silva e Barreto (1985), no qual o ajuste é obtido por uma equação simples consistindo de dois segmentos de reta. Segundo Vencovsky e Barriga (1992), ocorre, porém, uma inconveniência no método proposto por Silva e Barreto (1985), que é a existência de uma correlação residual ou intrínseca entre as estimativas de β_{11} e $(\beta_{11} + \beta_{21})$ e vice-versa, sem que esta seja devida a causas genéticas. Tem-se pois, uma situação que pode perturbar o processo de seleção para padrões de estabilidade. Reconhecendo esta desvantagem, Cruz et al., (1989) propuseram uma modificação do modelo de Silva e Barreto, de tal modo que a correlação entre as estimativas dos mencionados parâmetros de regressão é intrinsecamente nula. Havendo correlação, ela será decorrente das propriedades genéticas dos materiais estudados.

Assim, o método proposto por Cruz et al. (1989), é uma extensão do método proposto por Silva e Barreto (1985), tornando-o operacionalmente mais

simples e com propriedades estatísticas mais adequadas aos propósitos do melhoramento (Cruz e Regazzi, 1997). Neste modelo, Y_{ij} e I_j são os mesmos que os contidos no modelo de Silva e Barreto. O parâmetro β_{1i} é o coeficiente de regressão nos ambientes inferiores e $(\beta_{1i} + \beta_{2i})$, semelhantemente, o coeficiente respectivo nos ambientes superiores, para o cultivar i . Entretanto, β_{0i} , agora, é a média geral do caráter, neste cultivar e não mais Y_{ij} no ponto em que a linha de regressão sofre a inflexão. A diferença entre estas duas metodologias está em que, na de Cruz et al. (1989), as duas linhas de regressão não se tocam necessariamente ao $I_j = 0$, tal como acontece no método de Silva e Barreto. Tem-se agora duas regressões independentes, que em $I_j = 0$ podem estar afastados.

Desse modo, o método de Cruz et al. (1989) baseia-se na análise de regressão bissegmentada e tem, como parâmetros de adaptabilidade, a média (β_{0i}) e a resposta linear aos ambientes desfavoráveis (β_{1i}) e aos ambientes favoráveis ($\beta_{1i} + \beta_{2i}$). A estabilidade dos genótipos é avaliada pelo desvio da regressão $\sigma^2_{\epsilon_i}$ de cada cultivar, em função das variações ambientais (Cruz e Regazzi, 1997).

2.3.2 Outras metodologias

Os métodos que utilizam a análise de regressão muitas vezes explicam somente uma pequena parte da interação genótipos por ambientes, desse modo, outros métodos têm sido propostos (Crossa, 1990). Dentre eles encontram-se os parâmetros propostos por Lin et al. (1986) e Becker e Léon, (1988), análise de agrupamentos (Aboul-El-Fittouh et al., 1969; Ghaderi et al., 1980), análise dos componentes principais (Kempton, 1984; Calinsky et al., 1987; Zobel et al., 1988), e análise de variáveis canônicas (Seif et al., 1979; Calinsky et al., 1987).

Para recomendação de cultivares, fatores econômicos como qualidade do cultivo e risco podem ser considerados antes da decisão de recomendação estar definida (Crossa, 1990).

Dentre as metodologias propostas para avaliar a estabilidade de cultivares, duas têm se destacado pela facilidade de compreensão e de cálculo, além de não possuírem as restrições dos métodos baseados na regressão; são as metodologias de Lin e Binns (1988b) e de Annicchiarico (1992).

A metodologia de Lin e Binns (1988b), baseia-se na estimativa do parâmetro P_i , que mede o desvio da produtividade de um dado cultivar em relação ao máximo em cada um dos ambientes. Sendo M_j a resposta máxima ou uma testemunha, e P_i um desvio desse máximo, então quanto menor o valor de P_i , melhor o cultivar. Entretanto, P_i sendo média de todos os locais, ele representa uma adaptabilidade geral. Se a seleção for baseada somente em P_i , um cultivar com adaptação estreita, isto é, pobre em adaptabilidade geral mas boa em adaptabilidade específica, pode ser descartado. Para evitar isso, estima-se o componente da interação genótipos por ambientes (GE) entre o máximo e cada cultivar em teste. Se GE não é grande indica paralelismo de resposta, isto é, a diferença em relação ao máximo é praticamente a mesma em todos os ambientes. Nessa condição o valor de P_i é um indicador apropriado de superioridade. Por outro lado, um grande GE implica diferenças no modelo de resposta e a comparação dos valores de P_i deve ser feita com cuidado. Nesse caso, o melhorista deve procurar aqueles locais de adaptação mais específica do cultivar (Lin e Binns, 1988b).

O método proposto por Annicchiarico (1992), estima a probabilidade de um determinado cultivar apresentar desempenho abaixo da média do ambiente ou de qualquer padrão utilizado. Na realidade, o método estima o risco de sucesso na adoção de um determinado cultivar pelos agricultores.

Para aplicação dessa metodologia, as médias de cada cultivar são transformadas em porcentagens de médias dos ambientes (Y_i). Posteriormente, é estimado o desvio padrão (S_i) das porcentagens de cada cultivar. Com esses dois parâmetros, é estimado o índice de confiança (I_i), pela expressão:

$I_i = Y_i - Z_{(1-\alpha)} * S_i$; onde $Z_{(1-\alpha)}$ é o valor na distribuição normal estandardizada no qual a função de distribuição acumulada atinge o valor $(1-\alpha)$. Esse α é o nível de significância pré-fixado. Annicchiarico (1992), considerou α como sendo 0,25, indicando que de quatro casos apenas um é esperado abaixo da média do ambiente.

O cultivar ideal, ou seja, o de menor risco de ser adotado pelos agricultores deve apresentar o índice de confiança ($I_i \geq 100$). Por exemplo, um cultivar que possui $I_i = 90$, apresenta, na pior das hipóteses, produtividade 10% abaixo da média do ambiente, com 75% de probabilidade, se o nível de significância adotado for de 25%. Já se este mesmo cultivar, ou outro qualquer, possuir um $I_i = 110$, ele apresenta, na pior das hipóteses, produtividade 10% acima da média do ambiente.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Ambientes em que foram conduzidos os experimentos

Foram utilizados dados de produtividade de grãos (kg/ha) dos ensaios comparativos avançados (ECA's) de arroz de sequeiro conduzidos em Minas Gerais, em três anos agrícolas, 1993/94, 1994/95 e 1995/96, nas localidades de Felixlândia, Lambari, Lavras, Patos de Minas e Patrocínio, em dois sistemas de cultivo, irrigado por aspersão e sequeiro tradicional. As coordenadas geográficas e altitudes dos locais dos experimentos encontram-se na Tabela 1.

TABELA 1. Altitude, latitude e longitude dos locais onde foram conduzidos os ensaios.

Local	Altitude (m)	Latitude (sul)	Longitude (oeste)
Felixlândia	614	18°45'	44°58'
Lambari	845	21°58'	45°23'
Lavras	919	21°14'	45°00'
Patos de Minas	856	18°46'	46°31'
Patrocínio	972	18°57'	47°00'

3.2 Linhagens Avaliadas

Nesses experimentos foram avaliados vários cultivares e linhagens provenientes do programa cooperativo de melhoramento de arroz, desenvolvido em Minas Gerais. Na Tabela 2, encontra-se a relação desses genótipos por ano de cultivo. Vale ressaltar que os genótipos utilizados no sistema de sequeiro irrigado por aspersão são comuns ao do sistema de cultivo de sequeiro tradicional.

TABELA 2. Cultivares e linhagens avaliadas simultaneamente nos sistemas de cultivo de sequeiro irrigado por aspersão e de sequeiro tradicional nos três anos agrícolas (1993/94, 1994/95 e 1995/96).

Anos		
1993/94	1994/95	1995/96
Guarani*	Douradão	Rio Paranaíba
Douradão*	Caiapó	Guarani
CNA7890	Confiança	Douradão
CNA7892	Progresso	Caiapó
IAC1335	Guarani	Canastra
CNA6687	L141	Confiança
CNA7458	CNA8069	IAC 202
CNA7451	CNA8075	IAC1365
Caiapó*	Primavera	Primavera
Confiança*	CNA7690	CNA7119
CNA7876	CNA7024	CNA6975-2
CNA7877	Canastra	CNA7024
CNA7911*	IAC1323	CNA7911
CNA7864	CNA6975-2	L141
Maravilha*	CNA7911	Maravilha
CNA6975-2*	CNA7119	L92-61
IAC1333	IAC1377	CNA8300
CNA7460	IAC 202	CNA8304
Canastra*	IAC1204	Carisma
CNA6881	L291	CNA7460
CNA6892	CNA8055	MN1
CNA7462	IAC1365	CT7/15
CNA7657	CNA8096	CNA8054
CNA7677	Maravilha	CNA8061
CNA7024*	Rio Paranaíba	

* Genótipos comuns aos três anos.

3.3 Condução dos Ensaios

As datas de plantio, em ambos os sistemas de cultivo, não variaram muito de um ano para o outro, ficando sempre no período de meados de novembro ao início de dezembro. Em todos os ensaios, as sementes foram tratadas contra o ataque de insetos, utilizando produtos à base de carbofuran..

O delineamento experimental utilizado, nos anos de 1993/94 e 1994/95, foi o de látice 5 x 5 com três repetições. No ano agrícola de 1995/96 foi o de blocos ao acaso com 24 tratamentos e três repetições.

O tamanho das parcelas e da área útil foi o mesmo em todos os anos agrícolas nos dois sistemas de cultivo, sendo a parcela constituída de cinco fileiras de 5,0 m de comprimento espaçadas de 0,40 m e a área útil constituída das três linhas centrais, deixando-se 0,5 m nas extremidades como bordadura.

As adubações foram realizadas no plantio e em cobertura aos 40 - 50 dias após a emergência das plântulas. Nos anos agrícolas de 1993/94 e 1994/95, as adubações foram as mesmas para os dois sistemas de cultivo, sendo a adubação de plantio feita nas seguintes quantidades: 50 kg/ha de sulfato de amônia; 300 kg/ha de superfosfato simples; 100 kg/ha de cloreto de potássio e 15 kg/ha de sulfato de zinco. Em cobertura aplicou-se 150 kg/ha de sulfato de amônia. No ano agrícola de 1995/96, houve diferenciação nas adubações entre os dois sistemas de cultivo. No sistema de cultivo de sequeiro irrigado por aspersão, a adubação de plantio constou de 300 kg/ha da fórmula 4-30-16; 20 kg/ha de FTE e 15 kg/ha de sulfato de zinco e as adubações de cobertura foram parceladas em duas aplicações: a primeira 25 a 30 dias após a emergência das plântulas, onde se aplicou 100 kg/ha de sulfato de amônia e a segunda, 30 dias após a

primeira, também de 100 kg/ha de sulfato de amônia. No sistema de sequeiro tradicional, as adubações permaneceram iguais às dos anos anteriores.

Os ensaios no sistema de cultivo de sequeiro irrigado por aspersão visam obter cultivares de arroz de sequeiro específicos para cultivo sob pivô central, ou irrigação similar. Assim, foi simulada uma irrigação que se aproximou o máximo possível desse sistema. Dessa forma, promoveu-se irrigações sistemáticas a cada dois dias, quando não choveu, mantendo-se o solo, na superfície, sempre com umidade.

Nos ensaios do sistema de cultivo de sequeiro tradicional, embora tivessem a chuva como única fonte de água, procedeu-se irrigação suplementar por aspersão nos casos de veranicos prolongados (dez dias ou mais sem chuva), de modo à evitar prejuízos ou mesmo perda do experimento. Nos estádios de emborrachamento, emergência das panículas e floração, período mais crítico do arroz ao déficit hídrico, promoveu-se a irrigação suplementar com maior frequência, dependendo da estiagem e da temperatura local.

3.4 Análise Estatística

Utilizando-se os dados da produtividade de grãos (kg/ha) foram efetuadas as análises de variância individuais de cada experimento. Após, procedeu-se à análise de variância conjunta envolvendo sistemas de cultivo e locais dentro de anos (Tabela 3), de acordo com o seguinte modelo estatístico, considerando fixos os efeitos de genótipos e sistemas de cultivo e aleatório o efeito de locais:

$$y_{ijk\alpha} = m + b_{j(k/\alpha)} + g_i + s_k + l_\alpha + (sl)_{k\alpha} + (gl)_{i\alpha} + (gs)_{ik} + (gsl)_{ik\alpha} + e_{(ijk\alpha)}$$

em que:

$y_{ijk\alpha}$: valor observado do genótipo i, no bloco j, no sistema de cultivo k, no local α ;

m : média geral;

$b_{j(k/\alpha)}$: efeito do bloco j, dentro do sistema de cultivo k, dentro do local α ;

g_i : efeito do genótipo i, $i = 1, 2, \dots, n$;

s_k : efeito do sistema de cultivo k, $k = 1, 2$;

l_α : efeito do local α , $\alpha = 1, 2, \dots, p$;

$(sl)_{k\alpha}$: efeito da interação do sistema de cultivo k com o local α ;

$(gl)_{i\alpha}$: efeito da interação do genótipo i com o local α ;

$(gs)_{ik}$: efeito da interação do genótipo i com o sistema de cultivo k;

$(gsl)_{ik\alpha}$: efeito da interação do genótipo i com o sistema de cultivo k com o local α ;

$e_{(ijk\alpha)}$: erro experimental médio; $e_{(ijk\alpha)} \sim (0, \sigma^2)$.

TABELA 3. Esquema da análise de variância conjunta envolvendo sistemas de cultivo e locais dentro de ano.

FV	GL	QM	F
Blocos/(sist./loc.)	$(r-1)sp$	Q_1	—
Genótipos (G)	$n-1$	Q_2	Q_2/Q_6
Sistemas (S)	$s-1$	Q_3	Q_3/Q_5
Locais (L)	$p-1$	Q_4	Q_4/Q_1
S x L	$(s-1)(p-1)$	Q_5	Q_5/Q_1
G x L	$(n-1)(p-1)$	Q_6	Q_6/Q_9
G x S	$(n-1)(s-1)$	Q_7	Q_7/Q_8
G x S x L	$(n-1)(s-1)(p-1)$	Q_8	Q_8/Q_9
Erro Médio	$(r-1)(n-1)sp$	Q_9	—

Posteriormente, realizou-se a análise conjunta do triênio 1993/94, 1994/95 e 1995/96 (Tabela 4) utilizando-se os genótipos e os locais comuns, conforme o seguinte modelo, considerando fixos os fatores genótipos e sistemas de cultivo, e aleatórios os fatores locais e anos:

$$y_{ijk\text{o}q} = m + b_{j(k/o/q)} + g_i + s_k + l_o + a_q + (gs)_{ik} + (gl)_{io} + (ga)_{iq} + (sl)_{ko} + (sa)_{kq} + (la)_{oq} + (gsl)_{iko} + (sla)_{k\text{o}q} + (gla)_{ioq} + (gsa)_{ikq} + (gsla)_{ik\text{o}q} + e_{(ijk\text{o}q)}$$

em que:

$y_{ijk\text{o}q}$: valor observado do genótipo i , no bloco j ; no sistema de cultivo k , no local o , no ano q ;

m : média geral;

$b_{j(k/o/q)}$: efeito do bloco j , dentro do sistema k , dentro do local o , dentro do ano q ;

g_i : efeito do genótipo i , $i = 1, 2, \dots, n$;

s_k : efeito do sistema de cultivo k , $k = 1, 2$;

l_o : efeito do local o , $o = 1, 2, \dots, p$;

a_q : efeito do ano q , $q = 1, 2, 3$;

$(gs)_{ik}$: efeito da interação do genótipo i com o sistema de cultivo k ;

$(gl)_{io}$: efeito da interação do genótipo i com o local o ;

$(ga)_{iq}$: efeito da interação do genótipo i com o ano q ;

$(sl)_{ko}$: efeito da interação do sistema de cultivo k com o local o ;

$(sa)_{kq}$: efeito da interação do sistema de cultivo k com o ano q ;

$(la)_{oq}$: efeito da interação do local o com o ano q ;

$(gsl)_{iko}$: efeito da interação do genótipo i com o sistema de cultivo k com o local o ;

$(sla)_{k\text{o}q}$: efeito da interação do sistema de cultivo k com o local o com o ano q ;

$(gla)_{ioq}$: efeito da interação do genótipo i com o local o com o ano q ;

$(gsa)_{ikq}$: efeito da interação do genótipo i com o sistema de cultivo k com o ano q ;

$(gsla)_{ik\text{o}q}$: efeito da interação do genótipo i com o sistema de cultivo k com o local o com o ano q ;

$e_{(ijk\text{o}q)}$: erro experimental médio; $e_{(ijk\text{o}q)} \sim (0, \sigma^2)$.

TABELA 4. Esquema da análise de variância conjunta do triênio 1993/94, 1994/95 e 1995/96.

FV	GL	QM	F
Blocos/(sist./ loc/ano)	$(r-1)spa$	Q_1	--
Genótipos (G)	$n-1$	Q_2	Q_2+Q_{14}/Q_7+Q_8
Sistemas (S)	$s-1$	Q_3	Q_3+Q_{13}/Q_9+Q_{10}
Locais (L)	$p-1$	Q_4	$Q_4+Q_{14}/Q_{11}+Q_7$
Anos (A)	$a-1$	Q_5	Q_5/Q_{11}
G x S	$(n-1)(s-1)$	Q_6	$Q_6+Q_{16}/Q_{15}+Q_{12}$
G x L	$(n-1)(p-1)$	Q_7	Q_7/Q_{14}
G x A	$(n-1)(a-1)$	Q_8	Q_8/Q_{14}
S x L	$(s-1)(p-1)$	Q_9	Q_9/Q_{13}
S x A	$(s-1)(a-1)$	Q_{10}	Q_{10}/Q_{13}
L x A	$(p-1)(a-1)$	Q_{11}	Q_{11}/Q_1
G x S x L	$(n-1)(s-1)(p-1)$	Q_{12}	Q_{12}/Q_{16}
S x L x A	$(s-1)(p-1)(a-1)$	Q_{13}	Q_{13}/Q_1
G x L x A	$(n-1)(p-1)(a-1)$	Q_{14}	Q_{14}/Q_{17}
G x S x A	$(n-1)(s-1)(a-1)$	Q_{15}	Q_{15}/Q_{16}
G x S x L x A	$(n-1)(s-1)(p-1)(a-1)$	Q_{16}	Q_{16}/Q_{17}
Erro Médio	$(r-1)(n-1)spa$	Q_{17}	--

As médias foram comparadas utilizando-se o teste de Duncan a 5% de probabilidade e o método de Fasoulas (1983).

3.5 Análise de adaptabilidade e estabilidade

Neste trabalho, foram utilizadas três metodologias: Lin e Binns (1988b), Cruz, Torres e Vencovsky (1989) e Annicchiarico (1992).

3.5.1 Metodologia de Lin e Binns (1988b)

Nesta metodologia o modelo para estimação dos parâmetros de estabilidade é dado por:

$$P_i = \sum_{j=1}^n (Y_{ij} - M_j)^2 / 2n, \text{ em que:}$$

P_i : índice de estabilidade do genótipo i ;

Y_{ij} : produtividade do genótipo i no ambiente j ;

M_j : Produtividade do genótipo com resposta máxima entre todos os genótipos no ambiente j ;

n : número de ambientes.

Desdobramento da expressão:

$$P_i = [n(Y_i - \bar{M})^2 + \sum_{j=1}^n (Y_{ij} - \bar{Y}_i - M_j + \bar{M})^2] / 2n, \text{ em que:}$$

$$Y_i = \sum_{j=1}^n Y_{ij} / n : \text{ média do genótipo } i;$$

$$\bar{M} = \sum_{j=1}^n M_j / n : \text{ média dos genótipos com resposta máxima.}$$

Considerando que M_j representa um cultivar hipotético, então o primeiro termo da equação representa a soma de quadrados para o efeito genético e o segundo termo é a soma de quadrados para o efeito da interação genótipos por ambientes.

3.5.2 Método proposto por Cruz, Torres e Vencovsky (1989)

O modelo estatístico abaixo é utilizado para estimativas dos parâmetros de estabilidade:

$$Y_{ij} = \beta_{0i} + \beta_{1i} I_j + \beta_{2i} T(I_j) + \delta_{ij} + \bar{e}_{ij}, \text{ em que:}$$

I_j : índice ambiental;

$$T(I_j) = 0 \text{ se } I_j < 0$$

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

Este método é baseado na análise de regressão bissegmentada e tem, como parâmetros de adaptabilidade, a média (β_{0i}) e a resposta linear aos ambientes desfavoráveis (β_{1i}) e aos ambientes favoráveis ($\beta_{1i} + \beta_{2i}$). A estabilidade dos genótipos é avaliada pelo desvio da regressão $\sigma^2_{\delta_i}$ de cada cultivar, em função das variações ambientais. O genótipo ideal será aquele que apresentar maior média, resposta linear aos ambientes desfavoráveis e favoráveis e desvio da regressão igual a zero. Conforme Vencovsky e Barriga (1992), por este modelo é possível detectar se um genótipo possui comportamento diferente nos ambientes inferiores e superiores.

3.5.3 Método de Annicchiarico (1992)

O método de Annicchiarico (1992), estima o índice de confiança (I_i) de um determinado cultivar apresentar desempenho abaixo da média do ambiente, de acordo com o seguinte modelo estatístico.

$$I_i = \bar{Y}_i - Z_{(1-\alpha)} * S_i, \text{ em que:}$$

I_i : índice de confiança (%);

\bar{Y}_i : média do genótipo i em percentagem;

Z : percentil $(1-\alpha)$ da função de distribuição normal acumulada;

α : nível de significância;

S_i : desvio padrão dos valores percentuais.

O cultivar ideal, ou seja, o de menor risco de ser adotado pelos agricultores deve apresentar os maiores índices de confiança.

As análises dos três métodos foram desenvolvidas com o auxílio do programa denominado “Estabilidade”, desenvolvido, em 1998, pelo professor Daniel Furtado Ferreira do Departamento de Estatística da Universidade Federal de Lavras.

4 RESULTADOS

4.1 Resultados do ano agrícola 1993/94

Os resultados das médias de produtividades de grãos de todos os locais para os dois sistemas de cultivo (sequeiro irrigado por aspersão e sequeiro tradicional), bem como um resumo das análises de variâncias individuais e os valores das proporções obtidas no método de Fasoulas (P), são mostradas na Tabela 5. Observou-se diferenças estatísticas significativas pelo teste F entre os cultivares em todos os locais, nos dois sistemas de cultivo. As produtividades médias por ensaio oscilaram de 1405 kg/ha no sequeiro tradicional de Patos de Minas a 3239 kg/ha no sistema de sequeiro irrigado por aspersão em Lambari, sendo que a média geral, considerando locais e sistemas, foi de 2388 kg/ha.

Quanto à média de produtividade de grãos dos cultivares por sistema, verifica-se que no irrigado por aspersão foi de 2723 kg/ha, superando em 32,63% a do sequeiro tradicional, que foi de 2053 kg/ha. Dois genótipos se destacaram dos demais em produtividade, na média dos ensaios, que foram a linhagem CNA 7024 (2948 kg/ha) e o cultivar Canastra (2810 kg/ha), superando estatisticamente 32% e 20%, respectivamente, dos materiais avaliados nos dois sistemas de cultivo. Os cultivares Douradão, Guarani, Confiança, Caiapó e Maravilha, utilizados como testemunhas, apresentaram bom desempenho no tocante a produtividade de grãos, situando-se entre os melhores materiais. Os coeficientes de variação (CV's), das análises de variância oscilaram de 13,49%, no sistema tradicional em Patos de Minas a 27,66%, no sistema irrigado em Lavras.

A análise de variância conjunta envolvendo locais e sistemas de cultivo (Tabela 6) revelou que as fontes de variação genótipos (G), sistemas (S), locais (L), sistemas x locais (S x L), genótipos x locais (G x L) e genótipos x sistemas

(G x S) foram significativas pelo teste F. A interação tripla genótipos x sistemas x locais (G x S x L) foi não significativa. Devido a heterogeneidade de variâncias apresentada pelas análises individuais, verificada pela relação entre o maior e o menor quadrado médio do resíduo (teste $F_{\text{máximo}}$ de Hartley, 1950, citado por Cruz et al., 1997), os graus de liberdade para as interações e para o erro médio na análise conjunta foram ajustados conforme Cochran (1954), citado por Pimentel Gomes (1978).

Neste ano, os genótipos diferiram na resposta à variação das condições ambientais, ou seja, nos parâmetros de estabilidade avaliados pelos métodos utilizados neste trabalho. Pela metodologia de Lin e Binns (1988b), que considera o desvio em relação ao desempenho máximo em cada local, fornecido pelo valor de P_i , o cultivar Canastra foi o mais estável, apresentando o menor valor de P_i e contribuindo com apenas 1,10% para a interação. Outros materiais que também mostraram bom desempenho foram CNA 7677 e Guarani. O pior desempenho foi da linhagem CNA 7876, com maior valor de P_i e contribuindo com 7,32 % para a interação (Tabela 7).

Na metodologia proposta por Annicchiarico (1992), que estima o risco de um determinado cultivar apresentar desempenho abaixo de um dado padrão, o destaque foi, novamente, para o cultivar Canastra, o qual apresentou, na pior das hipóteses, produtividade média de grãos 12 % acima da média do ambiente, com 75 % de probabilidade. Os materiais CNA 7024 e Guarani também se destacaram, apresentando, na pior das hipóteses, produtividades médias de grãos 7,79% e 0,5%, respectivamente, superiores à média do ambiente. A linhagem CNA 7876, pode apresentar produtividade média de grãos 35 % abaixo da média do ambiente, portanto envolve maiores riscos se for recomendada para os agricultores (Tabela 7).

Utilizando-se a metodologia proposta por Cruz, Torres e Vencovsky (1989), que considera o genótipo ideal aquele que apresentar maior média (β_{01}), resposta linear aos ambientes desfavoráveis (β_{11}) e favoráveis ($\beta_{11}+\beta_{21}$) e desvio da regressão igual a zero ou R^2 próximo de 100%, novamente o cultivar Canastra foi o que se apresentou mais próximo do ideal (Tabela 8), por apresentar alta produtividade média de grãos (2810 kg/ha), valores de $\beta_{11} = 1,23$ e $\beta_{11}+\beta_{21} = 1,22$, porém não significativos, ou seja, iguais a um, indicando previsibilidade de comportamento nos ambientes desfavoráveis e favoráveis, e um desvio de regressão pequeno com alto coeficiente de determinação (R^2), indicando boa estabilidade. Também merecem destaque os genótipos CNA 7677 e Guarani, sendo que este último responde muito bem à melhoria das condições ambientais. O material mais instável foi a linhagem CNA 7876, sendo uma das menos adaptadas com produtividade média de grãos de 1995 kg/ha.

TABELA 5. Produtividade média dos cultivares e resumo das análises de variância individual, por local e sistema de cultivo, para produtividades de grãos (kg/ha) obtidas nos experimentos de avaliação de cultivares de arroz de sequeiro conduzidos no ano agrícola 1993/94.

Genótipos	Felixiândia		Lambari		Lavras		Patos de Minas		Patrocínio		Média p
	Irrigado	Tradicional	Irrigado	Tradicional	Irrigado	Tradicional	Irrigado	Tradicional	Irrigado	Tradicional	
CNA5024	3158	2794	1880	4305	2827	3415	2905	2478	2905	2201	2948
CNA6687	3332	3297	3671	2047	4216	2639	2499	1798	2239	1692	2668
CNA7677	2926	2857	3063	3772	2850	2427	2305	1972	2060	1824	2629
CNA6975-2	3332	3387	3970	2461	2889	2455	2427	1917	2060	1995	2629
Docardo	2909	2631	4083	2972	4133	2622	2208	861	1890	1699	2601
Garani	3356	2325	3383	2161	3805	2311	2478	1430	2319	1961	2573
Confiança	2860	2763	2283	3211	2478	2478	1430	2319	2060	1995	2629
Calypso	3686	2999	2889	3978	2883	2427	2356	1735	2256	3368	2554
CNA7911	3019	3096	2422	3250	1689	2050	2645	1930	1880	1772	2529
Maravilha	2527	3075	2422	3250	1689	2050	2645	1930	1880	1772	2529
CNA7458	2818	2374	3708	2511	2855	2522	1979	1028	1365	1514	2406
CNA7877	2906	2530	2236	2177	1727	1386	2590	1386	3097	2397	2370
CNA7864	2873	2315	4617	1549	2911	1700	1798	1437	2277	2226	2348
CNA7657	1964	2402	2312	2272	3061	2544	1840	2076	2694	2348	2348
CNA7451	2034	2068	4139	2087	2850	1311	1794	1826	1241	1354	2270
CNA7451	2922	2992	3644	2322	2028	2513	1826	1256	1986	2210	2270
IAC1335	3153	2992	2869	1380	2494	1678	2152	1041	2166	2014	2194
CNA7892	2801	1714	3219	1943	3311	1505	1909	757	2222	2385	2176
CNA7462	2454	2332	3305	1800	3177	1766	1645	1013	1639	1729	2086
CNA6892	2998	2311	3091	1644	2366	1694	1645	1013	1639	1729	2086
CNA7876	2363	1992	1897	808	1097	1479	1097	1479	2798	2378	1995
CNA6881	3033	2811	2730	1744	2022	1583	1194	1451	2798	2378	1995
CNA7890	2763	2200	2385	1652	2683	1520	875	2152	2029	1927	0
QM/G1000	566,14**	651,17**	1697,49**	810,07**	1605,18**	1127,05**	673,26**	600,10**	528,82*	655,55**	0
QME/1000	212,56	213,21	379,85	247,16	834,57	133,74	120,40	35,94	250,37	221,22	2388
Média CV (%)	15,69	17,33	19,03	25,40	27,66	16,94	16,77	13,49	24,18	22,62	21,55

*, **: Significativo ao nível de 5% e 1% de probabilidade, pelo teste F, respectivamente; P: % de genótipos que foram superados estatisticamente pelo cultivar i, pelo método de Fasoulas (1983).

TABELA 6. Análise de variância conjunta envolvendo sistemas de cultivo e locais, para produtividade de grãos (kg/ha), dos experimentos de avaliação de cultivares de arroz de sequeiro conduzidos no ano agrícola 1993/94.

FV	GL ¹	QM/1000	F
Blocos/(Sistemas/Locais)	20	1106,026	
Genótipos (G)	24	2136,974	1,74*
Sistemas (S)	1	84299,450	7,38*
Locais (L)	4	32056,700	28,98**
S x L	4 (5)	11418,091	10,32**
G x L	96 (112)	1228,913	4,64**
G x S	24 (24)	697,557	2,39**
G x S x L	96 (139)	291,317	1,09ns
Erro Médio	480 (296)	264,902	

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F

¹ Graus de liberdade, entre parêntesis, ajustados pelo método de Cochran (1954), citado por Pimentel Gomes (1978), utilizados no teste F.

TABELA 7. Estimativas dos parâmetros de estabilidade obtidas pelos métodos propostos por Lin e Binns (1988b) e Annicchiarico (1992), para produtividade de grãos (kg/ha), dos experimentos de avaliação de cultivares de arroz de sequeiro nos dois sistemas de cultivo, conduzidos no ano agrícola 1993/94.

Genótipos	Média	P/1000*	Desvio/1000		Contribuição para a interação (%)	I _i **
			Genético	Interação		
CNA7024	2948	1011,679	495,304	516,374	4,87	107,79
Canastra	2810	879,320	762,410	116,909	1,10	112,06
CNA6687	2668	1572,894	1095,170	477,724	4,51	94,51
CNA7677	2629	1357,884	1197,692	160,191	1,51	99,32
CNA6975-2	2624	1603,091	1212,121	390,969	3,69	99,73
Douradão	2601	1607,375	1276,232	331,142	3,12	88,89
Guarani	2573	1482,655	1354,034	128,621	1,21	100,50
Confiança	2554	1950,107	1406,988	543,119	5,12	91,79
Caiapó	2529	2096,322	1481,258	615,063	5,80	85,94
CNA7911	2477	2135,158	1640,860	494,297	4,66	93,05
Maravilha	2469	2315,879	1665,425	650,453	6,14	79,28
CNA7458	2419	1907,590	1828,114	79,476	0,75	89,86
IAC1333	2406	2446,300	1872,874	573,425	5,41	83,02
CNA7877	2397	2524,218	1901,589	622,629	5,87	85,88
CNA7864	2370	2429,630	1993,306	436,324	4,12	85,05
CNA7657	2348	2508,503	2070,115	438,387	4,14	87,64
CNA7460	2270	3112,029	2353,260	758,769	7,16	78,52
CNA7451	2210	2927,894	2584,771	343,122	3,24	78,95
IAC1335	2194	3118,615	2650,158	468,456	4,42	80,53
CNA7892	2176	2965,358	2719,459	245,899	2,32	76,17
CNA7462	2086	3169,869	3097,453	72,416	0,68	79,72
CNA6892	2050	3574,472	3252,531	321,940	3,04	78,55
CNA7876	1995	4275,696	3499,883	775,812	7,32	65,37
CNA6881	1963	4242,762	3650,711	592,050	5,59	71,13
CNA7890	1927	4255,901	3818,909	436,992	4,12	68,59
Média	2388					
Nº de Ambientes	10					

*Ponto de corte (Cut Off Point) = $F(0,05) \cdot Q_{\text{merro}} = 503,151$. P_i menor que este valor não difere significativamente do máximo ($p < 0,05$).

** O nível de significância adotado foi de 0,25.

TABELA 8. Estimativas dos parâmetros de estabilidade obtidas pelo método proposto por Cruz, Torres e Vencovsky (1989), para produtividade de grãos (kg/ha), dos experimentos de avaliação de cultivares de arroz de sequeiro no dois sistemas de cultivo, conduzidos no ano agrícola 1993/94.

Genótipos	Média nos ambientes			B_{ii}	$B_{1i}+B_{2i}$	$\sigma^2_{e_i}/1000$	R^2 (%)
	Geral	Desfav.	Favorável				
CNA7024	2948	2618	3444	0,73ns	0,75ns	273,830	42,26
Canastra	2810	2264	3629	1,23ns	1,22ns	-43,459	94,28
CNA6687	2668	2026	3632	1,43**	2,88**	137,902	84,54
CNA7677	2629	2239	3215	0,82ns	1,26ns	21,878	76,92
CNA6975-2	2624	2110	3394	1,16ns	-0,03ns	62,450	80,15
Douradão	2601	2042	3439	1,37*	2,57**	143,183	82,54
Guarani	2573	2110	3267	1,09ns	2,11*	-47,814	94,56
Confiança	2554	2308	2925	0,66*	0,64ns	330,205	33,98
Caipó	2529	1957	3388	1,32*	0,66ns	369,268	63,94
CNA7911	2477	2164	2947	0,70ns	-0,34*	53,494	61,51
Maravilha	2469	1849	3400	1,48**	1,72ns	408,189	68,98
CNA7458	2419	1848	3275	1,31ns	2,75**	-58,239	97,24
IAC1333	2406	1820	3284	1,35*	-0,54**	122,001	80,02
CNA7877	2397	2189	2709	0,62*	0,28ns	253,386	34,55
CNA7864	2370	1831	3179	1,19ns	2,20*	226,790	72,24
CNA7657	2348	2291	2434	0,22**	0,77ns	32,813	26,68
CNA7460	2270	1841	2914	0,86ns	-0,47**	337,262	44,57
CNA7451	2210	1835	2772	0,86ns	2,43**	207,000	65,35
IAC1335	2194	1738	2877	1,08ns	-0,67**	-11,249	87,73
CNA7892	2176	1787	2761	0,99ns	2,40**	47,946	83,02
CNA7462	2086	1599	2817	1,11ns	1,58ns	-67,770	96,96
CNA6892	2050	1623	2692	0,95ns	0,41ns	5,173	81,67
CNA7876	1995	1765	2340	0,57**	0,93ns	397,894	27,08
CNA6881	1963	1505	2649	0,98ns	-0,95**	20,461	81,26
CNA7890	1927	1541	2507	0,91ns	0,43ns	71,163	70,57

* , ** : Significativamente diferente de um, pelo teste t, a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

ns: Não significativo.

4.2 Resultados do ano agrícola 1994/95

Neste ano agrícola, os materiais apresentaram produtividade média de grãos variando de 1043 kg/ha, no sistema tradicional em Lambari, a 4474 kg/ha, no sistema irrigado por aspersão em Felixlândia (Tabela 9). Observou-se que houve diferenças significativas, pelo teste F, entre os materiais para todos os locais nos dois sistemas de cultivo, exceto nos ensaios irrigados por aspersão de Felixlândia e de Lavras. A média geral dos experimentos foi de 2305 kg/ha. Em relação à média dos ensaios no sistema de cultivo irrigado por aspersão, verifica-se que foi de 2854 kg/ha, 62,53% superior ao sistema de sequeiro tradicional (1756 kg/ha). Os materiais mais produtivos, portanto, mais adaptados, foram CNA 7119 (3030 kg/ha), a testemunha Guarani (2775 kg/ha) e a Primavera (2707 kg/ha), os quais superaram estatisticamente 56%, 20% e 12% dos materiais avaliados neste ano, respectivamente, segundo o método de Fasoulas (1983). Dentre os demais genótipos, o cultivar Douradão merece destaque por apresentar uma boa adaptabilidade (2686 kg/ha). Os coeficientes de variação oscilaram de 15,84%, no experimento irrigado em Felixlândia, a 32,40%, no experimento de sequeiro tradicional em Patos de Minas.

A análise de variância conjunta envolvendo os locais e sistemas de cultivo (Tabela 10), mostra que houve diferença significativa para todas as fontes de variação, exceto entre sistemas de cultivo, apesar da grande diferença de produtividade de grãos entre os mesmos (62,53%).

À semelhança do ano anterior, em 1994/95, os cultivares diferiram quanto aos parâmetros de estabilidade, pelos três métodos em estudo (Tabelas 11 e 12). Pela metodologia de Lin e Binns (1988b), a linhagem CNA 7119 foi a mais estável, apresentando o menor valor de P_i (291,287) e contribuindo com apenas 1,05% para a interação. Merecem destaque também o Guarani, o

Douradão e o Primavera, por apresentarem valores baixos de P_i . Por outro lado, o pior desempenho foi do cultivar Maravilha, com maior valor de P_i e contribuindo com 5,59% para a interação. A IAC 1365 embora tenha contribuído mais para a interação (8,38%), seu valor de P_i é mais baixo do que o do cultivar Maravilha, além do mais possui maior adaptabilidade (Tabela 11).

Pelo método de Annicchiarico (1992), o destaque foi, mais uma vez, para a linhagem CNA 7119, a qual apresentou, na pior das hipóteses, produtividade de grãos 24% acima da média do ambiente, com 75% de probabilidade. O Guarani, o Primavera, o Douradão e a CNA 8055, também apresentaram produtividades de grãos superiores à média ambiental, na pior das hipóteses. Os piores desempenhos foram obtidos pelos cultivares Maravilha, Confiança e Progresso, que apresentaram produtividade média de grãos 50 a 60% abaixo da média ambiental, sendo de grande risco de serem adotadas pelos produtores (Tabela 11).

Utilizando-se a metodologia proposta por Cruz, Torres e Vencovsky (1989), a linhagem CNA 7119 foi a que se apresentou mais próxima do ideal (Tabela 12), ou seja, maior produtividade média (3030 kg/ha), resposta linear aos ambientes desfavoráveis ($\beta_{11} = 0,79$) e favoráveis ($\beta_{1r} + \beta_{21} = 0,84$), porém não significativos, ou seja, iguais a unidade, indicando previsibilidade de comportamento e desvio da regressão pequeno (próximo de zero), e $R^2 = 95,25\%$, indicando boa estabilidade. Entretanto, destaque deve ser dado também aos cultivares Guarani, por apresentar boa adaptabilidade e estabilidade, apesar de não responder à melhoria das condições ambientais, Primavera e Douradão, pelas mesmas razões. A linhagem IAC 1323 que foi o material mais instável, por apresentar alto desvio de regressão e um coeficiente de determinação relativamente baixo ($R^2 = 61,28\%$), também mostrou-se não responsiva à melhoria ambiental.

TABELA 9. Produtividade média e resumo das análises de variância individual, por local e sistema de cultivo, para produtividade de grãos (kg/ha) obtidas nos experimentos de avaliação de cultivares de arroz de sequeiro conduzidos no ano agrícola 1994/95.

Cultivares	Foiçalbéria				Lambari				Lavras				Patos de Minas		Média (kg/ha)	P (%)		
	Irrigado		Tradicional		Irrigado		Tradicional		Irrigado		Tradicional		Irrigado				Tradicional	
	3035	1794	2355	2300	3500	3354	4187	3590	3312	2277	2854	2291	2062	2277			2062	2291
CNA7119	4860	2555	3035	1794	3500	3354	4187	3590	3312	2277	2854	2291	2062	2277	2062	2291	56	
Guaraní	4123	2319	2455	2300	3354	3354	4187	3590	3312	2277	2854	2291	2062	2277	2062	2291	20	
Primavera	4984	2020	2020	947	4187	4187	4187	3590	3312	2277	2854	2291	2062	2277	2062	2291	12	
Dourado	4116	3450	2083	1861	3409	3409	3409	3590	3312	2277	2854	2291	2062	2277	2062	2291	4	
IAC1323	4013	2400	2400	1972	3305	3305	3305	3590	3312	2277	2854	2291	2062	2277	2062	2291	0	
CNA8055	3853	2180	1700	1383	3638	3638	3638	3590	3312	2277	2854	2291	2062	2277	2062	2291	0	
CNA8073	3915	1833	1816	1038	3187	3187	3187	3590	3312	2277	2854	2291	2062	2277	2062	2291	0	
R. Parasitífa	4929	1791	1478	719	3883	3883	3883	3590	3312	2277	2854	2291	2062	2277	2062	2291	0	
Casastra	4936	2083	1917	1344	3646	3646	3646	3590	3312	2277	2854	2291	2062	2277	2062	2291	0	
IAC1365	4151	972	2333	2305	3041	3041	3041	3590	3312	2277	2854	2291	2062	2277	2062	2291	0	
IAC202	3880	2520	1500	1272	3181	3181	3181	3590	3312	2277	2854	2291	2062	2277	2062	2291	0	
IAC1204	4484	1673	1639	900	3167	3167	3167	3590	3312	2277	2854	2291	2062	2277	2062	2291	0	
IAC1377	4262	2846	1372	788	3055	3055	3055	3590	3312	2277	2854	2291	2062	2277	2062	2291	0	
Catapó	4811	2325	1378	813	3701	3701	3701	3590	3312	2277	2854	2291	2062	2277	2062	2291	0	
CNA8096	4984	2069	1394	694	3356	3356	3356	3590	3312	2277	2854	2291	2062	2277	2062	2291	0	
CNA8069	4061	2937	1667	905	3375	3375	3375	3590	3312	2277	2854	2291	2062	2277	2062	2291	0	
L291	4728	1291	1405	1124	3847	3847	3847	3590	3312	2277	2854	2291	2062	2277	2062	2291	0	
CNA7024	4054	2049	905	486	3463	3463	3463	3590	3312	2277	2854	2291	2062	2277	2062	2291	0	
CNA6975-2	5561	1624	1072	600	3132	3132	3132	3590	3312	2277	2854	2291	2062	2277	2062	2291	0	
L141	4726	2368	1322	677	2794	2794	2794	3590	3312	2277	2854	2291	2062	2277	2062	2291	0	
CNA7911	4512	1076	427	285	2715	2715	2715	3590	3312	2277	2854	2291	2062	2277	2062	2291	0	
CNA7690	3894	791	1583	636	2673	2673	2673	3590	3312	2277	2854	2291	2062	2277	2062	2291	0	
Progresso	4263	1451	1333	438	3528	3528	3528	3590	3312	2277	2854	2291	2062	2277	2062	2291	0	
Confiança	5061	1541	822	325	3395	3395	3395	3590	3312	2277	2854	2291	2062	2277	2062	2291	0	
Maravilha	4686	819	1383	450	3062	3062	3062	3590	3312	2277	2854	2291	2062	2277	2062	2291	0	
QMG/1000	661,75 ^{ns}	1436,21 ^{**}	821,04 ^{**}	1065,02 ^{**}	367,30 ^{ns}	367,30 ^{ns}	367,30 ^{ns}	367,30 ^{ns}	1162,11 ^{**}	875,02 ^{**}	1510,04 ^{**}	1510,04 ^{**}	1510,04 ^{**}	875,02 ^{**}	1510,04 ^{**}	1510,04 ^{**}	0	
QME/1000	502,18	330,30	130,98	63,34	443,48	443,48	443,48	443,48	195,75	221,16	221,16	221,16	221,16	221,16	221,16	221,16	0	
Média (kg/ha)	4474	1975	1609	3333	3333	3333	3333	3333	2580	1997	1997	1997	1997	1997	1997	1997	2305	
CV (%)	15,84	29,09	22,48	24,12	19,98	19,98	19,98	19,98	17,15	23,54	23,54	23,54	23,54	23,54	23,54	23,54	22,23	

******: Significativo ao nível de 5%, pelo teste F; ns: não significativo. P: % de genótipos que foram superados estatisticamente pelo cultivar i, pelo método de Fasoulas (1983).

TABELA 10. Análise de variância conjunta envolvendo sistemas de cultivo e locais, para produtividade de grãos (kg/ha), dos experimentos de avaliação de cultivares arroz de sequeiro conduzidos no ano agrícola 1994/95.

FV	GL	QM/1000	F
Blocos/(Sistemas/Locais)	16	1353,095	
Genótipos (G)	24	2775,408	2,87**
Sistemas (S)	1	180756,063	5,48ns
Locais (L)	3	129059,943	95,38**
S x L	3	32985,202	24,38**
G x L	72	967,450	3,68**
G x S	24	990,411	2,41**
G x S x L	72	410,138	1,56**
Erro Médio	384	262,555	

**** Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F;**

ns: Não significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

TABELA 11. Estimativas dos parâmetros de estabilidade obtidas pelo métodos propostos por Lin e Binns (1988b) e Annicchiarico (1992), para produtividade de grãos (kg/ha), dos experimentos de avaliação de cultivares de arroz de sequeiro nos dois sistemas de cultivo, conduzidos no ano agrícola 1994/95.

Genótipos	Média	P/1000*	Desvio/1000		Contribuição para a interação (%)	I _i **
			Genético	Interação		
CNA 7119	3030	291,287	194,085	97,202	1,05	124,68
Guarani	2775	894,346	566,725	327,623	3,55	106,43
Primavera	2707	1087,090	698,453	388,637	4,22	103,76
Douradão	2686	952,187	743,072	209,115	2,27	107,74
IAC 1323	2611	1385,134	910,262	474,872	5,15	93,43
CNA 8055	2593	1279,766	952,315	327,451	3,55	103,91
CNA 8075	2558	1609,482	1036,568	572,914	6,22	95,53
R. Paranaíba	2439	1617,887	1356,602	261,285	2,83	90,56
Canastra	2431	1635,905	1377,964	257,941	2,80	89,19
IAC 1365	2420	2181,578	1410,017	771,561	8,38	82,52
IAC 202	2370	1685,446	1560,600	124,846	1,36	95,69
IAC 1204	2346	1875,829	1633,339	242,490	2,63	90,20
IAC 1377	2324	1865,588	1703,735	161,853	1,76	86,32
Caiapó	2271	2193,214	1879,081	314,133	3,41	79,41
CNA 8096	2240	2289,007	1982,313	306,694	3,33	76,02
CNA 8069	2238	2321,308	1991,376	329,932	3,58	73,95
L 291	2177	2688,019	2207,661	480,358	5,21	78,42
CNA 7024	2160	2520,145	2267,198	252,947	2,75	72,56
CNA 6975-2	2126	2886,723	2396,387	490,336	5,32	70,95
L 141	2088	2674,542	2541,993	132,549	1,44	72,07
CNA 7911	1902	3953,935	3321,217	632,718	6,87	50,71
CNA 7690	1878	3892,594	3426,760	465,834	5,06	62,53
Progresso	1848	4035,480	3566,646	468,834	5,09	49,02
Confiança	1765	4544,975	3959,922	585,053	6,35	43,28
Maravilha	1630	5179,174	4645,521	533,653	5,79	40,06
Média	2305					
Nº de Ambientes	8					

* Ponto de corte (Cut Off Point) = $F(0,05) \cdot Q_{merro} = 533,889$. P_i menor que este valor não difere significativamente do máximo ($P < 0,05$).

** O nível de significância adotado foi de 0,25.

TABELA 12. Estimativas dos parâmetros de estabilidade obtidas pelo método proposto por Cruz, Torres e Vencovsky (1989), para produtividade de grãos (kg/ha), dos experimentos de avaliação de cultivares de arroz de sequeiro nos dois sistemas de cultivo, conduzidos no ano agrícola 1994/95.

Genótipos	Média nos ambientes			β_{ii}	$\beta_{1i} + \beta_{2i}$	$\sigma^2_{ei}/1000$	R ² (%)
	Geral	Desfav.	Favorável				
CNA 7119	3030	2510	3898	0,79ns	0,84ns	-30,665	95,25
Guarani	2775	2283	3597	0,65**	0,45**	-13,433	90,08
Primavera	2707	1780	4254	1,29**	0,73ns	1,129	96,68
Douradão	2686	2130	3613	0,76*	0,44**	-61,514	97,19
IAC 1323	2611	2111	3444	0,72**	0,53*	446,252	61,28
CNA 8055	2593	1986	3606	0,87ns	0,27**	-18,005	93,99
CNA 8075	2558	2021	3456	0,80ns	0,37**	193,175	77,30
R. Paranaíba	2439	1629	3789	1,17ns	1,10ns	-7,686	96,77
Canastra	2431	1585	3842	1,18ns	1,06ns	50,519	94,53
IAC 1365	2420	1908	3275	0,59**	0,82ns	367,534	61,83
IAC 202	2370	1875	3195	0,74**	0,71ns	-9,628	92,47
IAC 1204	2346	1735	3365	0,89ns	1,08ns	34,863	92,72
IAC 1377	2324	1811	3180	0,83ns	1,07ns	136,412	86,25
Caiapó	2271	1538	3493	1,12ns	1,46*	68,527	94,22
CNA 8096	2240	1446	3564	1,19ns	1,41ns	4,034	96,76
CNA 8069	2238	1538	3405	1,07ns	0,67ns	273,597	83,21
L 291	2177	1417	3444	1,06ns	1,50*	120,288	92,09
CNA 7024	2160	1482	3291	1,02ns	0,87ns	123,214	89,26
CNA 6975-2	2126	1309	3488	1,17ns	2,01**	-54,228	99,04
L 141	2088	1380	3268	1,07ns	1,32ns	49,574	94,27
CNA 7911	1902	1197	3078	1,05ns	1,34ns	378,163	82,73
CNA 7690	1878	1119	3145	1,06ns	0,58*	118,188	89,23
Progresso	1848	866	3486	1,36**	0,83ns	89,097	94,19
Confiança	1765	885	3233	1,27**	1,97**	-4,711	97,81
Maravilha	1630	714	3157	1,23*	1,55**	155,201	92,55

* , ** : Significativamente diferente de um, pelo teste t, a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

ns : Não significativo.

4.3 Resultados do ano agrícola 1995/96

As médias das produtividades de grãos de todos os locais nos dois sistemas de cultivo e um resumo das análises de variâncias individuais, bem como os valores das proporções obtidas pelo método de Fasoulas (1993), encontram-se na Tabela 13. Foram observadas diferenças significativas pelo teste F em todos os locais e sistemas de cultivo, a exceção do ensaio irrigado por aspersão conduzido em Felixlândia. A produtividade média de grãos dos cultivares neste ano foi a maior dos três anos agrícolas (3712 kg/ha), variando de 2308 kg/ha no experimento de sequeiro tradicional de Patos de Minas a 4632 kg/ha no sistema irrigado em Felixlândia. Isso indica que, nesse ano, as condições ambientais foram mais favoráveis. A produtividade média de grãos dos experimentos no sistema de cultivo de sequeiro irrigado por aspersão foi de 4133 kg/ha, superando em 25,55% a do sistema de sequeiro tradicional, que foi de 3292 kg/ha. Os materiais que mais se destacaram em produtividade de grãos foram a CNA 8300 (4144 kg/ha), o Rio Paranaíba (4112 kg/ha) e o Carisma (4065 kg/ha). Eles superaram, respectivamente, 20,83%, 16,67% e 8,33% dos materiais avaliados, segundo o método de Fasoulas (1993), ao nível de 5% de probabilidade. A linhagem CNA 7460 (4010 kg/ha), também apresentou boa adaptabilidade. Os coeficientes de variação das análises individuais de variância oscilaram de 12,08% em Patos de Minas no experimento irrigado a 26,49% em Patrocínio no sistema de sequeiro tradicional, sendo de um modo geral menores do que nos anos anteriores.

Em relação a análise de variância conjunta envolvendo os locais e os sistemas de cultivo, observa-se que houve diferenças significativas pelo teste F para todas as fontes de variação, exceto para a interação genótipos x sistemas de cultivo (G x S) (Tabela 14). A produtividade média de grãos dos sistemas de

cultivo não concordaram de um local para o outro, demonstrando a existência da interação S x L; do mesmo modo, os genótipos tiveram produtividades de grãos não concordantes entre os locais, ou seja, houve alteração na classificação dos genótipos; e também os genótipos classificaram-se diferentemente em cada sistema de cultivo.

A resposta quanto às variações ambientais também foram constatadas, neste ano, no estudo da estabilidade. Observando-se os resultados obtidos com a metodologia de Lin e Binns (1988b), verifica-se que os genótipos mais estáveis são CNA 8300 e Rio Paranaíba, por exibirem os menores valores de P_t , entretanto, considerando que a contribuição para a interação é importante, nota-se que a linhagem CNA 8300 é mais indicada do que a Rio Paranaíba, pois a primeira contribuiu com apenas 1,76% para a interação, enquanto a outra contribuiu com 4,32% (Tabela 15).

Os resultados obtidos com a metodologia de Annicchiarico (1992), encontram-se na Tabela 15. Os materiais CNA 8300, Rio Paranaíba e CNA 7460 foram os que apresentaram o melhor desempenho com 5,13%, 2,24% e 1,83% de produtividade de grãos acima da média do ambiente, na pior das hipóteses, respectivamente, com 75% de probabilidade. Os piores desempenhos, por sua vez, foram obtidos pelas linhagens IAC 1365 (73,15) e CNA 7119 (73,38), significando que os mesmos apresentaram na pior das hipóteses produtividade média de grãos 27% abaixo da média do ambiente.

Pelo método de Cruz, Torres e Vencovsky (1989), destacou-se a linhagem CNA 8300, pois apresentou média alta, resposta linear aos ambientes desfavoráveis e favoráveis e desvio da regressão pequeno (Tabela 16). O Primavera, a CNA 7119 e o Confiança foram os mais instáveis por apresentarem os maiores desvios de regressão.

TABELA 13. Produtividade média e resumo das análises de variância individual, por local e sistema de cultivo, para produtividade de grãos (kg/ha) obtidas nos experimentos de avaliação de cultivares de arroz de sequeiro conduzidos no ano agrícola 1995/96.

Genótipos	Folhiadã			Lembert			Levas			Patos de Minas			Petrocinio		Média (kg/ha)	P (%)	
	Irigado	Tradicional	Irigado	Irigado	Tradicional	Irigado	Tradicional	Irigado	Tradicional	Irigado	Tradicional	Irigado	Tradicional	Irigado			Tradicional
CNA8300	5832	4236	5068	3679	3497	5073	3497	4790	2742	2936	2742	3369	2936	2936	4144	20,83	
R.Perutumba	5083	4944	4492	3971	3743	5600	3743	3686	2721	3319	3686	3319	3686	3319	4111	16,67	
Carisma	5087	4728	5464	4617	4329	4726	4329	4284	1430	3812	1430	3812	3812	2173	4065	8,33	
CNA7460	4472	4416	5527	4027	4233	4634	4233	4138	2708	3272	2708	3272	2652	4009	4009	4,17	
CNA7024	4138	3888	4592	4284	3816	4170	3816	4401	3388	3895	3388	3895	3485	4406	4006	0	
LI41	4985	4152	4124	4638	3597	3778	3597	4589	2583	3812	2583	3812	3499	3976	3976	0	
Caasira	3936	4492	4284	3409	4649	4518	4649	4318	1923	2687	1923	2687	2937	3936	3936	0	
CNA8034	4791	4888	4298	4041	3398	4080	3398	4764	2173	3736	2173	3736	2937	3930	3930	0	
CNA6975-2	4416	3679	4721	4756	3650	3757	3650	4526	3145	3247	3145	3247	2916	3881	3881	0	
Chapô	4055	4722	3769	4006	4393	5222	4393	4075	2429	3375	2429	3375	2521	2916	3857	0	
CT7/15	4438	4833	4742	3249	4059	4768	4059	4333	2423	2334	2423	2334	2048	3746	3746	0	
MNI	4374	3875	5193	4249	3722	3792	3722	3714	2367	2590	2367	2590	1916	3712	3712	0	
Marevilha	4652	4652	4936	3263	4316	4174	4316	3798	2499	2909	2499	2909	1916	3711	3711	0	
Primavera	4805	3555	3929	2381	5483	4024	2383	5749	2228	3062	2228	3062	2833	3696	3696	0	
Guaraí	4013	4583	4687	3341	3382	4024	3382	5159	2235	2659	2235	2659	2478	3676	3676	0	
L92-61	5194	5360	3818	2451	3976	4257	3976	3485	1805	2854	1805	2854	2507	3570	3570	0	
CNA8061	3999	3978	4297	3104	2979	4142	2979	4235	2451	3235	2451	3235	3111	3553	3553	0	
CNA7911	3999	3277	3746	4288	3333	3333	3306	3284	2672	3812	2672	3812	3312	3303	3303	0	
CNA8304	4541	4541	3589	4247	4125	4247	4125	4195	1723	2277	1723	2277	1833	3468	3468	0	
Confiança	4679	5291	3263	3389	2975	3052	2975	3561	2360	3187	2360	3187	2152	3411	3411	0	
CNA7119	4235	3444	3610	3302	4397	4597	4397	5665	1312	1937	1312	1937	1979	3373	3373	0	
IAC202	5096	3784	3784	2715	4427	4075	4427	4075	2305	2062	2305	2062	1187	3361	3361	0	
Dourado	4047	4110	4742	3049	2785	3972	2785	4159	1769	2141	1769	2141	2136	3291	3291	0	
IAC1365	4339	3846	3846	2569	1733	3924	1733	3721	2006	2486	2006	2486	2118	3109	3109	0	
QMG/1000	864,30 ^{ns}	638,88*	1165,57*	1428,66*	1280,79 ^{***}	1166,90 ^{**}	1280,79 ^{***}	1175,13 ^{**}	730,54 ^{***}	1043,66 ^{**}	730,54 ^{***}	1043,66 ^{**}	1076,26 ^{**}	462,06	3712		
QME/1000	530,64	471,60	568,47	644,66	309,12	267,33	309,12	267,33	179,80	443,75	179,80	443,75	2566	3712	3712		
Média	4632	4366	4335	3630	3590	4280	3590	4280	2308	3068	2308	3068	2566	3712	3712		
CV (%)	15,73	15,73	17,31	22,12	13,80	12,85	13,80	12,08	18,37	21,71	18,37	21,71	26,49	17,29	17,29		

*, **, *** : Significativo pelo teste F, a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente; P: % de genótipos que foram superados estatisticamente pelo cultivar i, pelo método de Fasoulas (1983).

TABELA 14. Análise de variância conjunta envolvendo sistemas de cultivo e locais, para produtividade de grãos (kg/ha), dos experimentos de avaliação de cultivares de arroz de sequeiro conduzidos no ano agrícola 1995/96.

FV	GL	QM/1000	F
Blocos/(Sistemas/Locais)	20	1130,375	
Genótipos (G)	23	2457,822	2,05**
Sistemas (S)	1	127232,379	8,09*
Locais (L)	4	62434,428	55,23**
S x L	4	15730,137	13,92**
G x L	92	1201,801	2,91**
G x S	23	1033,795	1,59ns
G x S x L	92	651,222	1,58**
Erro Médio	460	412,295	

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

ns : Não significativo.

TABELA 15. Estimativas dos parâmetros de estabilidade obtidas pelo métodos propostos por Lin e Binns (1988b) e Annicchiarico (1992), para produtividade de grãos (kg/ha), dos experimentos de avaliação de cultivares de arroz de sequeiro nos dois sistemas de cultivo, conduzidos no ano agrícola 1995/96.

Genótipos	Média	P/1000*	Desvio/1000		Contribuição para a interação (%)	I,**
			Genético	Interação		
CNA 8300	4144	906,303	716,290	190,013	1,77	105,13
R. Paranaíba	4111	1250,330	785,757	464,573	4,32	102,24
Carisma	4065	1470,663	889,735	580,928	5,41	93,25
CNA 7460	4009	1307,811	1022,175	285,636	2,66	101,83
CNA 7024	4006	1625,342	1032,023	593,319	5,52	98,42
L 141	3976	1599,417	1108,197	491,220	4,57	98,47
Canastra	3936	1604,315	1211,313	393,002	3,66	95,58
CNA 8054	3930	1453,260	1228,085	225,175	2,09	99,86
CNA 6975-2	3881	1856,998	1365,174	491,824	4,58	95,50
Caiapó	3857	1894,942	1436,193	458,749	4,27	96,04
CT 7/15	3746	1981,843	1777,575	204,268	1,90	91,56
MN 1	3712	2323,524	1892,593	430,931	4,01	92,90
Maravilha	3711	2245,580	1894,053	351,527	3,27	90,33
Primavera	3696	2767,012	1947,121	819,891	7,63	84,40
Guarani	3676	2204,637	2014,806	189,831	1,77	91,54
L 92-61	3570	3114,595	2398,946	715,648	6,66	83,46
CNA 8061	3553	2757,308	2465,671	291,637	2,71	89,33
CNA 7911	3503	3726,333	2662,669	1063,664	9,90	83,63
CNA 8304	3468	3058,229	2803,444	254,785	2,37	81,56
Confiança	3411	3827,677	3041,949	785,728	7,31	81,70
CNA 7119	3373	3707,896	3208,506	499,390	4,65	73,38
IAC 202	3361	3696,934	3260,931	436,003	4,06	74,36
Douradão	3291	3718,537	3576,522	142,015	1,32	79,36
IAC 1365	3109	4855,306	4470,685	384,621	3,58	73,15
Média	3712					
Nº de Ambientes	10					

* Ponto de corte (Cut Off Point) = $F(0,05) \cdot Q_{merro} = 783,458$. P_i menor que este valor não difere significativamente do máximo ($P < 0,05$).

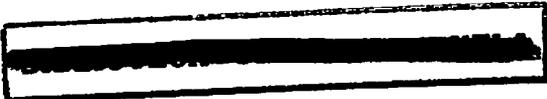
** O nível de significância adotado foi de 0,25.

TABELA 16. Estimativas dos parâmetros de estabilidade obtidas pelo método proposto por Cruz, Torres e Vencovsky (1989), para produtividade de grãos (kg/ha), dos experimentos de avaliação de cultivares de arroz de sequeiro nos dois sistemas de cultivo, conduzidos no ano agrícola 1995/96.

Genótipos	Média nos ambientes			β_{ii}	$\beta_{ii} + \beta_{2i}$	$\sigma^2_{e_i}/1000$	R^2 (%)
	Geral	Desfav.	Favorável				
CNA 8300	4144	3288	5000	1,1ns	3,09ns	20,102	88,19
R. Paranaíba	4111	3462	4761	0,89ns	1,95ns	168,952	70,24
Carisma	4065	3272	4858	1,43**	1,42ns	195,920	84,33
CNA 7460	4009	3378	4641	0,99ns	-0,16ns	51,000	81,79
CNA 7024	4006	3773	4238	0,38**	-0,55ns	-77,791	68,77
L 141	3976	3626	4326	0,63**	2,31ns	73,687	65,34
Canastra	3936	3176	4697	1,20ns	4,68**	29,197	89,94
CNA 8054	3930	3297	4564	0,98ns	0,84ns	-10,738	86,85
CNA6975-2	3881	3543	4220	0,61**	0,50ns	137,070	53,78
Caipó	3857	3345	4369	0,91ns	-1,11ns	140,795	72,46
CT 7/15	3746	2863	4631	1,26ns	-0,38ns	0,959	90,81
MN 1	3712	3234	4190	0,84ns	1,23ns	132,497	69,74
Maravilha	3711	2981	4442	1,11ns	1,52ns	108,647	81,66
Primavera	3696	2667	4724	1,19ns	-1,18ns	752,971	58,03
Guarani	3676	2859	4493	1,14ns	-2,22*	-35,131	91,98
L 92-61	3570	2718	4423	1,18ns	3,90*	296,716	75,80
CNA 8061	3553	2976	4130	0,72ns	-0,60ns	-43,841	82,71
CNA 7911	3503	3478	3528	0,20**	1,98ns	56,610	28,90
CNA 8304	3468	2714	4222	1,25ns	1,22ns	68,642	86,93
Confiança	3411	2853	3969	0,83ns	3,48ns	320,491	61,27
CNA 7119	3373	2435	4310	1,42**	-1,82*	349,582	78,55
IAC 202	3361	2287	4434	1,41**	2,80ns	174,193	85,32
Douradão	3291	2376	4206	1,22ns	-0,46ns	-26,662	92,13
IAC 1365	3109	2182	4035	1,07ns	1,52ns	195,992	75,17

* , ** : Significativamente diferente de um, pelo teste t, a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

ns: Não significativo.



4.4 Resultados do triênio agrícola 1993/94, 1994/95 e 1995/96

A análise conjunta envolvendo sistemas de cultivo, locais e anos revelou que houve diferenças significativas, pelo teste F, para as fontes de variação: sistemas, locais, anos, genótipos x locais (G x L), genótipos x anos (G x A), locais x anos (L x A), sistemas x locais x anos (S x L x A), genótipos x locais x anos (G x L x A), genótipos x sistemas x anos (G x S x A) e genótipos x sistemas x locais x anos (G x S x L x A). Não houve diferenças significativas, pelo teste F, para as fontes de variação: genótipos, genótipos x sistemas (G x S), sistemas x locais (S x L), sistemas x anos (S x A) e genótipos x sistemas x locais (G x S x L) (Tabela 17).

Deve-se ressaltar que, nas análises conjuntas dentro de anos, as diferenças observadas em todos os anos entre os materiais, é resultado do maior número envolvido na análise. Entretanto, quando realizou-se a análise do triênio, os materiais envolvidos foram somente nove, ou seja, as testemunhas e as linhagens elite, selecionadas por apresentarem uma produtividade média de grãos acima da média dos ensaios no decorrer do período, o que diminuiu a diferença de produtividades entre os mesmos. A produtividade média dos materiais envolvendo os sistemas, os locais e os anos foi de 2944 kg/ha e o coeficiente de variação 17,77%. Apesar de não ter havido diferenças significativas entre os materiais como citado anteriormente, adotou-se o critério da superioridade em relação à média geral (2944 kg/ha) para selecionar os mais adaptados. Assim, o Canastra, o Guarani, a CNA 7024, o Douradão, o Caiapó e a CNA 6975-2 foram considerados os mais adaptados (Tabela 18).

A fonte de variação sistemas significativa indica que as produtividades médias de grãos obtidas nos dois sistemas são diferentes entre si, sendo o sistema

de cultivo irrigado por aspersão (3401 kg/ha), superior ao sistema de sequeiro tradicional (2488 kg/ha). Do mesmo modo, houve diferenças significativas entre as produtividades de grãos nos diferentes locais de avaliação, sendo que as maiores produtividades foram obtidas em Felixlândia (3552 kg/ha), seguido de Lavras (3288 kg/ha), Lambari (2649 kg/ha) e Patos de Minas (2288 kg/ha). Para a fonte de variação anos, também houve diferenças significativas (Tabela 19).

A interação G x S não significativa indica não haver necessidade de se testar o mesmo grupo de cultivares nos dois sistemas de cultivo, ou seja, os cultivares se classificaram do mesmo modo no sistema de sequeiro irrigado por aspersão e no sistema de sequeiro tradicional (Tabela 17). As significâncias das interações G x L e G x A, por sua vez, revelam que a classificação dos materiais não foi coincidente nos locais e anos de avaliação.

Os parâmetros de estabilidade foram, de um modo geral, semelhantes para todos os materiais nos três métodos (Tabelas 20 e 21).

Pela metodologia de Lin e Binns (1988b), o cultivar Canastra mostrou-se com maior estabilidade ($P_i = 893,970$), contribuindo menos para a interação genótipos por ambientes (5,83%). As linhagens CNA 7024, CNA 6975-2 e o cultivar Guarani também possuem boa estabilidade. Porém, a CNA 7024 contribuiu com 12,56% para a interação devendo, neste caso, ser preterida em relação às outras duas (Tabela 20).

Pelo método de Annicchiarico (1992), nenhum dos materiais avaliados apresentou índice de confiança superior a 100%, sendo o cultivar Canastra e a linhagem CNA 7024 considerados os de menor risco de serem adotados pelos produtores. O pior desempenho foi o do cultivar Maravilha, que apresentou, na pior das hipóteses, produtividade média de grãos 32,60% abaixo da média ambiental (Tabela 20).

Em relação à metodologia de Cruz et al. (1989), cujos resultados são mostrados na Tabela 21, destacou-se o cultivar Canastra com uma ampla adaptabilidade, além de possuir uma boa estabilidade, indicada pelo seu menor valor do desvio da regressão e maior previsibilidade de comportamento ($R^2 = 89,97\%$). Por sua vez, o Confiança, a CNA 7024 e a CNA 6975-2 também mostraram uma ampla adaptabilidade, entretanto, somente a linhagem CNA 6975-2 possui boa estabilidade. Considerando a resposta à melhoria das condições ambientais, destacaram-se os cultivares Confiança, Maravilha e Guarani, além do Canastra, já citado anteriormente. Todavia, todos os materiais mostraram os coeficientes de regressão referentes à reta dos ambientes favoráveis iguais à unidade, pelo teste t, com exceção do cultivar Confiança, que foi significativamente maior do que à unidade. Os cultivares Douradão e Guarani mostraram o $\beta_{ii} < 1$, ou seja, não responderam às variações nos ambientes desfavoráveis, porém respondem à melhoria das condições ambientais, não sendo entretanto estáveis, por possuírem elevados desvios da regressão.

A Tabela 22 mostra os coeficientes de correlação classificatória de Spearman envolvendo os parâmetros de estabilidade e a média no triênio. A correlação entre a média (β_{0i}) e a estimativa de P_i de Lin e Binns (1988b) é negativa e de alta magnitude, indicando que as maiores médias foram associadas às menores estimativas de P_i , ou seja, maiores produtividades de grãos associadas a maior estabilidade. Do mesmo modo, a média correlacionou-se alta e positivamente com o índice de confiança (I_i) proposto pelo método de Annicchiarico (1992), ou seja, quanto maior a média de produtividade de grãos mais alto o índice de confiança. Entretanto, a média não se correlacionou com o parâmetro de estabilidade do modelo proposto por Cruz et al. (1989), o desvio de regressão ($\sigma^2_{\beta_i}$). Os parâmetros de estabilidade P_i , $\sigma^2_{\beta_i}$ e I_i , respectivamente, dos

métodos de Lin e Binns (1988b), Cruz et al.(1989) e Annicchiarico (1992), foram correlacionados entre si, ou seja, classificam os materiais do mesmo modo, quanto à estabilidade.

TABELA 17. Análise de variância conjunta envolvendo sistemas de cultivo, locais e anos, para produtividade de grãos (kg/ha), dos experimentos de avaliação de cultivares de arroz de sequeiro conduzidos no triênio agrícola 1993/94, 1994/95 e 1995/96.

FV	GL	QM/1000	F
Blocos/(Sistemas/Locais/ Anos)	48	576,172	
Genótipos (G)	8	3271,169	1,15ns
Sistemas (S)	1	135073,787	24,98**
Locais (L)	3	54275,250	3,84*
Anos (A)	2	163504,537	13,39**
G x S	8 (8)	302,130	0,42ns
G x L	24 (47)	2129,744	2,50**
G x A	16 (27)	1464,508	1,72*
S x L	3 (6)	1021,703	0,08ns
S x A	2 (3)	4879,346	0,39ns
L x A	6 (10)	12207,476	21,19**
G x S x L	24 (95)	459,207	1,15ns
S x L x A	6 (14)	12342,317	21,42**
G x L x A	48 (109)	850,846	3,11**
G x S x A	16 (78)	1189,834	2,99**
G x S x L x A	48 (119)	397,645	1,45**
Erro Médio	384 (244)	274,009	

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F; ** Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F; ns - não significativo

¹ Graus de liberdade, entre parêntesis, ajustados pelo método de Cochran (1954), citado por Pimentel Gomes (1978), utilizados no teste F.

TABELA 18. Médias de produtividades de grãos (kg/ha), dos cultivares avaliados nos experimentos de arroz de sequeiro conduzidos no triênio 1993/94, 1994/95 e 1995/96.

Cultivares	Médias (kg/ha)
Canastra	3184a
Guarani	3137a
CNA 7024	3098a
Douradão	3023a
Caiapó	3022a
CNA 6975-2	3006a
Maravilha	2782a
CNA 7911	2634a
Confiança	2617a
Média Geral	2944
CV (%)	17,77

* Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si, pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade.

TABELA 19. Produtividade média de grãos (kg/ha), por sistemas de cultivo*, locais e anos, obtidas nos experimentos de avaliação de cultivares de arroz de sequeiro conduzidos no triênio 1993/94, 1994/95 e 1995/96.

Locais/Sistemas	Anos									Conjunta**		
	1993/94			1994/95			1995/96					
	I	T	Média	I	T	Média	I	T	Média	I	T	Média
Felixlândia	3171	2970	3071	4651	1793	3223	4430	4299	4365	4084	3021	3553 a
Lambari	3370	2102	2736	1382	940	1161	4304	3798	4051	3019	2280	2650 ab
Lavras	3748	2646	3197	3320	2292	2806	4025	3697	3860	3697	2878	3288 a
Patos de Minas	2361	1562	1961	1909	1265	1587	4142	2491	3317	2804	1773	2288 b
Média	3163	2320	2741 B	2815	1573	2194 B	4225	3571	3898 A	3401 A	2488 B	2944

* I - Sistema de sequeiro irrigado por aspersão; T - Sistema de sequeiro tradicional.

** Médias seguidas pelas mesmas letras, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si, pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade.

TABELA 20. Estimativas dos parâmetros de estabilidade obtidas pelo métodos propostos por Lin e Binns (1988b) e Annicchiarico (1992), para produtividade de grãos (kg/ha), dos experimentos de avaliação de cultivares de arroz de sequeiro nos dois sistemas de cultivo, conduzidos no triênio agrícola 1993/94, 1994/95 e 1995/96.

Genótipos	Média	P/1000*	Desvio/1000		Contribuição para a interação (%)	I _i **
			Genético	Interação		
Canastra	3184	893,970	630,018	263,952	5,83	96,30
Guarani	3137	1167,971	725,957	442,014	9,76	89,91
CNA 7024	3098	1378,485	809,694	568,791	12,56	90,08
Douradão	3023	1575,924	983,306	592,618	13,09	87,25
Caiapó	3022	1542,714	984,487	558,227	12,33	88,18
CNA 6975-2	3006	1443,593	1023,999	419,594	9,27	89,18
Maravilha	2782	2192,076	1656,070	536,006	11,84	67,40
CNA 7911	2634	2715,286	2152,657	562,629	12,43	71,34
Confiança	2618	2796,799	2213,882	582,917	12,88	68,23
Média	2944					
Nº de Ambientes	24					

* Ponto de corte (Cut Off Point) = $F(0,05) \cdot Q_{merro} = 431,198$. P_i menor que este valor não difere significativamente do máximo ($p < 0,05$).

** O nível de significância adotado foi de 0,25.

TABELA 21. Estimativas dos parâmetros de estabilidade obtidas pelo método proposto por Cruz, Torres e Vencovsky (1989), para produtividade de grãos (kg/ha), dos experimentos de avaliação de cultivares de arroz de sequeiro nos dois sistemas de cultivo, conduzidos no triênio agrícola 1993/94, 1994/95 e 1995/96.

Genótipos	Média nos ambientes			β_{1i}	$\beta_{1i}+\beta_{2i}$	$\sigma^2_{\delta i}/1000$	R^2 (%)
	Geral	Desfav.	Favorável				
Canastra	3184	1980	4203	1,10ns	1,13ns	97,281	89,97
Guarani	3137	2304	3841	0,72**	1,09ns	137,676	78,42
CNA 7024	3098	2160	3891	0,94ns	0,73ns	132,255	84,03
Douradão	3023	2218	3704	0,73**	0,90ns	202,388	72,67
Caiapó	3022	1839	4024	1,12*	0,87ns	154,007	87,12
CNA 6975-2	3006	1852	3983	1,10ns	1,03ns	128,744	88,29
Maravilha	2782	1420	3934	1,29**	1,12ns	231,482	87,37
CNA 7911	2634	1725	3404	0,89ns	0,80ns	159,177	81,14
Confiança	2618	1477	3582	1,10ns	1,32*	182,419	86,49

* , ** : Significativamente diferente de um, pelo teste t, a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

ns: Não significativo a 5% de probabilidade pelo teste t.

TABELA 22. Estimativas das correlações classificatórias de Spearman entre os parâmetros β_{0i} , P_i , I_i , β_{1i} , $\beta_{1i}+\beta_{2i}$, $\sigma^2_{\delta i}$, e R^2 para o triênio agrícola 1993/94, 1994/95 e 1995/96.

Parâmetros	P_i	I_i	β_{1i}	$\beta_{1i}+\beta_{2i}$	$\sigma^2_{\delta i}$	R^2
β_{0i}	-0,93**	0,87**	-0,24ns	-0,08ns	-0,60ns	0,00ns
P_i		-0,93**	0,09ns	0,05ns	0,80**	-0,23ns
I_i			-0,21ns	-0,18ns	-0,90**	0,17ns
β_{1i}				0,26ns	0,008ns	0,84**
$\beta_{1i}+\beta_{2i}$					0,08ns	0,42ns
$\sigma^2_{\delta i}$						-0,43ns

** : Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste t.

ns : Não significativo.

5. DISCUSSÃO

Os ensaios de avaliação de cultivares de arroz de sequeiro do programa de melhoramento genético em Minas Gerais são muito dinâmicos, isto é, apresentam uma alta taxa de substituição de materiais. Isto dificulta a análise de variância envolvendo mais de um ano; além disso, os locais (Tabela 1), também foram variáveis nos três anos de avaliação envolvidos neste trabalho. Por isso foi realizada a análise conjunta por ano agrícola, e após, uma análise conjunta abrangendo os três anos agrícolas somente com os cultivares comuns, que no caso foram nove, (Tabela 2). Conforme Arias (1996), seria importante manter os materiais nos ensaios por, pelo menos, dois anos, para obter-se maiores inferências sobre a interação genótipos x anos.

A variação observada entre os locais de avaliação em todos os anos e também na análise conjunta do triênio foi sempre significativa (Tabelas 6, 10, 14 e 17), indicando que as condições edafoclimáticas influenciaram de forma diferente a produtividade de grãos dos materiais testados. Na média do triênio, Felixlândia foi o local que apresentou maior produtividade de grãos, sendo esta produtividade 20,7% superior à média geral dos experimentos. Este fato coloca Felixlândia como ambiente favorável à seleção de cultivares responsivas à melhoria ambiental, do mesmo modo que Lavras, já que esta localidade também apresentou boa produtividade de grãos (11,7% superior à média geral), não diferindo estatisticamente de Felixlândia (Tabela 19).

O sistema de sequeiro tradicional caracteriza-se pelo cultivo do arroz nas condições climáticas naturais, ou seja, a única fonte de fornecimento de água é a chuva. Nesse sistema, as produtividades de grãos são geralmente baixas, devido à ocorrência de déficit hídrico. Em condições experimentais, é feito o controle desse

déficit com o objetivo de não haver perdas de ensaios, entretanto, existe deficit hídrico ao ponto de influenciar a produtividade de grãos. No sistema de sequeiro irrigado por aspersão, é fornecida água às plantas em quantidades suficientes para o aumento da produtividade de grãos.

Em relação aos sistemas de cultivo avaliados, o sistema de sequeiro irrigado por aspersão sempre foi superior ao sistema tradicional, em todos os anos agrícolas e, na média do triênio, o sistema irrigado apresentou produtividade média de 3401 kg/ha, contra 2488 kg/ha do sistema tradicional (Tabelas 6, 10, 14, 17 e 19). Quando se verificou a melhor combinação entre locais e sistemas, constatou-se que o sistema irrigado em Felixlândia foi o ambiente que proporcionou maior produtividade de grãos na média do triênio (4084 kg/ha) e a maior produtividade de grãos do período (4632 kg/ha, em 1995/96) (Tabela 19).

A precisão experimental dos ensaios, em todo o período, foi classificada como de baixa à média, segundo Pimentel Gomes (1978), com os coeficientes de variação oscilando de 12,08% (ensaio irrigado em Patos de Minas no ano agrícola de 1995/96) a 32,40% (ensaio tradicional em Patos de Minas no ano de 1994/95). Os ensaios conduzidos em Felixlândia no sistema irrigado foram os mais precisos nos dois primeiros anos; no último ano, o ensaio irrigado de Patos de Minas foi o mais preciso, como citado anteriormente. Em 1995/96, o destaque foi Lavras com os dois ensaios apresentando bons coeficientes de variação, 12,85% para o ensaio irrigado e 13,80% para o ensaio tradicional (Tabelas 5, 9 e 13). Vale ressaltar que foi estimada a correlação linear, envolvendo todos os experimentos entre a produtividade média de grãos e o coeficiente de variação, tendo-se encontrado o valor de $r = -0,54$. Este valor foi próximo do encontrado por Gonçalves (1997), que foi de $r = -0,61$. A existência de uma alta correlação linear, indica uma certa associação entre a produtividade média de grãos e o

coeficiente de variação, ou seja, o coeficiente de variação foi influenciado pela magnitude das médias; maiores CV's seriam obtidos em ensaios com menores médias e, não necessariamente com maior erro experimental, o que dificulta a comparação da precisão de experimentos cujas produtividades médias sejam muito discrepantes (Arias, 1996).

No ano de 1993/94, os materiais mais adaptados foram a linhagem CNA 7024 e o cultivar Canastra, entretanto, a linhagem CNA 6687, também mereceu destaque. Assim, foram discriminados somente 12% dos materiais que estavam em teste. Em 1994/95, a discriminação foi um pouco maior (16%), com destaque para CNA 7119, Guarani, Primavera e Douradão. No último ano (1995/96), destacaram-se quatro materiais: CNA 8300, Rio Paranaíba, Carisma e CNA 7460, o que representa uma discriminação de 16,67%, a maior do período, a qual ainda foi considerada baixa (Tabelas 5, 9 e 13). Na análise do triênio, os cultivares Canastra, Guarani, Douradão e Caiapó e as linhagens CNA 7024 e CNA 6975-2 foram os mais adaptados. Por outro lado, os cultivares Maravilha e Confiança e a linhagem CNA 7911 mostraram-se os menos adaptados, todavia não houve discriminação entre os materiais (Tabela 18). Isto indica que, apesar do maior número de materiais envolvidos na análise dentro de cada ano, a discriminação foi muito pequena, fato atribuído em princípio à baixa precisão experimental observada. Entretanto, vale ressaltar que, esses materiais são componentes dos Ensaios Comparativos Avançados, ou seja, são materiais elite, que apresentam altas produtividades de grãos. Este fato reforça que a precisão experimental deve ser maior, para que haja uma melhor discriminação dos materiais.

Uma informação de grande importância para orientar trabalhos futuros de avaliação de cultivares e sua recomendação para os agricultores é verificar se

a interação cultivares x locais é mais importante do que a interação cultivares x anos. Assim, foi realizada uma comparação entre estas duas interações, constatando-se que a variância da interação genótipos por locais ($\hat{\sigma}_{GL}^2 = 63.155,00$) é maior do que a variância da interação genótipos por anos ($\hat{\sigma}_{GA}^2 = 22.728,00$); isto significa que é mais vantajoso testar os materiais em um maior número de locais, do que um maior número de anos. Neste caso, os testes regionais devem ser realizados em um maior número de locais por dois anos, optando-se pelo sistema de cultivo de sequeiro tradicional, tendo em vista que a interação genótipos por sistemas foi não significativa e, também, a maior similaridade com o sistema de cultivo utilizado pelos produtores de arroz.

No estudo da adaptabilidade e estabilidade, o primeiro problema que surge é a conceituação dos termos, conforme já comentado. Após o entendimento destes conceitos, outro problema surge no momento da escolha do método a ser utilizado para as estimativas dos parâmetros de estabilidade.

Os métodos que utilizam a regressão possuem algumas restrições. A primeira delas é a não independência entre a média dos cultivares e a medida do índice ambiental (Westcott, 1986; Lin, Binns e Lefkovitch, 1986; Crossa, 1990). Essa restrição é importante quando o número de cultivares é pequeno. Uma alternativa para atenuar este problema é utilizar uma outra medida de índice ambiental, que não seja a média dos cultivares (Freeman e Perkins, 1971). Becker e Léon (1988) sugerem, como opção, utilizar a média das testemunhas que foram avaliadas em todos os ambientes como medida da flutuação ambiental; este método foi empregado por Ferreira, Ramalho e Abreu (1992), na cultura do feijoeiro, e por Soares (1992), na cultura do arroz. Entretanto, um dos principais problemas dessa alternativa é a escolha apropriada das testemunhas (Becker e Léon, 1988). No caso deste trabalho, somente na análise do triênio é que esta

restrição pode ter alguma importância, pois o número de cultivares envolvidos foi de apenas nove.

Uma segunda limitação, segundo Crossa (1990), é a não ocorrência de um relacionamento linear entre o desempenho do cultivar e a média do ambiente. Isto é, há necessidade que ocorra um bom ajustamento à regressão linear. Fato que, de um modo geral, foi observado neste trabalho, pois os R^2 foram sempre de alta magnitude.

A terceira crítica ocorre quando alguns ambientes divergem acentuadamente dos demais, por serem muito ou pouco produtivos; as estimativas da regressão para os cultivares envolvidos podem ser bastante influenciadas por esses ambientes extremos, fornecendo informações que não são confiáveis. Uma maneira de atenuar esse problema seria descartar das análises aqueles ambientes contrastantes (Crossa, 1990).

Uma quarta crítica ao uso dos métodos que empregam a regressão (Crossa, 1990), é que a estimativa obtida é relativa aos ambientes e cultivares envolvidos, portanto não pode ser extrapolada. A classificação de dois cultivares com relação aos coeficientes de estabilidade poderá ser diferente quando comparados com dois grupos diferentes de cultivares. Um fato que comprova essa observação foi que em 1993/94, os materiais mais estáveis foram o Canastra, a CNA 7677 e o Guarani; em 1994/95, foram a CNA 7119, o Guarani, o Douradão e o Primavera e, em 1995/96, foram a CNA 8300 e o Rio Paranaíba. No triênio, os materiais mais estáveis foram o cultivar Canastra e a linhagem CNA 6975-2.

Uma outra limitação, segundo Vencovsky e BARRIGA (1992), é a pequena discriminação entre os cultivares através da estimativa de b_i . Devido à pequena variação em torno da média de b_i , que é 1, a maioria dos materiais não diferem da unidade. Neste trabalho, obteve-se 36% dos cultivares com b_i diferindo da

unidade em 1993/94 e 1994/95, 29% em 1995/96 e 44,4% no triênio (Tabelas 8, 12, 16 e 21).

Outras alternativas têm sido propostas para avaliar a estabilidade dos cultivares frente às variações ambientais, como é o caso dos métodos de Lin e Binns (1988b) e de Annicchiarico (1992).

A metodologia de Lin e Binns (1988b), baseia-se na estimativa do parâmetro P_i , que mede o desvio da produtividade de um dado cultivar em relação ao máximo em cada um dos ambientes. Sendo M_j a resposta máxima ou uma testemunha, e P_i um desvio desse máximo, então quanto menor o valor de P_i melhor o cultivar. Por esta metodologia,, o cultivar Canastra mostrou-se com maior estabilidade, entretanto, as linhagens CNA 7024, CNA 6975-2 e o cultivar Guarani também possuem boa estabilidade. Porém, a CNA 7024 contribuiu com 12,56% para a interação devendo, neste caso, ser preterida em relação às outras duas.

O método de Annicchiarico (1992), utiliza o índice de confiança da performance de um determinado cultivar com relação à média do ambiente. Este método, como comentado anteriormente, estima a probabilidade de um determinado cultivar apresentar desempenho abaixo da média do ambiente. São poucas as citações de resultados desse método na literatura, mesmo porque é um método ainda recente. Trabalhos com milho, utilizando este método, foram realizados por Annicchiarico et al. (1994) na Itália e Gonçalves (1997), no Brasil.

Apesar de não ser objetivo deste trabalho, os métodos para medir a estabilidade foram comparados. Os parâmetros para medir a estabilidade em cada método foram concordantes como mostrou os resultados das correlações classificatórias de Spearman (Tabela 22), entre P_i , $\sigma^2_{\epsilon_i}$ e I_i , dos métodos de Lin e Binns (1988b), Cruz et al.(1989) e Annicchiarico (1992) , respectivamente.

Entretanto, pelos resultados obtidos, verificou-se que as metodologias de Lin e Binns (1988b) e de Annicchiarico (1992), são mais simples de serem entendidas e suas estimativas obtidas.

Por outro lado, a estimativa de correlação entre β_{0i} e $\beta_{1i} + \beta_{2i}$ foi baixa indicando que pode-se identificar genótipos adaptados e responsivos à melhoria do ambiente, ou seja, o material pode ser responsivo independentemente de sua produtividade média de grãos, no que concordam Souza et al. (1991). A correlação entre o coeficiente de regressão β_{1i} e o quadrado médio dos desvios da regressão ($\sigma^2_{\delta i}$) foi baixa, positiva e não significativa, indicando que a resposta aos ambientes desfavoráveis é independente da estabilidade do material. Do mesmo modo, a baixa correlação, positiva e não significativa entre $\beta_{1i} + \beta_{2i}$ e $\sigma^2_{\delta i}$ indica que a resposta aos ambientes favoráveis é independente da estabilidade do material, concordando com os resultados obtidos por Becker (1981b).

Diversos trabalhos têm sido realizados com várias metodologias de avaliação da estabilidade de cultivares, sendo que alguns deles encontraram resultados semelhantes ao deste trabalho, outros por sua vez utilizaram métodos diferentes.

Resultados semelhantes foram obtidos por Gonçalves (1997) que, quando comparou, na cultura do milho, as metodologias de Eberhart e Russel (1966), Lin e Binns (1988b) e Annicchiarico (1992), encontrou que os mesmos forneceram resultados semelhantes na classificação dos genótipos quanto à estabilidade. Concluiu-se também que, as estimativas e interpretações dos resultados dos métodos de Lin e Binns (1988b) e de Annicchiarico (1992), foram mais simples e melhoraram o discernimento dos melhoristas em relação aos materiais.

Por outro lado, Soares (1992), utilizando outros dois processos para avaliar a estabilidade de genótipos de arroz, o método tradicional de Eberhart e

Russel (1966) e o alternativo de Cruz et al. (1989), encontrou correlações altas para os parâmetros de estabilidade, indicando que houve concordância entre os mesmos.

Farias (1995), trabalhando com a cultura do algodão herbáceo, comparou os parâmetros de estabilidade propostos por Lin e Binns (1988b) com os métodos de Eberhart e Russel (1966) e Cruz et al. (1989), e concluiu que, de maneira geral, as três metodologias fornecem as mesmas informações com relação à superioridade dos materiais. Porém, para facilidade de cálculo e interpretação, principalmente por não apresentar restrições à sua utilização, o método de Lin e Binns (1988b), é bastante promissor, entretanto faz-se necessário a acumulação de um maior número de resultados antes de se proceder uma generalização no seu uso.

6 CONCLUSÕES

Dentre os materiais avaliados no triênio, quanto à adaptabilidade, ou seja, maior produtividade de grãos, os cultivares Canastra, Guarani, Douradão e Caiapó e as linhagens CNA 7024 e CNA 6975-2 foram os que mais se destacaram.

Os materiais diferiram quanto à estabilidade da produtividade de grãos, com destaque para o cultivar Canastra e a linhagem CNA 6975-2. Por outro lado, os cultivares Maravilha e Confiança e a linhagem CNA 7911 mostraram-se instáveis.

A interação genótipos por sistemas foi não significativa, não havendo necessidade de se testar o mesmo grupo de materiais nos sistemas de sequeiro irrigado por aspersão e sequeiro tradicional. Assim, deve-se optar por um ou outro sistema, devendo-se dar preferência ao sequeiro tradicional por ser mais próximo do sistema de cultivo utilizado pelos produtores de arroz.

A magnitude da variância da interação genótipos por locais foi maior do que a magnitude da variância da interação genótipos por anos, sugerindo que as avaliações sejam realizadas em um maior número de locais, com a consequente redução do número de anos, reduzindo, assim, o período de testes regionais.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABOU-EL-FITTOUH, H. A.; RAWLINGS, J. O.; MILLER, P. A. Classification of environments to control genotype by environment interactions with an application to cotton. *Crop Science*, Madison, v.9, p.135-140, 1969.
- ALLARD, R. W.; BRADSHAW, A. D. Implications of genotype-environment interactions in applied plant breeding. *Crop Science*, Madison, v.4, p.503-508, Sep/Oct. 1964.
- ANNICCHIARICO, P. Cultivar adaptation and recommendation from alfafa trials in Northern Italy. *J. Genet. & Breed.*, Lodi, v.46, n.3, p.269-278, Sep. 1992.
- ANNICCHIARICO, P.; BERTOLINI, M.; MAZZINELLI, G. Analysis of genotype-environment interactions for maize hybrids in Italy. *Journal Genetics Breeding*, Italy, v.49, n.1, p.61-68, Sept. 1994.
- ARIAS, E. R. A. Adaptabilidade e estabilidade das cultivares de milho avaliadas no Estado de Mato Grosso do Sul e avanço genético obtido no período de 1986/87 a 1993/94. Lavras: UFLA, 1996. 118p. (Tese - Doutorado em Fitotecnia).
- BASFORD, K. E.; COOPER, M. Genotype x environment interactions and some considerations of their implications for wheat breeding in Australia. *Australian Journal Agricultural Research*, Melbourne, v.49, p.153-174, 1998.
- BECKER, H. C. Biometrical and empirical relations between different concepts of phenotypic stability. In: GALLAIS, A. (ed.). *Quantitative Genetics and Breeding Methods*. INRA, Versailles, p.397-414, 1981a.
- BECKER, H. C. Correlations among some statistical measures of phenotypic stability. *Euphytica*, Wageningen, v.30, n.3, p.835-840, Dec. 1981b.

- BECKER, H. C.; LÉON, J. Stability analysis in plant breeding. *Plant Breeding*, Berlin, v.101, n.1, p.1-23, April. 1988.
- BILBRO, J. D.; RAY, L. L. Environmental stability and adaptation of several cotton cultivars. *Crop Science*, Madison, v.16, n.6, p.821-824, Nov./Dec. 1976.
- BORÉM, A. *Melhoramento de plantas*. 1. ed. Viçosa: UFV, 1997. 547p.
- CALINSKY, T.; CZAJKA, S.; KACZMAREK, Z. A model for the analysis of a series of experiments repeated at several places over a period of years. *Biuletyn Oceny Odmian*, v.17-18, p.7-71, 1987.
- CHAKROUN, M.; TALIAFERRO, C. M.; McNEW, R. H. Genotype-environment interactions of bermuda grass forage yields. *Crop Science*, Madison, v.30, p.49-53, Jan./Feb. 1990.
- CHAPMAN, S. C.; CROSSA, J.; BASFORD, K. E.; KROONENBERG, P. M. Genotype by environment effects and selection for drought tolerance in tropical maize. II. Three-mode pattern analysis. *Euphytica*, Wageningen, v.95, p.11-20, 1997.
- COMSTOCK, R. E.; MOLL, R. H. Genotype-environment interaction. In: HANSON, W. D.; ROBINSON, H. F. (eds.). *Statistical genetics and plant breeding*. Washington, National Academic of Science, 1963. p.164-196. (Publication, 982).
- CROSSA, J. Statistical analyses of multilocation trials. *Advances in Agronomy*, New York, v.44, p.55-85, 1990.
- CRUZ, C. D.; CASTOLDI, F. L. Decomposição da interação genótipos x ambientes em partes simples e complexa. *Revista Ceres*, v.38, n.219, p.422-430, mar. 1991.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. *Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético*. 2. ed. Viçosa: UFV, 1997. 390p.
- CRUZ, C. D.; TORRES, R. A. de; VENCOVSKY, R. An alternative approach to the stability analysis proposed by Silva e Barreto. *Rev. Brasil. Genet.*, Ribeirão Preto, v.12, n.3, p. 567-580, Sep. 1989.

- EBERHART, S. A.; RUSSEL, W. A. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science*, Madison, v. 6, p.36-40, Jan./Feb. 1966.
- FALCONER, D. S. Introdução à genética quantitativa. Trad. de Martinho de Almeida e Silva e José Carlos Silva. 1. ed. Viçosa: UFV, Impr. Univ., 1987. 279p.
- FARIAS, F. J. C. Parâmetros de estabilidade em cultivares de algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum* L. r. *latifolium*) avaliadas na região nordeste no período de 1981 a 1992. Lavras: UFLA, 1995. 89p. (Tese - Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas).
- FASOULAS, A. C. Rating cultivars and trials in applied plant breeding. *Euphytica*, Wageningen, v.32, n.3, p.939-943, Jan. 1983.
- FERREIRA, D. F.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. de F. B. Utilização da testemunha na avaliação da estabilidade em ensaios de competição de cultivares. *Ciência e Prática*, Lavras, v.16, n.3, p.394-399, jul/set. 1992.
- FINLAY, K. W.; WILKINSON, G. N. The analysis of adaptation in a plant-breeding progame. *Australian Journal Agricultural Research*, Melbourne, v.14, n.6, p.742-754, Jan. 1963.
- FREEMAN, G. H.; PERKINS, J. M. Environmental and genotype-environmental components of variability. VIII - Relations between grown in different environments and measures of these environments. *Heredity*, London, v.27, n.1, p.15-23, 1971.
- GAUCH Jr., H. G; ZOBEL, R. W. Identifying mega-environments and targeting genotypes. *Crop Science*, Madison, v.37, p.311-326, Mar./April 1997.
- GHADERI, A.; EVERSON, E. H.; CRESS, C. E. Classification of environments and genotypes in wheat. *Crop Science*, Madison, v.20, p.707-710, 1980.

- GONÇALVES, F. M. A.** Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho avaliadas em "safrinha" no período de 1993 a 1995. Lavras: UFLA, 1997. 86p. (Tese - Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas).
- GUALBERTO, R.** Análise da estabilidade fenotípica de cultivares de batata (*Solanum tuberosum* L.) na região sul de Minas Gerais. Lavras: ESAL, 1991. 101p. (Tese - Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas).
- KANG, M. S.** Using genotype-by-environment interaction for crop cultivar development. *Advances in Agronomy*, San Diego, v.62, p.200-241, 1998.
- KANG, M. S.; MAGARI, R.** New development in selecting for phenotypic stability in crop breeding. In: **KANG, M. S.; GAUCH Jr., H.G.** (eds.). *Genotype-by-environment interaction*. Boca Raton, CRC Press, 1996. p. 1-14.
- KANG, M. S.; GAUCH Jr., H. G.** (eds.). *Genotype-by-environment interaction*. Boca Raton: CRC Press, 1996. 416p.
- KANG, M. S.; MILLER, J. D.** Genotype x Environment interactions for cane and sugar yield and their implications in sugarcane breeding. *Crop Science*, Madison, v.24, p.435-440, May-June, 1984.
- KEMPTON, R. A.** The use of biplots in interpreting variety by environment interactions. *J. Agric. Sci., Cambridge*, v.103, p.123-135, 1984.
- LIN, C. S.; BINNS, M. R.; LEFKOVITCH, L. P.** Stability analysis: where do we stand? *Crop Science*, v.26, p.894-900, Sep.-Oct. 1986.
- LIN, C. S.; BINNS, M. R.** A method of analysing cultivars x location x year experiments: a new stability parameter. *Theoretical and Applied Genetics*, Berlin, v. 76, n.1, p.425-430, Jan. 1988a.
- LIN, C. S.; BINNS, M. R.** A superiority measure of cultivar performance for cultivar x location data. *Canadian Journal of Plant Science*, Ottawa, v.68, n.1, p.193-198, Jan. 1988b.

- LIN, C. S.; BINNS, M. R. Genetic properties of four types of stability parameter. *Theoretical and Applied Genetics*, Berlin, v.82, n.1, p.505-509, Jan. 1991.
- MAHAL, G. S.; GILL, K. S.; BHULLAR, G. S.; Stability parameters and performance of interregional crosses in durum wheat (*Triticum durum* Desf.). *Theoretical and Applied Genetics*, Berlin, v.76, n.1, p.438-442, Jan. 1988.
- MARIOTTI, J. A.; OYARZABAL, E. S.; OSA, J. M.; BULACIO, A. N. R.; ALMADA, G. H. Analisis de estabilidad y adaptabilidad de genótipos de caña de azucar. I. Interacciones dentro de una localidad experimental. *Revista Agronomica del Noroeste Argentino*. Tucuman, v.13, n.1/4, p.105-127, jan. 1976.
- MORAIS, O. P. de; SOARES, P. C.; VIEIRA, C.; SILVA, J. C. Adaptabilidade e estabilidade de comportamento de onze variedades de arroz de sequeiro no Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.17, n.5, p.721-728, maio 1982.
- PERKINS, J. M.; JINKS, J. L. Environmental and genotype-environmental components of variability. IV - Non-linear interactions for multiple inbred lines. *Heredity*, Edinburgh, v.23, n.4, p.525-535, 1968.
- PIMENTEL GOMES, F. *Curso de estatística experimental*. 8. ed. Piracicaba: Nobel, 1978. 430p.
- PLAISTED, R. L.; PETERSON, L. C. A technique for evaluating the ability of selections to yield consistently in different locations or seasons. *American Potato Journal*, New Jersey, v. 36, n.11, p.381-385, Nov. 1959.
- PLAISTED, R. L. A shorter method for evaluating the ability of selections to yield consistently over locations. *American Potato Journal*, New Jersey, v.37, n.5, p.166-172, May 1960.
- RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B. dos; ZIMMERMANN, M. J. de O. *Genética quantitativa aplicada ao melhoramento do feijoeiro*. 1. ed. Goiânia: Universidade Federal de Goiás, 1993. 271p.



ROBERT, N. Structuring genotype x environment interaction for quality traits in bread wheat, in two multi-location series of trials. **Euphytica**, Wageningen, v.97, p.53-66, 1997.

SHUKLA, G. K. Some statistical aspects of partitioning genotype-environmental components of variability. **Heredity**, London, v.29, n.2, p.237-245, 1972.

SEIF, E.; EVANS, J. C.; BALAAM, L. N. A multivariate procedure for classifying environments according to their interaction with genotypes. **Australian Journal Agricultural Research**, Melbourne, v.30, p.1021-1026, 1979.

SILVA, J. G.; BARRETO, J. N. Aplicação da regressão linear segmentada em estudos da interação genótipo por ambiente. In: SIMPÓSIO DE ESTATÍSTICA APLICADA À EXPERIMENTAÇÃO AGRONÔMICA, 1, Piracicaba, 1985. **Resumos...** Piracicaba, Fundação Cargill, 1985. p.49-50.

SOARES, A. A. **Desempenho do melhoramento genético do arroz de sequeiro e irrigado na década de oitenta em Minas Gerais**. Lavras: ESAL, 1992. 187p. (Tese - Doutorado em Fitotecnia).

SOUZA, F. R. S.; RAMALHO, M. A. P.; OLIVEIRA, A. C. de; SANS, L. M. A. Estabilidade de cultivares de milho em diferentes épocas e locais de plantio em Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.26, n.6, p.885-892, jun. 1991.

TAI, G. C. C. Genotypic stability analysis and its application to potato regional trials. **Crop Science**, Madison, v. 11, p.184-190, March-April, 1971.

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. 1. ed. Ribeirão Preto: Revista Brasileira de Genética, 1992. 496p.

VERMA, M. M.; CHAHAL, G. S.; MURTY, B. R. Limitation of conventional regression analysis: a proposed modification. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v.53, p.89-91, Jan. 1978

WESTCOTT, B. Some methods of analysing genotype-environment interaction. *Heredity*, London, v.56, p.243-253, 1986.

WRICKE, G. Über eine methode zu erfassung de Okologischen streubreite in feld versuchen. *Zeitschrift fuer Planzenzüchtung*, Berlin, v.47, p.92-96, 1962.

XIE, C.; MOSJIDIS, J. A. Selection of stable cultivars using phenotypic variances. *Crop Science*, Madison, v.36, n.5, p.572-576, May/June. 1996.

ZOBEL, R. W.; MADISON, J. W.; GAUCH Jr, H. G. Statistical analysis of a yield trial. *Agronomy Journal*, Madison, v.80, n.3, p.388-393, May/June 1988.