AFRANIO FERREIRA DA SILVA

CONTRIBUIÇÃO DO MELHORAMENTO GENÉTICO DO ARROZ IRRIGADO POR INUNDAÇÃO PARA RENDIMENTO DE GRÃOS, NO PERÍODO DE 1983/84 A 1994/95, NO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Doutorado em Agronomia, área de concentração em Fitotecnia, para obtenção do título de "Doutor".

Orientador

Prof. AUGUSTO FERREIRA DE SOUZA

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
1996

AFRANIO FERREIRA DA SILVA

CONTRIBUIÇÃO DO MELHORAMENTO GENÉTICO DO ARROZ IRRIGADO POR INUNDAÇÃO PARA RENDIMENTO DE GRÃOS, NO PERÍODO DE 1983/84 A 1994/95, NO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Doutorado em Agronomia, área de concentração em Fitotecnia, para obtenção do título de "Doutor".

Orientador

Prof. AUGUSTO FERREIRA DE SOUZA

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
1996

À Luiza Marília e aos nossos filhos:

Luiza Carolina, Aurélio e Rodrigo

DEDICO

AGRADECIMENTOS

O autor expressa seus agradecimentos:

À Deus, pela vida, saúde, inteligência e graças recebidas;

À Universidade Federal do Espírito Santo;

À Universidade Federal de Lavras;

A Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES/PICD;

A Empresa Capixaba de Pesquisa Agropecuária - EMCAPA;

Ao Orientador e amigo, Prof. Dr. Augusto Ferreira de Souza;

Ao co-orientador e amigo, Prof. Dr. Antônio Alves Soares;

Ao Professor e exemplar pesquisador Dr. Magno Antônio Patto Ramalho;

Aos Pesquisadores e colaboradores Dr.Thales Mattos e Dr. Sammy Fernandes Soares;

Aos Dedicados Professores Dr. César Augusto B.P. Pinto e Dr. João Bosco dos Santos;

Aos Professores Dr. Antônio Nazareno G. Mendes e Dr. Moacir Pasqual, grandes incentivadores;

Ao Professor Dr. Daniel Furtado Ferreira;

Aos Professores dos Departamentos de Agricultura e de Biologia - UFLA;

Aos Professores e companheiros Wilson Ferreira da Fonseca e Fausto de Mello Monteiro Filho - CAUFES;

Aos Funcionários da Biblioteca Central da UFLA;

Ao amigo alegrense Jorge Luís de Oliveira;

Ao Sérgio e Marília, pela amizade, apoio e compreensão;

Aos Colegas do Curso de Pós-Graduação;

A todos que o ajudaram, direta ou indiretamente.

SUMÁRIO

Página

LISTA DE TABELAS vii

LISTA DE FIGURAS x

RESUMO xii

SUMMARY xiv

1 INTRODUÇÃO 1

2 REFERENCIAL TEÓRICO 4
2.1 Sistemas de Cultivo de Arroz no Brasil 4
2.1.1 Sistema I 5
2.1.2 Sistema II 5
2.1.3 Sistema III 6
2.1.4 Sistema IV 6
2.2 O Arroz no Estado do Espírito Santo 7
2.3 Importância das cultivares semi-anãs no melhoramento do arroz 11
2.4 Processo de obtenção de novas cultivares de arroz 16
2.5 Cultivares de arroz no Brasil 22
2.5.1 Cultivares para o sistema de sequeiro não favorecido (sequeiro tradicional) 22
2.5.2 Cultivares para o sistema de sequeiro favorecido 23
2.5.3 Cultivares para o sistema irrigado por inundação 25
2.5.4 Cultivares para o sistema de várzea úmida 26
2.6 Contribuição do melhoramento genético para a agricultura 28
2.6.1 Ganho genético em diversas culturas 28
2.6.2 Ganho genético na cultura do arroz 34

3 MATERIAL E MÉTODOS 37
3.1 Origem dos Dados 37
3.2 Caracterização dos ensaios comparativos avançados 38
3.3 Parâmetro avaliado 40
3.4 Análise estatística 40

Página

3.5 Avaliação do progresso genético 41
3.5.1 Método de Vencovsky et al. (1988) 42
3.5.2 Método dos quadrados mínimos ponderados (QMP) 44
3.5.3 Método da regressão das médias ajustadas 49

4 RESULTADOS 53
4.1 Comportamento dos materiais genéticos nos ensaios 53
4.2 Ganho genético estimado pelo método de Vencovsky et al. (1988) 56
4.3 Ganho genético estimado pelo método do QMP 59
4.4 Ganho genético estimado pelo método de regressão das médias ajustadas 61
4.5 Caracterização dos ensaios nas duas regiões do Espírito Santo 64

5 DISCUSSÃO 77

6 CONCLUSÕES 87

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 89

APÊNDICE 98

LISTA DE TABELAS

Tabela		Página
1	Locais de condução no Estado do Espírito Santo, respectivas coordenadas geográficas, altitude e número de Ensaios Comparativos de Avaliação de genótipos de arroz, no período de 1983/84 a 1994/95	37
2	Decomposição dos componentes de variância para as análises individuais dos Ensaios Comparativos Avançados de arroz irrigado, conduzidos no Estado do Espírito Santo	41
3	Médias anuais de produtividade de grãos, número de materiais genéticos, número de locais e amplitude de produtividade média de arroz nos Ensaios Comparativos Avançados, conduzidos no período de 1983/84 a 1994/95, no Estado do Espírito Santo	54
4	Análise de variância conjunta envolvendo Tratamentos (cultivares padrão e materiais elite) e Anos, utilizando-se totais de tratamentos, obtidos nos Ensaios Comparativos Avançados, para o período de 1983/84 a 1994/95, no Estado do Espírito Santo	57
5	Número de tratamentos, média geral dos ensaios ($\overline{Y}_i$) e média dos tratamentos comuns (Y_{c_i}) em cada par de anos i e i + 1, utilizados na estimativa do ganho genético pelo método de Vencovsky et al. (1988), para o período de 1983/84 a 1994/95, no Estado do Espírito Santo	58
6	Número de observações no ano e para pares de anos sucessivos, em função da existência de tratamentos comuns, e quadrado médio do resíduo utilizado na estimativa do ganho genético pelo método QMP, para o período de 1983/84 a 1994/95, no Estado do Espírito Santo	60

Tabela Página

7 Estimativas dos parâmetros genéticos obtidos pelo método dos Quadrados Mínimos Ponderados (QMP), Ganhos genéticos totais (Ggt), ganhos genéticos percentuais em relação à média de referência e estimativas obtidas pelo método de Vencovsky et al. (1988), no período de 1983/84 a 1994/95 para o Estado do Espírito Santo 61

8 Médias de produtividade de grãos das cultivares padrão (CP) e dos materiais elite (ME) em cada ambiente, obtidas nos Ensaios Comparativos Avançados, para o período de 1983/84 a 1994/95, no Estado do Espírito Santo 63

9 Médias anuais de produtividade de grãos, número de materiais genéticos, número de locais e amplitude de produtividade média de arroz nos Ensaios Comparativos Avançados, conduzidos no período de 1983/84 a 1994/95, na Região I (Linhares, Barra de São Francisco, Águia Branca e São Gabriel da Palha) 66

10 Médias anuais de produtividade de grãos, número de materiais genéticos, número de locais e amplitude de produtividade média de arroz nos Ensaios Comparativos Avançados, conduzidos no período de 1983/84 a 1994/95, na Região II (Alegre, Cachoeiro de Itapemirim e Domingos Martins) 68

11 Número de tratamentos, média geral dos ensaios ($\overline{Y}_i$), média dos tratamentos comuns (Y_{c_i}) em cada par de anos i e i + 1, utilizados na estimativa do ganho genético pelo método de Vencovsky et al. (1988), para o período de 1983/84 a 1994/95, na Região I do Estado do Espírito Santo 71

12 Número de tratamentos, média geral dos ensaios ($\overline{Y}_i$) e média dos tratamentos comuns (Y_{c_i}) em cada par de anos i e i + 1, utilizados na estimativa do ganho genético pelo método de Vencovsky et al. (1988), para o período de 1983/84 a 1994/95, na Região II do Estado do Espírito Santo 72

13 Número de observações no ano e para pares de anos sucessivos, em função da existência de tratamentos comuns e quadrado médio do resíduo utilizado na estimativa do ganho genético pelo método QMP, para o período de 1983/84 a 1994/95, na Região I do Estado do Espírito Santo 73

Tabela Página

14 Número de observações no ano e para pares de anos sucessivos, em função da existência de tratamentos comuns e quadrado médio do resíduo utilizado na estimativa do ganho genético pelo método QMP, para o período de 1983/84 a 1994/95, na Região II do Estado do Espírito Santo 74

15 Estimativas dos parâmetros genéticos obtidos pelo método dos Quadrados Mínimos Ponderados (QMP), ganhos genéticos totais (Ggt), ganhos genéticos percentuais em relação à média de referência e estimativas obtidas pelo método de Vencovsky et al. (1988), no período de 1983/84 a 1994/95, para duas regiões do Estado do Espírito Santo 75

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Evolução da cultura do arroz no Estado Espírito Santo, de 1974 a 1993, expressando a área colhida (ha), produção de grãos (kg) e o rendimento de grãos (kg/ha) em função do ano de 1974, Anuário ... (1994)	9
2	Microrregiões homogêneas (MRG) do Estado do Espírito Santo e municípios de maior produção de arroz, em detalhe	12
3	Fluxograma das principais etapas na geração de novas cultivares de arroz no Brasil	18
4	Equação de regressão da produtividade média de grãos de materiais genéticos de arroz, obtida nos Ensaios Comparativos Avançados, em função dos anos agrícolas, para o período de 1983/84 a 1994/95, no Estado do Espírito Santo	56
5	Equação de regressão da produtividade média de grãos de arroz ajustada dos materiais elite, considerando a produtividade média das cultivares padrãos como covariável, obtida nos Ensaios Comparativos Avançados, em função dos anos agrícolas, para o período de 1983/84 a 1994/95, no Estado do Espírito Santo	63
6	Equação de regressão da diferença entre materiais elite (ME) e cultivares padrão (CP) de arroz, em porcentagem a cultivares padrão, obtida nos Ensaios Comparativos Avançados, em função dos anos agrícolas, para o período de 1983/84 a 1994/95, no Estado do Espírito Santo	64

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Evolução da cultura do arroz no Estado Espírito Santo, de 1974 a 1993, expressando a área colhida (ha), produção de grãos (kg) e o rendimento de grãos (kg/ha) em função do ano de 1974, Anuário ... (1994)	9
2	Microrregiões homogêneas (MRG) do Estado do Espírito Santo e municípios de maior produção de arroz, em detalhe	12
3	Fluxograma das principais etapas na geração de novas cultivares de arroz no Brasil	18
4	Equação de regressão da produtividade média de grãos de materiais genéticos de arroz, obtida nos Ensaios Comparativos Avançados, em função dos anos agrícolas, para o período de 1983/84 a 1994/95, no Estado do Espírito Santo	56
5	Equação de regressão da produtividade média de grãos de arroz ajustada dos materiais elite, considerando a produtividade média das cultivares padrãos como covariável, obtida nos Ensaios Comparativos Avançados, em função dos anos agrícolas, para o período de 1983/84 a 1994/95, no Estado do Espírito Santo	63
6	Equação de regressão da diferença entre materiais elite (ME) e cultivares padrão (CP) de arroz, em porcentagem a cultivares padrão, obtida nos Ensaios Comparativos Avançados, em função dos anos agrícolas, para o período de 1983/84 a 1994/95, no Estado do Espírito Santo	64

Figura Página

7 Equação de regressão da produtividade média anual de grãos de arroz, em função do ano agrícola, obtida nos Ensaios Comparativos Avançados de arroz irrigado (ECA-I), nas regiões I (Linhares, Barra de São Francisco, Águia Branca e S. Gabriel da Palha) e II (Alegre, Cachoeiro de Itapemirim e Domingos Martins), do Estado do Espírito Santo, conduzidos no período de 1983/84 a 1994/95 70

8 Equação de regressão da diferença entre materiais elite (ME) e cultivares padrão de arroz, em percentagem a cultivares padrão (CP), obtida nos Ensaios Comparativos Avançados, em função dos anos agrícolas, para o período de 1983/84 a 1994/95, na Região I do Estado do Espírito Santo 76

9 Equação de regressão da diferença entre materiais elite (ME) e cultivares padrão (CP) de arroz, em percentagem a cultivares padrão, obtida nos Ensaios Comparativos Avançados,em função dos anos agrícolas, para o período de 1983/84 a 1994/95, na Região II do Estado do Espírito Santo 76

RESUMO

SILVA, Afranio Ferreira da. **Contribuição do melhoramento genético do arroz irrigado por inundação para rendimento de grãos, no período de 1983/84 a 1994/95, no Estado do Espírito Santo.** Lavras: UFLA, 1996. 106p. (Tese - Doutorado em Fitotecnia).*

Os programas de melhoramento genético devem ser examinados periodicamente, a fim de justificar como os recursos financeiros destinados à pesquisa são aplicados e como são úteis à sociedade e, também, como um meio de identificar possíveis problemas durante as etapas, visando a maximizar o planejamento das atividades por parte dos melhoristas. O presente trabalho objetivou estimar o ganho genético visando conhecer a eficiência do programa de melhoramento de arroz irrigado por inundação do Estado do Espírito Santo, conduzido pela Empresa Capixaba de Pesquisa Agropecuária - EMCAPA. Os dados do caráter produtividade de grãos, obtidos em 38 Ensaios Comparativos Avançados, conduzidos em vários locais do Estado, no período de 1983/84 a 1994/95, foram usados para o cálculo das estimativas de ganho genético. Três procedimentos estatísticos foram utilizados: o Método de Vencovsky et al. (1988), o Método dos Quadrados Mínimos Ponderados (QMP) e o Método da Regressão das Médias Ajustadas dos materiais elite.Neste último, obteve-se o coeficiente de regressão linear das médias dos materiais elite, linhagens fixadas em estágio final de avaliação, utilizando a produtividade de grãos das

---

* Orientador: Augusto Ferreira de Souza. Membros da Banca: Antônio Alves Soares, Antônio Nazareno Guimarães Mendes, Plínio César Soares e Sammy Fernandes Soares.

cultivares padrão (testemunhas) Inca, Franciscano e Aliança, comuns durante todo o período, como covariável (variável dependente) em função dos anos agrícolas(variável independente). Os ensaios foram classificados em função de sua localização geográfica no Estado, englobando a Região I, ao norte do Rio Doce e Região II ao sul, visando a um estudo mais pormenorizado.

Em média, os materiais elite não superaram estatisticamente as cultivares padrão durante todo o período de avaliação, mostrando ser necessária a introdução de maior variabilidade genética no programa e melhoria da eficiência no processo seletivo. O ganho genético médio anual do arroz irrigado, no período de 1983/84 a 1994/95 para o Estado do Espírito Santo, estimado pelo Método de Vencovsky et al.(1988) foi de 137,17 kg/ha/ano (D.P. = 269,50) e pelo Método QMP foi de 137,06 kg/ha/ano (D.P. = 19,27), correspondendo a um ganho genético médio de 2,68% ao ano, em relação à medida de referência. Embora estes valores não tenham diferido, este último método foi mais eficiente, uma vez que apresentou uma melhor precisão das estimativas. A regressão linear das médias ajustadas indicou um ganho genético de 50,06 kg/ha/ano, correspondendo, em termos percentuais, a 0,98% ao ano; entretanto, esta estimativa revelou-se não confiável ($R^2 = 0,23^{ns}$), em função das oscilações das médias de produtividade de grãos observadas no período. Os valores dos ganhos genéticos médios obtidos na região I e região II foram próximos do valor do ganho genético estadual, indicando que ensaios conduzidos em qualquer uma das duas regiões representam a condição do estado, no caso de que novos procedimentos venham a ser empreendidos. Os procedimentos estatísticos utilizados permitiram evidenciar que os ganhos genéticos foram positivos e de magnitudes consideráveis, indicando nitidamente que o programa de melhoramento do arroz irrigado para o Espírito Santo mostrou-se eficiente, contribuindo para a melhoria da cultura e justificando plenamente os recursos alocados para a pesquisa.

SUMMARY

CONTRIBUITION OF GENETICAL IMPROVEMENT OF THE FLOODING-IRRIGATED RICE FOR GRAIN YIELD, OVER THE PERIOD FROM 1983/84 TO 1994/95, IN THE STATE OF ESPÍRITO SANTO

The genetical improvement programs should be scanned periodically in order to justify how the financial resources intended for research are applied and how useful they are to society and also, as a way of identifying possible problems over the steps, aiming to maximize the planning of the activities on the part of breeders. The present work was intended to assess the genetical gain aiming to know the efficiency of the program of flooded rice improvement of the state of Espírito Santo conducted by the 'Empresa Capixaba de Pesquisa Agropecuária - EMCAPA'. The data of the trait grain yield, obtained in 38 Advanced Comparative Trials, conducted in several sites in the state, over the period from 1983/84 to 1994/94, were used to calculate the estimatives of genetical gain. Three statistical procedures were employed: the Method of Vencovsky et al. (1988), the Method of Weighted Least Squares (WLS) and the Method of the Regression of the Adjusted Averages of elite materials. In the latter, was obtained the coefficient of linear regression of the averages of the elite materials,lines fixed in final grading stage, by utilizing grain yield of the standard cultivars (Checks) Inca, Franciscano and Aliança, common throughout the period, as a covariate (dependent variable) in terms of the

agricultural years (independent variable). The trials were classified in terms of their geografical location in the State encompassing both region I, north of the 'Rio Doce' and Region II south, aiming at a more thorough study.

On the average, the elite materials did not outyielded statistically the standard cultivars throughout the grading period, suggesting the need for the introduction of increased genetical variability in the program and improved efficiency in the screening process. The average annual genetical gain of the irrigated rice, over the period from 1983/84 to 1994/95 for the State of Espirito Santo, estimated by method of Vencovsky et al.(1988) was of 137.17 kg/ha/year (S.D. = 269.50) and by the WLS method was of 137.06 kg/ha/year (S.D. = 19.27), corresponding to an average genetical gain of 2,68% per year, relative to the reference means. Although, these values have not differed, this latter method was more effective, since it showed a better accuracy of the estimatives. The linear regression of the adjusted means indicated a genetical gain of 50.06 kg/ha/year, corresponding in percent terms to 0.98% per year; nevertheless, this estimative proved unreliable ($R^2 = 0,23^{ns}$) in terms of the drifts of the means of grain yields observed over the period. The values of the average genetical gains obtained in region I and region II were close to the value of the state genetic gain, poiting out that trials conducted in either of the regions stand for state's condition, in case that new procedures come to be performed. The statistical procedures employed allowed to stand out that genetical gains were positive and of striking magnitudes, indicating clearly that the program of irrigated rice improvement for Espirito Santo proved effective, contributing to the improvement of crop in the State and fully justifying the resources alloted to research.

1 INTRODUÇÃO

No setor agrícola do Estado do Espírito Santo, o arroz (*Oryza sativa* L.) é o segundo produto em volume de produção, entre as culturas temporárias de curta duração, sendo superado apenas pelo milho, ES-SEAEP (1994). Sua exploração representa uma atividade de grande importância social, sendo difundida em todo o Estado e cultivado com maior frequência nos sistemas de cultivo irrigado por inundação, com controle da lâmina de água e em condições de várzea úmida.

Nos últimos vinte anos, a cultura do arroz no Estado tem sido objeto de estudo a fim de gerar conhecimentos e tecnologias, no sentido de incrementar o uso de materiais genéticos melhorados e adaptados aos diferentes sistemas de cultivo de arroz bem como o uso de sementes fiscalizadas e de melhor qualidade de grão. O programa de melhoramento com a cultura começou no ínicio da década de setenta, após a criação da Empresa Capixaba de Pesquisa Agropecuária (EMCAPA), em novembro de 1973 e sua estruturação em 1974, quando começaram a ser instalados os experimentos sob sua responsabilidade.

Nas várzeas do Estado, até meados da década de setenta, predominavam as cultivares atualmente denominadas de tradicionais ou nativas, de porte alto, suscetíveis ao acamamento, como Paga - dívida, Skrivimankoti, Bico - roxo, De abril, Santa Catarina, entre outras. A partir de 1975, as cultivares tradicionais foram substituídas pelas cultivares modernas,

com maior potencial produtivo e mais adequadas ao cultivo sob irrigação controlada. Também procuraram-se novas tecnologias visando a solucionar problemas limitantes da produção e a melhorar a eficiência do cultivo do arroz no Estado. Trabalhos na área de melhoramento genético, realizados pela pesquisa, de fundamental importância na evolução da orizicultura capixaba, permitiram recomendar ou lançar aos produtores diversas cultivares para os diferentes sistemas de cultivo como IR 665, IR 661, Cica 4, IR 841, IAC 899, Cica 9 e Inca para o sistema de cultivo irrigado; IAC 47, IAC 25, IAC 1246, IAC 164, IAC 165 e EMCAPA 01, para o sistema de cultivo de sequeiro, Sistemas ... (1981), Mattos et al. (1984), Soares e Mattos (1987), EMATER-ES e EMCAPA (1987), EMCAPA [198-a], EMCAPA [198-b] e Oliveira (1991). Mais recentemente, foram lançadas no Estado duas novas cultivares de arroz irrigado do tipo moderno, a Franciscano em 1988 e a Aliança em 1992, com níveis de produtividade superiores a 6000 kg/ha, nas áreas sistematizadas, com melhor nível de tecnologia e emprego de melhor manejo da cultura, EMCAPA (1988) e EMCAPA (1992).

A ampliação do plantio com cultivares melhoradas e a incorporação de áreas sistematizadas ou áreas parcialmente sistematizadas - drenadas - ao processo de produção, permitiu um acréscimo significativo na produtividade estadual nos últimos vinte anos. O trabalho da pesquisa tem se concentrado mais para a condição de arroz irrigado, principalmente porque o Estado possui uma fronteira agrícola limitada e, portanto, com potencial para expansão maior em produtividade de grãos do que em área, bem como pela necessidade da diminuição de sua dependência externa para seu abastecimento. Além disso, existe uma área muito grande de várzeas no Estado, caracterizada sob dois tipos de condição: grandes áreas de baixadas (tabuleiro terciário), de topografia plana a ligeiramente ondulada, e solos predominantemente orgânicos na região ao Norte do Rio Doce, e pequenas várzeas inseridas em vales de topografia acidentada

com solos aluviais e hidromórficos ao Sul. Estas várzeas são uma importante alternativa a longo prazo, de aumento rápido na produção, já que no sistema de cultivo sob irrigação, se obtêm níveis mais altos de produtividade.

A contribuição do melhoramento genético para o aumento no rendimento de grãos e a influência de fatores ambientais sobre o desempenho das cultivares, durante as décadas passadas, frequentemente têm preocupado os melhoristas de plantas. É importante avaliar o ganho genético numa determinada espécie em que o melhorista está trabalhando, pois podem-se identificar os fatores confiáveis que têm contribuído para o progresso na produtividade de grãos, melhorando a eficiência do seu trabalho, bem como planejar metodologias específicas para manter ou melhorar possíveis ganhos genéticos no futuro.

É evidente que a geração de um número significativo de tecnologias desenvolvidas pela pesquisa resultou numa resposta positiva ao aumento da produtividade, aumentando, consequentemente, a produção estadual, mesmo em anos em que se verificou diminuição da área de cultivo. Sabe-se da contribuição da adoção das cultivares melhoradas por parte dos produtores rurais para a produção de arroz da região nos últimos anos, porém, não existem ainda trabalhos que as quantifiquem.

O presente trabalho objetivou quantificar o ganho em rendimento de grãos conseguido com o melhoramento genético da cultura do arroz, no sistema de cultivo de irrigação por inundação no Estado do Espírito Santo, no período de 1983/84 a 1994/95, no sentido de avaliar o retorno das atividades de pesquisa e fornecer subsídios para o programa estadual de melhoramento de arroz.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Sistemas de Cultivo de Arroz no Brasil

A produção anual de arroz em casca no Brasil, nos últimos anos, está em torno de 10,2 milhões de toneladas, obtida em uma área próxima a 4,4 milhões de hectares (Anuário ...,1994). O sistema de cultivo de arroz predominante no país é o de sequeiro, no entanto, a maior parcela da produção nacional provém do arroz irrigado, onde se obtêm os rendimentos mais elevados e um produto de melhor qualidade. O arroz irrigado de é cultivado principalmente, no Rio Grande do Sul e Santa Catarina, em regiões de clima temperado, ocupando uma área próxima a 1.100.000 hectares, com um rendimento médio de grãos superior a 4800 kg/ha e contribuindo em 1994 com 54,8% da produção nacional do cereal (Anuário ...,1994)

O arroz é amplamente cultivado no Brasil em uma grande diversidade de ecossistemas, desde cultura de subsistência, com utilização mínima de tecnologias e insumos modernos, passando por um estágio intermediário sob condições de sequeiro favorecido e, em grande escala, em áreas irrigadas, com processo de produção altamente mecanizado desde o preparo do solo até a etapa de colheita, alcançando o mesmo nível de produtividade que o de países desenvolvidos. Para um melhor entendimento da situação da cultura do arroz no país, devem-se considerar as peculiaridades dos diversos sistemas de cultivo, onde a planta se

desenvolve. Nesse sentido, em princípio, os sistemas de produção de arroz são caracterizados pelo Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão - CNPAF/EMBRAPA, em quatro tipos, de acordo com o suprimento de água, EMBRAPA (1981):

- Sistema I - Arroz em terras baixas, com irrigação controlada (arroz irrigado por inundação);
- Sistema II - Arroz em terras baixas, com irrigação não controlada (arroz inundado periodicamente, às margens dos rios);
- Sistema III - Arroz em terras baixas, sem irrigação (arroz em várzea úmida);
- Sistema IV - Arroz em terras firmes (arroz de sequeiro).

2.1.1 Sistema I

Nos sistemas em terras baixas, com irrigação por inundação com controle da lâmina de água, a planta de arroz desenvolve-se em solo continuamente submerso(áreas sistematizadas) com baixa capacidade de infiltração de água. São conduzidos tradicionalmente na região sul do país, principalmente nos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, sob clima temperado, com a obtenção de, normalmente, um cultivo por ano e nas regiões tropicais não tradicionais, como nos Estados de Tocantins, Pará, Sergipe, Alagoas e Espírito Santo possibilitando a obtenção de dois cultivos por ano.

2.1.2 Sistema II

Os plantios em terras baixas, com irrigação não controlada, são típicos do Amazonas e áreas do Pará, onde o cultivo é feito em várzeas sem nenhuma sistematização, às

margens dos rios e periodicamente inundadas. O plantio é efetuado na época das chuvas, quando o solo se encontra saturado de água devido à elevação do lençol freático e/ou pelas inundações ocasionadas pelas marés. Este sistema representa apenas uma pequena parcela da produção nacional.

2.1.3 Sistema III

Neste método, o arroz é cultivado durante a estação chuvosa em várzeas úmidas, que são áreas planas, parcialmente sistematizadas - drenadas - ou sem sistematização alguma, com a presença de solos hidromórficos e ricos em matéria orgânica. Estes solos são providos naturalmente de certo teor hídrico e são mantidos próximos à saturação, em função da elevação do lençol freático, devido ao aumento do nível da água dos rios e córregos que margeiam as várzeas e/ou drenagem reduzida. Este sistema de produção é usualmente empregado nos Estados do Rio de Janeiro, Minas Gerais e Espírito Santo e algumas áreas da região norte.

2.1.4 Sistema IV

No sistema sob condições de sequeiro, a cultura do arroz desenvolve-se em total dependência de chuvas, em solo com baixa capacidade de retenção de água, permanecendo perfeitamente drenado durante todo o ciclo da cultura e, portanto, sujeito a riscos de estresses hídricos. O arroz de sequeiro no Brasil, baseado no conceito de risco, resultante do estresse hídrico durante alguma fase do desenvolvimento do ciclo da cultura em função da intensidade e distribuição de chuvas, pode ser classificado em dois grupos: sequeiro favorecido e sequeiro não

favorecido. O norte do Mato Grosso, noroeste de Goiás, o Maranhão (exceto sua parte leste, em divisa com o Piauí) e todas as unidades federativas do norte podem ser consideradas favorecidas ao desenvolvimento da planta de arroz, com duas estações bem definidas, seca e chuvosa e precipitação pluvial alta. Por outro lado, as áreas produtoras de arroz de sequeiro do leste do Maranhão, Piauí, Bahia, Minas Gerais, São Paulo, Paraná, Santa Catarina, Mato Grosso do Sul, Sul de Mato Grosso e Goiás (exceto sua parte à noroeste), estão sujeitas a frequentes períodos de déficit hídrico, sendo consideradas não favorecidas ou desfavorecidas para a cultura (Sant'Ana e Morais, 1991).

No arroz de sequeiro, a irrigação por aspersão vem sendo usada, de maneira suplementar, nas áreas desfavorecidas. Desde que, nessas condições, é evitada a ocorrência de deficiências hídricas danosas à planta de arroz, este sistema de cultivo é considerado, também, como de sequeiro favorecido.

2.2 O Arroz no Estado do Espírito Santo

No Espírito Santo, a cultura do arroz está difundida por todo o Estado, cultivado usualmente, com um maior percentual da área, nos sistemas I (arroz irrigado por inundação) e III (arroz em várzea úmida) e, de forma pouco expressiva, no sistema IV (arroz de sequeiro). Há uma considerável quantidade do recurso terra disponível em várzeas e, basicamente, a exploração agrícola nessas áreas é executada com a cultura do arroz, principalmente em pequenas propriedades, sendo cultivado tanto em áreas sistematizadas, utilizando irrigação por submersão contínua e controle da lâmina de água, ou em condições de várzea úmida, ES-SEA (1987).

No período de 1974 a 1993, a área colhida com arroz no Estado do Espírito Santo apresentou-se com pequenas oscilações, sendo que a tendência geral foi de declínio ($\hat{Y}_i$ = 45171,016 - 788,144X_i). Por outro lado, a quantidade produzida ($\hat{Y}_i$ = 57925,526 + 2382,599X_i) e o rendimento físico (Y_i = 1224,021 + 105,193X_i) da cultura no mesmo período vêm apresentando uma tendência nitidamente crescente sendo que mais recentemente, a produção estadual, tem-se estabilizado em torno de 100.000 toneladas (Figura 1). Como pode ser observado, os índices de crescimento registram valores para rendimento físico da cultura, nas últimas safras, superiores a duas vezes àquele registrado em 1974, atingindo 3104 kg/ha, em 1993, Anuário ... (1994). Isso se deve, de modo geral, à substituição das cultivares tradicionais pelas modernas, melhoradas e ao uso de uma tecnologia de produção mais adequada por parte dos produtores, em termos de controle de água, drenagem e insumos, e utilização racional das várzeas para cultivo, graças ao trabalho de adequação, sistematização e drenagem dessas áreas, após o lançamento do Programa de Aproveitamento Racional de Várzeas Irrigáveis - PROVÁRZEAS Nacional, em 1981. A incorporação de várzeas no processo de produção teve seu início, com o incentivo governamental, em Minas Gerais, coordenado pela Secretaria de Estado da Agricultura (Brasil, 1983) e, mais tarde, ampliou-se para outros Estados do país.

A substituição das cultivares tradicionais pelas modernas nos estados do sudeste do Brasil iniciou-se em 1975, com a estruturação das instituições de pesquisa da região, acelerando o processo de lançamento de novas cultivares. Somente a partir de 1982, entretanto, com a formação da Comissão Técnica Regional de Arroz (CTArroz) da Região II, teve início o programa cooperativo de avaliação de cultivares/linhagens na Região Sudeste, do qual participam o IAC, IAPAR, EPAMIG, PESAGRO e EMCAPA entre outras, sob a Coordenação da

EMBRAPA/CNPAF. Uma grande colaboração foi prestada pelo Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), da Colômbia, de onde foram introduzidas as cultivares Cica 4 (IR 8/ IR12), Cica 7 (IR 22// IR 930 / Colombia 1), Cica 8 (Cica 4 // IR 665 / Tetep) e Cica 9 (IR 665 // IR 841 / C 46-15). As cultivares Cica 8 e Inca (linhas irmãs)foram as que tiveram maior aceitação junto aos agricultores, sendo cultivada até os dias de hoje, em vários os estados da região, sob condições de irrigação, com controle de lâmina de água, Rangel (1994).

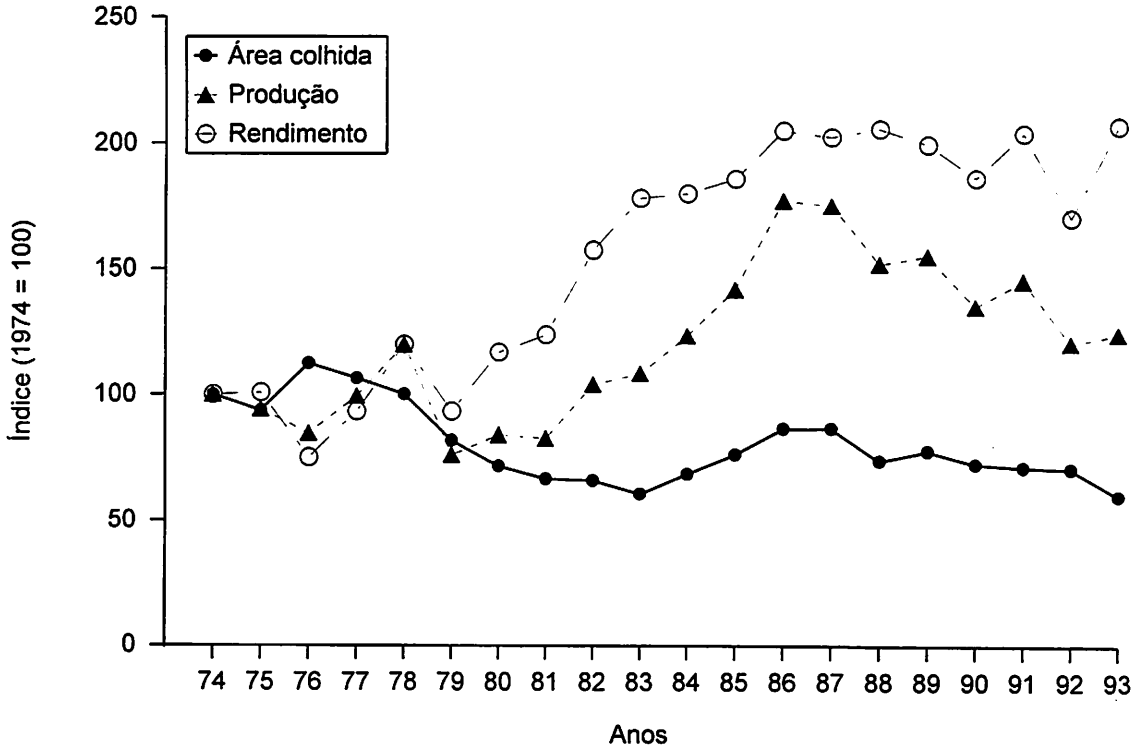

FIGURA 1. Evolução da cultura do arroz no Estado Espírito Santo, de 1974 a 1993, expressando a área colhida (ha), produção de grãos (kg) e o rendimento de grãos (kg/ha) em função do ano de 1974, Anuário ... (1994).

No Espírito Santo, até 1983, recomendava-se para o sistema irrigado as cultivares IAC 899, IR 841 e Cica 9. Dentre elas, a 'IAC 899' apresentava problemas de quebra de grãos no

beneficiamento e a 'IR 841' mostrava-se suscetível a doenças, principalmente brusone. Em 1984, foi recomendada a cultivar Inca, EMCAPA [198-b] que, rapidamente, ganhou a preferência dos agricultores, sendo plantada praticamente em todo o Estado na safra 1986/87, enquanto que 'IAC 899' e 'IR 841', praticamente, desapareceram das lavouras no Estado, Soares e Mattos (1987). Como resultado do programa de melhoramento da EMCAPA, caracterizado pela introdução e avaliação de germoplasmas de outras regiões do país e do exterior, mediante um trabalho integrado, desenvolvido pelas instituições da Região Sudeste, foram liberadas mais recentemente as cultivares Franciscano (EMCAPA, 1988), e a Aliança (EMCAPA, 1992), para as lavouras irrigadas do Estado.

Alguns fatores são apresentados como responsáveis pela diminuição da área de cultivo verificada nos últimos anos, no Espírito Santo, com consequente desestímulo ao setor, como o fim do subsídio agrícola, a falta de rentabilidade econômica dos sistemas de produção do arroz, uma vez que a produtividade física da cultura na região ainda está abaixo do ideal e, finalmente, a tendência declinante dos preços reais de mercado recebidos pelos produtores, principalmente no período de 1987-1993, onde ocorreu uma drástica redução no valor da produção, MG-SEAPA (1995). Em função desses fatores está ocorrendo uma substituição das áreas de arroz por alternativas de maior rentabilidade ou perspectivas de mercado mais promissor como olericultura, pastagem ou, ainda, parte das áreas sendo abandonadas, como terras de cultivo.

A infra-estrutura de produção do arroz no Espírito Santo é relativamente boa, sendo considerada uma cultura de grande importância social e econômica, já que o Estado é caracterizado por pequenas propriedades, onde a maior concentração de estabelecimentos agrícolas está no extrato de 10 a 50 hectares, ES-SEAEP(1994), com uma intensa demanda de

mão -de- obra local. No entanto, o Estado não atingiu ainda a autosuficiência na produção, uma vez que a demanda interna é estimada em 190.000 toneladas e ele participa com 52,85% desta, atuando, portanto, como importador líquido no mercado, especialmente dos estados de Goiás e Rio Grande do Sul, ES-SEA(1991).

A cultura do arroz está presente em todos os municípios onde encontra boas condições de clima e solo, entretanto, as Microregiões Homogêneas de Barra de São Francisco (MRG 001), de Colatina (MRG 003), de Nova Venécia (MRG 002) e de Cachoeiro de Itapemirim (MRG 012) (Figura 2) são responsáveis por cerca de mais de 70% da produção estadual, LSPA (1994), sendo os municípios maiores produtores, Barra de São Francisco, Colatina, Pancas e São Gabriel da Palha.

2.3 Importância das cultivares semi-anãs no melhoramento do arroz

A produção e o rendimento médio de arroz nos anos recentes tem aumentado em todo o mundo. Muitos fatores têm contribuído para esse aumento incluindo práticas culturais adequadas, fertilizantes químicos, melhor manejo de água, mecanização e uma grande quantidade de cultivares desenvolvidas pelas instituições de pesquisa que trabalham com esse cereal. Sem dúvida, a maior contribuição à grande produtividade atingida atualmente, se deve ao desenvolvimento das cultivares modernas semi-anãs de arroz, selecionadas após hibridação, inicialmente, pelo International Rice Research Institute (IRRI), no início da década de 60. A 'IR 8', primeira cultivar semi-anã para os trópicos, lançada em 1967, e suas linhagens descendentes, tornaram-se o modelo para o melhoramento genético para produtividade e foram responsáveis pela revolução verde nos trópicos, por causa de seus elevados rendimentos e rápida

adoção pelos agricultores (Hargrove, 1979, McKenzie et al., 1987, Hargrove, Cabanilla e Coffman, 1988, Cuevas-Perez et al., 1992).

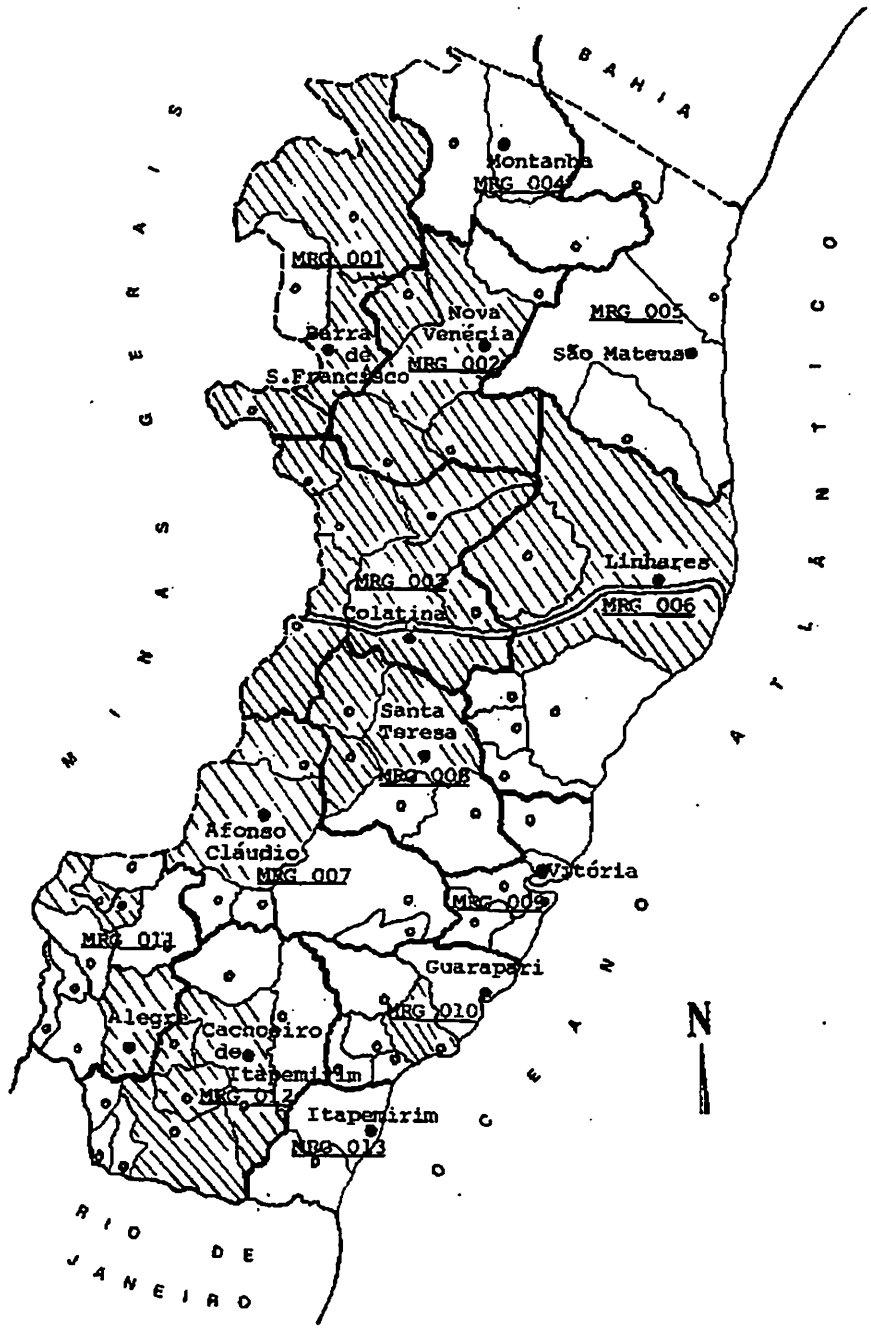

FIGURA 2. Microrregiões homogêneas (MRG) do Estado do Espírito Santo e municípios de maior produção de arroz, em detalhe.

A cultivar IR 8 foi obtida pelos melhoristas do IRRI, a partir do cruzamento entre a cultivar Peta (Cina / Latisail), uma cultivar da Indonésia de porte alto, folhas eretas e vigorosa, usada como progenitor feminino e a 'Dee - Geo - Woo - Gen', um arroz chinês que foi usado como progenitor polinizador. Os colmos rígidos e curtos da 'IR 8' permitiram que ela produzisse abundantemente sem acamar, e sua não sensibilidade ao comprimento do dia (fotoperíodo) permitiu que muitos agricultores em diversas latitudes a cultivassem em qualquer época do ano (Hargrove, Cabanilla e Coffman, 1988). Os melhoristas no IRRI, posteriormente, obtiveram outras cultivares de alto rendimento utilizando, na maior parte das vezes, a 'IR 8' como progenitor feminino na obtenção de gerações subsequentes e, combinando o caráter semi-anão com outras características favoráveis, como resistência a doenças e qualidade de grãos. Após testadas, eram lançadas aos produtores, geralmente com nomes locais, por diversos programas nacionais de melhoramento de arroz na década de 70 e 80.

A principal vantagem destas cultivares é que o seu semi-nanismo praticamente não possui efeitos indesejáveis sobre as características da panícula e espiguetas, além de estar associado a características desejáveis como: resistência ao acamamento, folhas eretas, maior capacidade de perfilhamento e resposta à fertilização nitrogenada que contribuem diretamente para altos rendimentos (McKenzie et al., 1987). Com o advento destas cultivares modernas, houve uma mudança radical não só na filosofia do melhoramento genético, como também em relação aos agricultores, que passaram a utilizar alta tecnologia no cultivo do arroz. O seu porte baixo e elevada degrana natural tornaram obrigatória a colheita mecanizada dos grãos, bem como exigiram uma melhoria no manejo da água de irrigação e em outras práticas culturais.

O semi-nanismo no arroz, definido como uma redução genética distinta no comprimento do colmo, é uma característica controlada pelo alelo recessivo dgwg ou sd1, isolado

na cultivar chinesa semi-anã Dee-Geo-Woo-Gen (DGWG) (McKenzie et al., 1987 e Liang et al., 1994). Esta cultivar contribuiu com essa característica não apenas à 'IR 8', mas também para a maioria das cultivares modernas semi-anãs subsequentes na Ásia tropical e em outras partes do mundo.

A incorporação do caráter semi-anão nas cultivares norte-americanas contribuiu muito para o melhoramento do arroz daquele país. Todas as cultivares semi-anãs dos Estados Unidos possuem o mesmo gene de semi-nanismo (sd1), provenientes das cultivares indica IR 8, Taichung Native e DGWD, Linscombe(1992). A disseminação desse tipo de planta melhorada para a América Latina foi iniciada em 1968 pelo programa cooperativo, baseado na Colômbia, do CIAT, Federacion Nacional de Arroceros (FEDEARROZ) e o Instituto Colombiano Agropecuário (ICA), IRRI (1968). Na Colômbia, as cultivares IR 8 (Peta / DGWD) e IR 22 (IR 8/ Tadukan), foram diretamente introduzidas do IRRI e, a partir de programas de hibridação, outras cultivares de arroz semi-anãs foram lançadas pelo programa CIAT - FEDEARROZ - ICA (Cuevas-Perez et al., 1995). A ampla adaptação das cultivares IR 8, IR 20 e IR 22 foi um fator decisivo para que os germoplasmas semi-anãs tornassem importantes cultivares, não só nos países asiáticos, como também no Brasil, Colômbia, Peru, Equador, Cuba e México (Chang, 1979).

As primeiras cultivares semi-anãs cultivadas no estado do Rio Grande do Sul, Cica 4 (IR8 / IR12-78-2-3) e IRGA 408 (IR 8 / IR12-78-2-3) resultaram de introduções de materiais geneticamente estáveis, provenientes do programa cooperativo CIAT/ICA da Colômbia. Do mesmo local se introduziram populações F_3 e F_4 das quais se selecionaram as cultivares BR-IRGA 409 e BR-IRGA 410. Posteriormente, outros materiais com porte baixo foram selecionados pelo Instituto Riograndense do Arroz (IRGA),em cooperação com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) (Carmona, 1993).

A cultivar semi-anã Cica 8, de grande importância para vários países da América Latina, obtida pelo CIAT/ICA, a partir do cruzamento Cica 4//IR 665-23-3-1/ 'Tetep e identificado como linha 4440,seleção 1, foi lançada como cultivar comercial na Colômbia, em 1978, (Cuevas-Perez et al., 1995). No Brasil, esta cultivar, foi avaliada e recomendada também com o nome de 'Cica 8', exceto em São Paulo e Minas Gerais, onde foram lançadas a IAC 4440 e Inca, respectivamente, são linhas irmãs da 'Cica 8', uma vez que originaram da linha 4440 seleção 10, Soares (comunicação pessoal)[1]. A cultivar Inca também foi recomendada para o Estado do Espírito Santo.

O uso frequente do mesmo alelo de semi-nanismo em programas de melhoramento pode reduzir a diversidade genética dos materiais e produzir vulnerabilidade genética. Um grande número de cultivares melhoradas, em todo o mundo, possuem o mesmo gene para o caráter semi-nanismo (alelos em um único loco) e citoplasma semelhante, uma vez que os melhoristas usaram as cultivares semi-anãs como fêmeas nos cruzamentos. Preocupados com essa situação, atualmente, os programas de melhoramento de arroz em vários países têm procurado incorporar germoplasmas de diversas origens, com novas fontes de semi-nanismo, para ampliar a base genética das cultivares de alto rendimento, em nível local (Hargrove, 1979, McKenzie et al., 1987, Hargrove,Cabanilla e Coffman, 1988 e Liscombe, 1992). Um novo alelo para semi nanismo denominado temporariamente como sdg, foi identificado através de análise de RFLP (Restriction Fragment Length Polymorphism), mapeado no cromossomo 5 e não alélico ao sd1 (cromossomo 1), por Liang et al. (1994).

---

[1] Dr.Plínio César Soares, EPAMIG. Viçosa - MG

2.4 Processo de obtenção de novas cultivares de arroz

Nos programas de melhoramento de arroz, é de fundamental importância definir no início, objetivos claros quanto à cultivar a ser desenvolvida, pois cada sistema de cultivo de arroz exige um determinado tipo de planta com características adequadas a um sistema particular. Após tal definição, a primeira etapa do programa é a formação de uma população com variabilidade genética para as características de interesse, matéria prima básica indispensável ao trabalho do melhorista, na seleção do tipo de planta favorável.

O gênero *Oryza* pertence à subfamília *Oryzoideae*, na família *Poaceae* (Gramineae); essa subfamília tem espécies nas regiões tropicais e temperadas no mundo todo, Vaughan (1989). As espécies do gênero *Oryza, O. sativa, O. glaberrima* e seus germoplasmas aparentados são diplóides (2n = 24), enquanto que a maioria das espécies selvagens são tetraplóides (2n = 48). O arroz asiático *Oryza sativa* L. é cultivado praticamente no mundo todo, enquanto que o arroz africano *Oryza glaberrima* Steud. é limitado à África Ocidental Tropical, com tendência a ser substituído ao longo dos anos. As duas espécies mostram diferenças morfológicas pequenas, porém, os híbridos entre elas são altamente estéreis (Chang, 1979 e Vaughan, 1989).

Basicamente todo o arroz cultivado nos diversos continentes do mundo foi proveniente de introduções da Ásia, centro de diversidade da espécie (Chang, 1979). Há uma grande variabilidade genética no arroz cultivado e, basicamente, germoplasmas de *Oryza sativa* L. têm proporcionado o conjunto gênico primário para os programas de melhoramento do arroz. O banco de germoplasma do International Rice Research Institute (IRRI) mantém genótipos de arroz coletados no mundo inteiro, os quais são disponíveis a todos os países que

trabalham com a cultura (Mckenzie et al., 1987). Em relação de Brasil, o CNPAF/EMBRAPA possui extensa coleção, proveniente de diferentes fontes, a qual se pode recorrer para a obtenção de materiais de interesse. Paralelamente, outros programas estaduais de melhoramento geram inúmeras linhagens, sendo muitos deles abertos e dos quais se pode, também, obter germoplasmas. Muitas cultivares nacionais resultaram de introdução de materiais geneticamente estáveis provenientes de programas de instituições internacionais como por exemplo, o CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical) (Carmona, 1993). As etapas básicas para geração de novas cultivares, nos programas de melhoramento do arroz no Brasil, são apresentadas no fluxograma da Figura 3.

A hibridação artificial, executada com a intervenção do homem, tem sido nos últimos anos a base dos tradicionais programas de melhoramento de arroz, gerando a grande maioria das cultivares de arroz existentes no mundo, responsáveis pela grande produção desse cereal. A finalidade deste processo é aumentar a variabilidade genética, de modo a tornar mais eficiente a seleção visando à obtenção de indivíduos superiores. O cruzamento entre os pais com características desejáveis é relativamente simples, existindo vários métodos práticos e eficientes para sua execução, dependendo, até certo ponto, das condições locais e dos equipamentos (Coffman e Herrera, 1980).

O primeiro passo para a execução de um trabalho de hibridação controlada e que deve merecer atenção especial é a escolha dos pais, de acordo com o objetivo que se pretende alcançar. Germoplasmas para hibridação normalmente são recebidos de várias instituições de pesquisa nacionais e internacionais. O potencial produtivo, a complementariedade de características de interesse, o grau de diversidade genética entre os pais, a capacidade de

combinação, o nível de adaptação, entre outros, estão entre os fatores a serem considerados na escolha dos pais (Fehr, 1987 e Ramalho, Santos e Zimmermann, 1993).

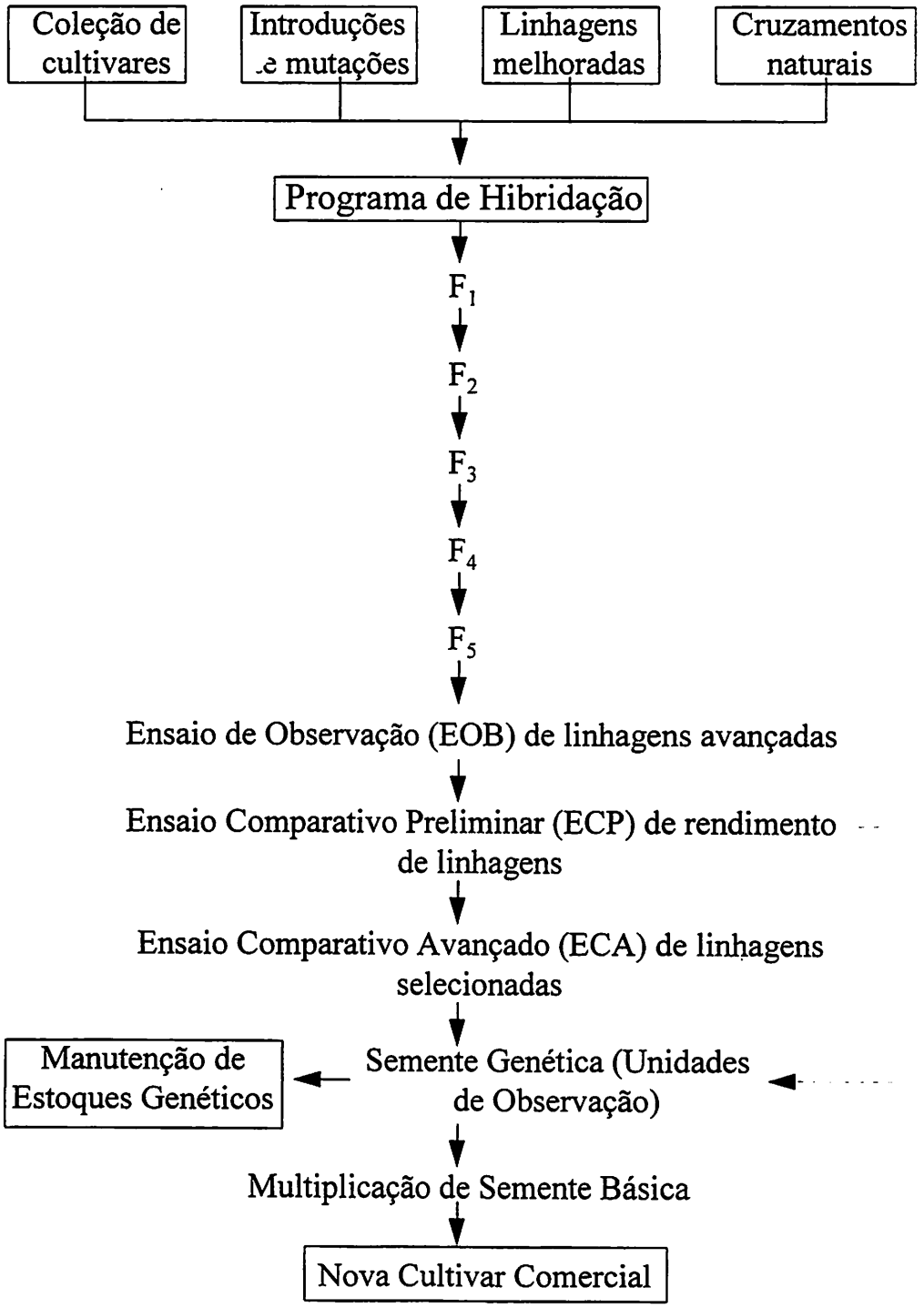

FIGURA 3. Fluxograma das principais etapas na geração de novas cultivares de arroz no Brasil.

As seleções para várias características são feitas em populações geneticamente variáveis, durante sucessivas gerações de endogamia, por auto-fecundação natural. Normalmente a taxa de esterilidade das flores é bastante elevada na geração F_1, por isso deve-se ter muito cuidado para evitar que fatores adversos venham agravar ainda mais este problema. A geração F_2 é a que determina o sucesso ou fracasso do programa, e o seu tamanho é variável, dependendo do parentesco dos pais, objetivo do cruzamento e número de populações a avaliar (McKenzie et al., 1987).

O método mais usado e bem sucedido, em todo o mundo, no melhoramento do arroz, é o método genealógico. Na condução do material segregante, maior atenção à seleção deve ser dada nas gerações mais avançadas, quando é maior a proporção de locos em homozigose, sendo então maior o ganho com a seleção. A seleção para caracteres de alta herdabilidade é realizada em plantas F_2, cujos descendentes são semeados em linhas de 1 a 3 m, para obtenção das progênies $F_{2:3}$ no próximo plantio (Ramalho, Santos e Zimmermann, 1993). Na condução das progênies $F_{2:3}$ e $F_{3:4}$, as operações que as caracterizam são, geralmente, semelhantes, pois, em ambas, as progênies de plantas individuais são plantadas em linhas, e a seleção é feita entre e dentro das melhores.

Na geração F_5, normalmente, as linhas já estão com uma alta proporção de locos em homozigose, e deve-se dar ênfase à seleção entre progênies e aquelas superiores são colhidas em "bulk", para assegurar sementes para os testes de rendimentos, que são realizados em vários locais. As linhagens são avaliadas para rendimento, em vários estados brasileiros, dentro das Comissões Técnicas de Avaliação de Arroz (CTArroz), coordenado pelo CNPAF/EMBRAPA, nos três tipos de ensaios sucessivos, que compõem a Rede Nacional de Avaliação de Arroz Irrigado (RENAI) (Ferreira et al., 1991, Rangel e Neves, 1994):

• **Ensaio de Observação (EOB):** os materiais participantes deste ensaio, aproximadamente 200 linhagens, oriundas do programa de melhoramento da EMBRAPA/CNPAF, das instituições estaduais de pesquisa e de instituições do exterior, são avaliados em locais estratégicos dentro de cada região. São ensaios sem delineamento estatístico definido, realizados em parcelas de uma fileira de 5,0m, sem repetição, com testemunhas intercalares a cada dez entradas, para referência. As avaliações são baseadas, principalmente, nas características fenotípicas de alta herdabilidade, tais como tipo de planta, arquitetura, ciclo, porte e tolerância às enfermidades. Mais recentemente, está-se utilizando o delineamento estatístico de Blocos Aumentados de Federer, com parcelas com 3 linhas de 5m, para avaliação antecipada da produção de grãos, Soares (comunicação pessoal)[1]. Muitas entradas podem ser descartadas visualmente antes da colheita.O objetivo deste ensaio é identificar germoplasmas promissores para avaliação no ensaio de rendimento seguinte, que são definidos por ocasião da reunião das CTArroz que acontece anualmente. Nesta reunião, cada instituição de pesquisa, que conduz o EOB, apresenta os resultados obtidos e, as melhores linhagens no conjunto de locais de avaliação, são selecionadas para a próxima etapa.

• **Ensaio Comparativo Preliminar (ECP):** nesse ensaio é feita a avaliação de rendimento das linhagens que se comportaram bem nos EOB's, normalmente empregando delineamento experimental em Blocos ao Acaso ou Látices. O ensaio é composto por 25 a 36 entradas, e é instalado em vários locais dentro de cada região. Geralmente, são utilizadas três repetições por local e as parcelas são de 4 linhas de 5,0m. As avaliações realizadas nesse ensaio são as mesmas realizadas no EOB, contudo, a produtividade é avaliada com maior precisão. A escolha das

---

[1] Dr.Antônio Alves Soares, Universidade Federal de Lavras. Lavras - MG

linhagens para compor a etapa final de avaliação para recomendação, é feita obedecendo aos critérios anteriores e por ocasião das reuniões das CTArroz. Materiais com adaptação específica permanecem apenas em um ou poucos Estados dentro de cada região.

• **Ensaio Comparativo Avançado (ECA):** as linhagens que se comportaram bem nos ECP's são avaliadas nessa etapa, utilizando menor número de entradas, em torno de 20, dispostas num delineamento em Blocos Casualizados, normalmente com 4 repetições e parcelas com 6 linhas de 5,5 m. São conduzidos emum maior número de locais, em relação aos ECP's, dentro da área de atuação de cada instituição de pesquisa. Em geral, procura-se manter as entradas por dois ou três anos nos ECA's, período em que é avaliado o potencial dos materiais e tomada a decisão em relação ao lançamento comercial ou não da linhagem. As informações de desempenho são reunidas, analisadas e armazenadas num banco de dados sobre arroz, pela instituição responsável.

As linhagens superiores são caracterizadas morfologicamente para assegurar manutenção da pureza varietal e procede-se à multiplicação da semente genética em larga escala, para liberação como nova cultivar, através de programas de produção de sementes. A decisão de liberar um material é tomada em reunião da CTArroz e, após avaliar méritos, deficiências e necessidade comercial. Dados repetidos de diversos locais e de, no mínimo, dois anos de teste, são necessários para a liberação.

Um importante fator a ser considerado no tempo necessário para a geração de novas cultivares, é o número de gerações que pode ser conduzido por ano. Para características complexas tais como rendimento de grãos, quatro ou mais gerações de endogamia podem ser necessárias, antes que as linhagens melhoradas alcancem um nível suficiente de homogeneidade para a etapa dos testes de rendimento. A divergência genética entre os pais na população em

seleção e o grau de segregação, determina a geração na qual o teste se inicia (McKenzie, 1987). No Brasil, para diminuir o tempo necessário para obtenção de linhagens elite para avaliação, além da condução do material em épocas tradicionais de cultivo, planta-se, também, em outras regiões, na entresafra, para avanço de geração.

2.5 Cultivares de arroz no Brasil

2.5.1 Cultivares para o sistema de sequeiro não favorecido (sequeiro tradicional)

Nas áreas não favorecidas, os principais entraves à exploração da cultura do arroz são: o estresse hídrico, em função da má distribuição das chuvas e os frequentes veranicos, favorecendo também a uma maior incidência de doenças na planta, sobretudo a brusone; plantas daninhas e baixa fertilidade do solo. Esses fatores concorrem para a alta instabilidade de produção e baixo rendimento médio, que varia em torno de 1200 kg/ha, constituindo-se uma das principais prioridades do programa de pesquisa com a cultura (Sant'Ana e Morais, 1991, Kluthcouski et al. e 1991, Sant'Ana et al., 1994).

As cultivares de arroz para plantio nas condições de sequeiro não favorecidas, entre outras, devem apresentar as seguintes características, Sant'Ana e Morais (1991), Pinheiro et al. (1985), Prabhu (1980) e Martins (1991):

(a) Resistência à seca: num sentido amplo é conferida por mecanismos que possibilitem a planta manter nas folhas um potencial hídrico favorável, durante os períodos seco, e pela precocidade (escape). As cultivares precoces, por permanecerem menos tempo no campo, correm menos risco de serem expostas a estiagens. Entre as características morfológicas da planta que

favorecem maior resistência à seca e que podem ser exploradas, pelo menos em alguma fase das gerações segregantes são: sistema radicular mais profundo, raízes grossas ou espessas, perfilhamento mediano, folhas curtas e estreitas;

(b) Plantas com porte intermediário (100 a 110 cm);

(c) Tolerância a condições adversas de solo;

(d) Resistência a doenças;

(e) Resistência a insetos-pragas.

As cultivares lançadas mais recentemente para plantio comercial pela CT - Arroz, Região II, em condições de sequeiro não favorecido, com suas respectivas áreas de recomendação, segundo Sant'Ana e Morais (1991) e Informativo ...(1995), são: Rio Paranaíba (MT, MS, MG, GO, SP), Araguaia (GO, MS, MT), Guarani (MS, MT, MG, GO, SP), Caiapó (MG, GO, MT, MS), Centro América (MT), EMCAPA 01 (ES), Cuiabana (MT), Douradão (MG), Rio Doce (MG), IAPAR 9 (PR) e IAPAR 64(PR).

2.5.2 Cultivares para o sistema de sequeiro favorecido

Em anos recentes, a cultura de arroz tem sido uma nova opção para áreas de condições mais favoráveis ao desenvolvimento e à obtenção de maior produtividade da planta desse cereal. Nessas áreas a precipitação pluvial é maior e melhor distribuída que nas áreas desfavorecidas e, além disso, programas governamentais de fomento vêm incentivando o uso da irrigação por aspersão, o que contribui para uma redução no risco de perda da colheita. Para esse

sistema de cultivo, o tipo de planta de arroz deve ser diferente daqueles criados para condições não favorecidas (Pinheiro et al., 1985).

Resultados preliminares de pesquisa, com relação ao tipo de planta ideal para o sistema de cultivo irrigado por aspersão e/ou áreas de sequeiro favorecido, indicam que, entre outras, deve possuir as seguintes características (Pinheiro et al., 1985 e Sant'Ana et al., 1991):

a) Porte médio (90-100cm), intermediário entre a cultivar tradicional de arroz de sequeiro e a moderna, de arroz irrigado por inundação;

(b) Perfilhamento mediano e boa resistência ao acamamento;

(c) Folhas medianamente eretas e mais curtas que as de sequeiro tradicional;

(d) Ciclo precoce a médio;

(e) Resistência a mancha parda, à escaldadura e a brusone;

(f) Resistência a pragas;

(g) Certo grau de tolerância à seca.

As cultivares lançadas para plantio comercial pela CT - Arroz, Região III, em condições de sequeiro favorecido, com suas respectivas áreas de recomendação, segundo Sant'Ana e Morais (1991) e Informativo ...(1995), são: Acrefino (AC, RO), Guaporé (RO), Mearim (MA) e Xingu (PA). Para condições de sequeiro favorecido, em áreas com solos férteis ou recuperados foi liberada a cultivar Progresso, recomendada para o Mato Grosso (Sartori et al., 1994).

2.5.3 Cultivares para o sistema irrigado por inundação

Nas áreas tradicionais de cultivo de arroz irrigado, especificamente no Rio Grande do Sul, até o começo da década de 70, as cultivares para o sistema irrigado por inundação pertenciam ao tipo tradicional, caracterizadas pelo porte alto, folhas longas e decumbentes, suscetíveis ao acamamento, baixa capacidade de perfilhamento e grãos de má qualidade. No início dos anos 70, as cultivares tradicionais foram rapidamente substituídas por cultivares tipo americanas, de porte médio (95 a 100 cm), baixa capacidade de perfilhamento e grãos do tipo longo, fino e cilíndrico (patna) de excelente qualidade e bom preço de mercado. Já no início dos anos 80, a partir de trabalhos intensivos de melhoramento, as cultivares tipo 'americanas' foram substituídas pelas cultivares modernas, de porte baixo e alto rendimento (Carmona, 1989 e Carmona, 1993). Considerando as cultivares tradicionais, americanas e modernas, atualmente, 95% da área cultivada com arroz no Rio Grande do Sul é plantada com as últimas, cultivares semi-anãs de alto rendimento (Carmona, 1993).

De modo semelhante ao Rio Grande do Sul, nas lavouras irrigadas de Santa Catarina, também as cultivares tradicionais foram substituídas por cultivares modernas melhoradas, de porte baixo, maior capacidade de perfilhamento, de folhas curtas e eretas, grãos, em geral, longos e finos, respondendo em produção e sem acamar, à utilização de altas doses de nitrogênio, gerando como consequência, um importante ganho na produtividade média do arroz irrigado nas áreas tradicionais (Ishiy, 1985, Carmona, 1989, Carmona, 1993).

Nesse sistema de cultivo de arroz, onde há controle da lâmina de água, os principais problemas existentes entre as cultivares atualmente recomendadas e que a pesquisa tem

procurado sanar para garantir altas produtividades são: a brusone; a toxidez de ferro; temperaturas baixas na fase reprodutiva do arroz especialmente nas áreas de terras baixas do sul do Rio Grande do Sul; plantas daninhas, especialmente o arroz vermelho; ciclo e qualidade de grãos (Bacha e Ishiy, 1987, Carmona, 1989, Ferreira et al., 1991 e Carmona, 1993).

As cultivares lançadas comercialmente pela CT-Arroz, Região II, para as condições de irrigação por inundação, mais recentemente, com suas respectivas áreas de recomendação, segundo Ferreira et al. (1991) e Informativo ... (1995), são: Inca(MG, ES, MT, MS, RJ), Metica 1 (TO,PR,MT,RJ), MG 1 (MG), MG 2(MG), Cica 8 (MS, PR), Oryzica 1(PR), Sapucaí (MG), Urucuia (MG), Capivari (MG), PESAGRO 106(RJ), PESAGRO 107(RJ), Franciscano (ES), Aliança (ES, MT, TO). A cultivar Javaé foi liberada para Goiás e Tocantins, depois de seleções finais realizadas no CNPAF, Rangel e Neves (1994).

2.5.4 Cultivares para o sistema de várzea úmida

Consideram-se como várzeas, os solos aluviais ou hidromórficos (também chamados de brejos), geralmente planos e ricos em matéria orgânica, de fertilidade elevada, permanecendo saturado de água durante o ciclo da cultura e localizados, principalmente, às margens de córregos e rios e em vales úmidos. Nesse sistema de cultivo, que possibilita produzir arroz a um custo menor que o sistema de cultivo com irrigação por inundação com controle da lâmina de água, os principais problemas que limitam o cultivo são o acamamento, uma vez que as cultivares ainda em uso são do tipo tradicional, doenças como brusone e mancha parda, plantas daninhas (abundantes em áreas úmidas) e a toxidez de ferro (Soares, Morais e Soares, 1981, Fagéria et al., 1984 e Rangel et al., 1991b).

Face às particularidades deste sistema de cultivo, as cultivares devem apresentar, dentre outras características, resistência ao acamamento e às principais doenças, tolerância à toxidez de ferro, elevado vigor vegetativo inicial e arquitetura de plantas adequadas, associando porte (90 a 100 cm) e perfilhamento medianos, folhas superiores curtas e eretas e folhas inferiores longas e decumbentes, para que possam competir, com vantagem, com as plantas daninhas (Rangel et al., 1991b).

O porte da planta é uma das características que mais merece consideração no plantio do arroz de várzea úmida, uma vez que, na maioria dos locais onde este sistema de cultivo é utilizado, a colheita é manual. Assim, cultivares de porte baixo (tipo Inca ou MG-1) são resistentes ao acamamento, mas difíceis de serem colhidas manualmente. Por outro lado, as cultivares tradicionais de porte elevado (tipo Matão, De Abril ou Bico Roxo) são de fácil colheita, mas muito vulneráveis ao acamamento. Portanto, as cultivares devem possuir porte intermediário, para conciliar resistência ao acamamento com a possibilidade de colheita manual.

Atualmente, nas várzeas úmidas não sistematizadas, utilizam-se as cultivares tradicionais, apresentando grande diversidade genética e adaptadas a esse sistema de cultivo, constituindo material genético de inestimável valor para explorar a heterose em híbridos e aumentar a probabilidade de ocorrência de segregantes superiores em gerações avançadas (Fonseca e Rangel e Prabhu, 1981 e Rangel, 1991a) e, em menor escala, as cultivares modernas de porte baixo, de baixa capacidade competitiva com plantas daninhas. Como existem poucos materiais à disposição dos agricultores, a presente recomendação tem sido usar cultivares desenvolvidas para o sistema de cultivo sob irrigação por inundação, de preferência aquelas pouco exigentes quanti ao manejo de água.

Programas específicos têm sido realizados para obtenção de cultivares, através do CNPAF e outras unidades de pesquisa do país que trabalham com arroz de várzea úmida, entre elas a Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG). Algumas cultivares já foram liberadas para cultivo, como a BR 3 - Caeté, para as várzeas do estado do Pará (PA), Rangel et al. (1991 b) e Samburá e Mucuri para Minas Gerais (MG), EPAMIG(1995).

2.6 Contribuição do melhoramento genético para a agricultura

A produção total de alimentos aumentou significativamente nas últimas décadas, em todo o mundo, em função, principalmente, de uma maior produção das culturas por hectare, notadamente, de cereais (grãos), em todos os continentes (Bongaarts, 1994). No caso do arroz, um dos fatores que contribuíram para esse progresso foi a otimização do manejo da cultura, advinda de uma melhor tecnologia de irrigação, época de plantio mais favorável, uso de sementes de melhor qualidade, adubação nitrogenada, controle de plantas daninhas, entre outras técnicas. Outro fator importante foi a adoção de cultivares com melhores características fisiológicas, morfológicas e bioquímicas, refletindo diretamente nos componentes da produtividade de grãos. O aumento na produção é resultante, portanto, da interação do melhoramento varietal com a melhoria do manejo da cultura.

2.6.1 Ganho genético em diversas culturas

Como o milho tem sido uma das culturas mais trabalhadas do ponto de vista do melhoramento, estudos sobre ganhos genéticos a longo prazo têm sido efetuados com ele nos

últimos anos, principalmente nos Estados Unidos, comparando híbridos em uso comercial durante as últimas quatro a seis décadas (Castleberry, Crum e Krull, 1984; Duvick, 1984; Carlone e Russel, 1987 e Duvick, 1992). O ganho médio em produtividade de grãos nesses estudos tem sido estimado em torno de 70 kg/ha/ano. Comparando estimativas obtidas para muitas culturas nos Estados Unidos como o milho, trigo, aveia, por exemplo, Evans (1980) calculou que o aumento médio anual nessas culturas está em torno de 0,5 a 1,0% ao ano, no potencial de rendimento.

O melhoramento genético tem contribuído para a produtividade ascendente de milho nos Estados Unidos nas últimas décadas, através de seleção de materiais com características favoráveis da planta, espigas e grãos, como índice de colheita, por exemplo, Russel (1985). Um resumo das estimativas de ganho total de rendimento e de seu componente genético na produtividade de híbridos de milho no Estado de Iowa,EUA, foi apresentado por Duvick (1984). Considerando os vários períodos em estudo, as estimativas de ganho genético variaram de 33 a 89%. A maior estimativa (89%) foi de um experimento com maior proporção de híbridos simples e mais produtivos do que os híbridos duplos, usando altas densidades, seguindo uma tendência mais recente, onde os novos híbridos expressaram todo o potencial produtivo. O aumento no rendimento de híbridos comerciais de milho atribuído ao melhoramento correspondeu a uma média de 92kg/ha/ano para o período de 1930-1980. Mais recentemente, Duvick (1992), conduziu experimentos em Iowa, sobre uma série de híbridos lançados para o Estado, desde os anos 30, visando a estudar a mudança nos híbridos americanos. O aumento na produtividade atribuído ao melhoramento genético de híbridos comerciais de milho em Iowa de 1930 a 1989 foi em média de 56 kg/ha/ano, equivalente a uma estimativa de ganho genético ajustado de 56% do total de ganho.

No Brasil, Vencovsky et al. (1988) avaliaram os resultados obtidos pelo melhoramento genético da cultura do milho no país, tomando como base dados de produtividade de espigas de cultivares avaliadas no Ensaio Nacional do Milho, num período de vinte anos, de 1963/64 a 1982/83. Adotando modelo linear que avalia o progresso genético, estimaram valores de 1,6; 2,0 e 2,4% para as localidades de Campinas (SP), Jacarezinho (PR) e Sete Lagoas (MG), respectivamente, com um progresso médio anual em 2% no período. Deduziram, também, que o progresso do melhoramento genético foi sempre menor nos híbridos do que no conjunto de materiais avaliados, indicando que, em média, o esforço do melhoramento foi maior nas populações do que nos híbridos comerciais.

Na Argentina, a produção de grãos de milho por unidade de área também tem aumentado nos últimos anos. Baseado nos dados de 154 ensaios regionais, no período de 1979/1991, efetuados no cinturão de milho argentino, Eyhérabide, Damilano e Colazo (1994) mostraram que o sucesso dos programas de melhoramento é reflexo do desenvolvimento de híbridos elite que expressam rendimentos mais altos tanto em ambientes favoráveis como desfavoráveis. Híbridos de milho selecionados para representar híbridos comercialmente cultivados em Ontário, Canadá, foram avaliados em ensaios por Tollenaar (1989), visando à análise do melhoramento na cultura, durante o período de 1959 a 1988. O ganho genético no rendimento de grãos total, na densidade ótima de plantio, foi 1,7% ao ano, enquanto que o ganho genético no rendimento de grãos, colhidos mecanicamente, foi 2,6% ao ano, nas três décadas em estudo. Aproximadamente um terço do ganho genético pode ser atribuído à maior resistência ao acamamento em altas densidades de plantio.

Uma alta contribuição do melhoramento genético no aumento da produtividade do trigo, em virtude das cultivares modernas, tem sido mostrada em todo o mundo. Dados de

rendimento de ensaios regionais uniformes de trigo de inverno e trigo de primavera de diferentes regiões dos Estados Unidos, durante os anos de 1958 a 1980, foram examinados por Schmith (1984), visando à determinar a contribuição genética para o ganho de rendimento em trigo. Quando os dados foram reunidos, observou-se que o rendimento de trigo naquele país aumentou de 1688 kg/ha - na média de 3 anos - para 2226 kg/ha para o período, correspondente a 32%. Segundo o autor, 17% do ganho em produção pode ser creditado ao melhoramento genético ou a uma taxa anual de ganho de 0,74% para o referido período.

O melhoramento tem desempenhado importante papel na produtividade do trigo em Oklahoma e no sul das grandes planícies dos Estados Unidos (Feyerherm, Paulsen e Sebaugh,1984; Feyerherm, Kemp e Paulsen, 1989). No Kansas, Cox et al. (1988) relataram um aumento de 16,2 kg/ha/ano na produtividade de grãos graças a novas cultivares. Mais recentemente, o progresso do programa de melhoramento de trigo da estação experimental de Oklahoma, EUA, foi determinado por Khalil, Carver e Smith (1995), através da avaliação e seleção de linhagens em ensaios sequenciais (Preliminar, Intermediário e Avançado), no período de 1969 a 1993. Comparando os resultados de dois testes consecutivos um teste com os resultados de um seguinte, perfazendo duas fases consecutivas de seleção (Fase I e Fase II), os autores estimaram um ganho genético anual para produtividade de grãos de 4,6 e 4,2%, respectivamente, aproximando-se do mesmo valor, para os 24 anos em estudo.

Programas de melhoramento de trigo, nas últimas décadas, têm conseguido aumentar a produtividade da cultura em outros países, com ganhos genéticos significativos. No México, a taxa anual média estimada de aumento em rendimento de grãos para os períodos 1960/1971 e 1971-1985 foram de 251 e 121 kg/ha, respectivamente (Waddington et al., 1987). Slafer e Andrade (1991) concluíram que o melhoramento genético para potencial de produção de

grãos na Argentina, entre outros países que cultivam o trigo, foi efetuado principalmente através de um aumento no número de grãos por unidade de área do que no peso de grãos. Na Finlândia, a avaliação do melhoramento de trigo de primavera, desde a década de 30, foi realizada por Peltonen-Sainio e Peltonen (1994). Um aumento de 20% na produtividade de grãos proveniente do melhoramento de cultivares, foi associado a uma redução de 7% em altura, um melhoramento de 80% em resistência ao acamamento e um índice de colheita 15% mais alto. O peso da espiga foi 30% mais alto nas cultivares modernas. No Canadá, as cultivares aumentaram o pontencial máximo de rendimento em cerca de 6 a 9 kg/ha/ano durante um período de noventa anos. Em geral, o aumento de rendimento de grãos resultou do registro de genótipos que produzem um maior número de grãos por unidade de área em comparação àqueles que produzem grãos de tamanhos maiores (McCaig e DePauw, 1995). O lançamento de novas cultivares de trigo no Brasil foi responsável por um ganho genético médio de 17,3 kg/ha/ano no rendimento de grãos, no período de 1940 a 1992 (Nedel, 1994).

Um estudo comparativo da contribuição genética para o progresso no rendimento de grãos de cultivares de cereais de grãos pequenos, antigos e modernos foram revisados por Feil (1992). Embora as situações experimentais encontradas nas dezenas de trabalhos analisados fossem diferentes, a maioria deles descreveram contribuições genéticas importantes para ganhos em produtividade em todos os cereais de grãos pequenos - trigo, cevada e aveia - advindos de uma maior produção de grãos por unidade de área das cultivares modernas.

Outros estudos dessa natureza têm sido conduzidos no Brasil com outras espécies. Na cultura da soja, avaliando a eficiência do programa de melhoramento da cultura no Estado do Paraná, no período de 1981 a 1986, Toledo et al (1990) obtiveram ganhos genéticos médios de 1,8 e 1,3% ao ano para as linhagens de maturação precoce e semi-precoce, respectivamente. Para

o cálculo do ganho genético médio, foi utilizado o método dos quadrados mínimos generalizados, para evitar o cancelamento das informações dos anos intermediários. Encontraram variações expressivas entre os ganhos genéticos anuais em cada grupo de maturação e local. Numa avaliação posterior do mesmo programa, no período de 1985/86 a 1989/90, o ganho genético anual, obtido por média aritmética das respectivas estimativas por local, foi da ordem de 0,89% no grupo precoce, de 0,38% no grupo semi-precoce e de -0,28% no grupo médio de maturação, valores estes, portanto, menores que os obtidos para os grupos precoce e semi-precoce nos cinco anos anteriores (Alliprandini et al., 1993). Estes resultados indicam, todavia, que os programas têm sido eficientes no desenvolvimento de linhagens produtivas.

Ainda no Brasil, para determinar o ganho genético de sorgo granífero, no período de 1974/75 a 1987/88, Rodrigues (1990) avaliou o comportamento das cultivares nos ensaios nacionais e, partindo de um modelo linear e por meio do método dos quadrados mínimos generalizados, obteve estimativas por local que variaram muito, na média dos anos. O ganho genético médio para o sorgo, em "época de plantio normal", foi estimado em 71,9 kg/ha/ano (1,54%/ano). Para o sorgo, em "época de plantio em sucessão", o ganho foi negativo, de -43,5kg/ha/ano ou -0,86%/ano. Na média geral sobre todos os locais, obteve-se, durante o período, o progresso estimado de 55,70 kg/ha/ano ou 1,18 ± 0,12%/ano, em relação à média dos rendimentos dos ensaios. Abreu et al. (1994) estimaram um ganho anual de 14,52 kg/ha/ano, correspondente a 1,9% da produtividade média do primeiro ano, na avaliação do programa de melhoramento do feijoeiro, conduzido nas regiões Sul e Alto Paranaíba, de Minas Gerais, durante as décadas de setenta e oitenta.

Um método estatístico simples, porém eficaz, visando a estimar ganho genético realizado, associado a cada etapa de avaliação, foi descrito por St. Martin e McBlain (1991),

utilizando dados regionais do Programa Cooperativo de Melhoramento de soja dos Estados Unidos. A superioridade fenotípica, interpretada como ganho genético, foi obtida comparando um conjunto de linhagens avaliadas no ensaio preliminar de uma determinada estação, com as linhagens selecionadas e reavaliadas em ensaios avançados numa estação seguinte, utilizando também testemunhas comuns a ambos os ensaios. A aplicação do método revelou que os ganhos genéticos foram pequenos para todas as características em estudo, exceto rendimento de grãos.

2.6.2 Ganho genético na cultura do arroz

Especificamente para a cultura do arroz, em relação a outras culturas, existem poucos trabalhos avaliando os programas de melhoramento. A eficiência do programa de melhoramento do arroz de sequeiro do Estado do Paraná foi avaliada por Abbud (1991), usando dados de ensaios regionais de recomendação de cultivares, no período de 1975 a 1989. Utilizando o método de Vencovsky et al. (1988) com as modificações feitas por Rodrigues (1990), estimou-se um ganho de 436kg/ha no período, correspondendo a um ganho genético médio anual de 1,35%. Resultados semelhantes foram obtidos comparando-se cultivares antigas com novas, em grupos de ensaios no mesmo ano.

Para as condições de Minas Gerais, o programa de melhoramento de Arroz de sequeiro e irrigado por inundação da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG) foi avaliado por Soares (1992), no período de 1979/80 a 1988/89. Para o arroz de sequeiro, foi estimado um ganho genético médio anual de 3,0% ao passo que, para o arroz irrigado, esta estimativa foi menor, 1,6%; no entanto, estes valores indicam que, no período em estudo, o programa de melhoramento foi eficiente. As três metodologias utilizadas, quais sejam, a

de Vencovsky et al. (1988), a da estimativa da regressão linear de mínimos quadrados e a da regressão L_1 ou de erros absolutos, mostraram eficiência na determinação do ganho genético, com maior coerência para os dados do programa de melhoramento do arroz de sequeiro.

No período de 1980 a 1990, a produtividade de arroz irrigado nas lavouras do Rio Grande do Sul e Santa Catarina aumentou em mais de 30%, como consequência da melhoria das práticas culturais e utilização de cultivares modernas, de porte baixo e alta capacidade de produção (Carmona, Terres e Schiocchet (1994). Para análise da evolução da orizicultura nas Regiões Norte e Nordeste do Brasil, Lopes (1994), utilizou uma série histórica de dados de 1981 a 1988. Da análise comparativa das médias obtidas no período verificou que, na Região Norte, houve um incremento de 7% nos rendimentos observados, enquanto na Região Nordeste este valor foi de 44,2% provenientes, basicamente, da substituição das cultivares tradicionais pelas modernas.

Breseghello (1995) avaliou os ganhos genéticos para produtividade do arroz irrigado por inundação na Região Nordeste do Brasil, obtidos pelo melhoramento no período de 1984 a 1993. Obteve-se um ganho genético médio de aproximadamente 55 kg/ha/ano, estimado pelo método das médias ajustadas para ano, correspondendo a 0,77% da produtividade média dos ensaios do período. Constatou-se que a base genética das linhagens dos ensaios finais é semelhante à das cultivares recomendadas atualmente.

Para estimar a contribuição no potencial de rendimento, subsequente à introdução de cultivares de arroz semi-anãs na Colômbia, Cuevas-Perez et al. (1995) avaliaram cultivares de diferentes épocas em ambientes comuns. Os experimentos foram realizados com três grupos de cultivares, isto é, a cultivar de arroz de porte alto Bluebonnet 50 (testemunha) e 15 cultivares semi-anãs (2 introduzidas e 13 locais) lançadas na Colômbia de 1968 a 1989, em três ambientes

de cultivo nos anos 1992 e 1993, com irrigação plena e em condições de várzea úmida (com e sem controle de brusone). Rendimentos médios de grãos de cultivares semi-anãs introduzidas e locais foram semelhantes, mas as cultivares locais possuíam 10 a 15 cm a mais na altura. Deduziram que o melhoramento naquele país melhorou a adaptação do arroz semi-anão aos ambientes de várzea úmida.

Os programas estaduais de melhoramento de arroz, entre eles o do Espírito Santo, conduzem rotineiramente uma rede de ensaios de comparação de linhagens elite, visando à recomendação de novas cultivares. Se novos materiais com potencial genético, supostamente iguais ou superiores aos materiais tradicionais têm sido selecionados, resultando em cultivares melhoradas, é possível que a contribuição na produção total tenha sido efetiva com o melhoramento genético na cultura de arroz irrigado no Estado.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Origem dos Dados

Para realização deste trabalho, utilizaram-se os dados do programa estadual de pesquisa em melhoramento de arroz, executado pela Empresa Capixaba de Pesquisa Agropecuária - EMCAPA, com a participação do Centro Agropecuário da UFES - CAUFES, obtidos na rede de Ensaios Comparativos Avançados de arroz - ECA's (Ensaios Regionais), no sistema de irrigação por inundação, com controle da lâmina d'água, conduzidos nos municípios de Linhares, Alegre, Cachoeiro de Itapemirim, Barra de São Francisco, Domingos Martins, São Gabriel da Palha e Águia Branca, no período de 1983/84 a 1994/95. A relação e caracterização geográfica dos locais com o número respectivo de ensaios é mostrada na Tabela 1.

TABELA 1. Locais de condução no Estado do Espírito Santo, respectivas coordenadas geográficas, altitude e número de Ensaios Comparativos de Avaliação de genótipos de arroz, no período de 1983/84 a 1994/95.

Município	Região	Latitude	Longitude	Altitude(m)	N° de ensaios
Linhares	Litoral Norte	19°25'S	40°03'W	30	09
Alegre	Sul	20°45'S	41°28'W	242	09
Cachoeiro de Itapemirim	Sul	20°51'S	41°07'W	37	09
Barra de São Francisco	Noroeste	18°45'S	40°53'W	192	07
Domingos Martins	Central	20°22'S	40°39'W	950	02
São Gabriel da Palha	Noroeste	19°01'S	40°34'W	120	01
Águia Branca	Noroeste	18°59'S	40°45'W	180	01

3.2 Caracterização dos ensaios comparativos avançados

A metodologia utilizada nos ECA's de arroz irrigado por inundação é aquela recomendada pela Comissão Técnica Regional de Arroz (CT-Arroz), Região II, que envolve as instituições de pesquisa da referida Região (PR, SP, RJ, ES, BA, MG, GO, TO, MT e MS), sob coordenação do Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão - CNPAF, da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA.

No programa estadual de melhoramento de arroz do Espírito Santo, o número de genótipos avaliados por ensaio (ECA), no decorrer dos anos, varia de acordo com aquelas que se destacaram nos Ensaios Comparativos Preliminares (ECP's), conduzidos pela EMCAPA, considerando-se também, as informações dos ECP's conduzidos por outras instituições participantes da CT-Arroz, Região II. Os materiais nos ensaios são organizados num delineamento experimental de Blocos Casualizados completos, com geralmente três, porém, às vezes quatro repetições por local e número de tratamentos usualmente entre 12-20. A área total da parcela foi de 8,25 m^2 correspondendo às 6 fileiras de 5,5 metros de comprimento e espaçadas entre si de 0,25 metros. A área útil da parcela foi de 5,0 m^2 correspondente às 4 fileiras internas, eliminando-se 0,25 metros em cada extremidade.

A escolha das áreas e o preparo das sementes eram feitos, todos os anos, em agosto/setembro. Os tabuleiros foram sistematizados, arados, gradeados e nivelados de acordo com as recomendações técnicas, normalmente em setembro/outubro, antes da instalação dos ensaios. O plantio foi realizado na maioria das vezes, pelo método de transplantio, com 4-5 mudas por cova, espaçadas entre si de 0,25 m e, esporadicamente, por semeadura direta, utilizando-se a densidade de 100 sementes por metro linear, com espaçamento de 0,25 a 0,30m

entre os sulcos, normalmente em outubro/novembro de cada ano. As adubações foram efetuadas de acordo com os resultados das análises químicas do solo,predominando a utilização de 90-60-40 kg/ha de Nitrogênio (N), Fósforo (P) e Potássio (K), respectivamente. O P e o K foram distribuídos no sulco de plantio ou a lanço sobre a área da parcela antes do transplantio e o N, em duas aplicações, utilizando na primeira 1/3 da quantidade, aos 30 dias após a emergência ou aos 10 dias depois do transplantio, quando esse foi o sistema adotado, e 2/3 na segunda aplicação, aos 70 dias após a emergência ou na diferenciação do primórdio floral.

No início da cultura, no sistema de semeadura direta, após a emergência, procurou-se manter o solo saturado. A inundação da área foi iniciada aos 20 - 30 dias após a emergência, na semeadura direta, ou logo após o pegamento das mudas, no sistema de transplantio, aumentando-se gradativamente a lâmina de água até 0,10 m de altura, de acordo com o desenvolvimento da cultura. As plantas desenvolveram-se durante todo o seu ciclo em presença da submersão contínua, permanecendo nesta condição até a última parcela completar a maturação fisiológica, sendo que a água foi retirada a 10 dias antes da colheita.

As plantas daninhas foram controladas manualmente no início da cultura e, como estas não se tornam problemáticas após a presença da lâmina de água, não se fez controle químico com herbicida. A colheita do ensaio, normalmente realizada em março/abril de cada ano, procedeu-se quando os grãos adquiriram a coloração típica de maduros, com a umidade próxima a 20 a 22%. A área útil foi colhida em "bulk", os colmos juntados em feixes e secos e, posteriormente, debulhados para obtenção da semente pura.

3.3 Parâmetro avaliado

Os dados de produtividade de grãos - critério principal de seleção - foram utilizados como fonte para avaliar o progresso genético advindo da utilização de genótipos melhorados. Para dimensionar essa variável, determinpu-se o peso de grãos em gramas por parcela, após a correção da umidade de grãos para 13%, depois de expostos às mesmas condições de ventilação para retirada de grãos vazios e impurezas e à radiação solar, por um período de um a dois dias. Os valores obtidos foram transformados em quilos por hectare (kg/ha).

3.4 Análise Estatística

Os dados de cada ensaio foram organizados em arquivos, separado; após procedeu-se às análises dos mesmos individualmente, obtendo-se as médias de rendimento de grãos por linhagens e cultivares e os respectivos quadrados médios do resíduo (QM resíduo), utilizando-se softwares amplamente empregados em análises estatísticas para microcomputadores. Numa etapa posterior organizou-se as médias dos genótipos por ano e obteve-se, também, as médias anuais dos ensaios.

Para os ensaios individuais realizou-se a análise de variância (Tabela 2), utilizando o delineamento em blocos ao acaso, conforme o seguinte modelo estatístico, considerando fixo o efeito de materiais genéticos e aleatório os demais componentes:

$$Y_{ij} = \mu + G_i + R_j + \varepsilon_{ij} \text{ onde,}$$

Y_{ij} : valor observado do material genético i no bloco j;

μ : média geral do ensaio;

G_i : efeito do material genético i; i = 1, 2, 3, ..., g;

R_j : efeito do bloco j; j = 1, 2 ... r;

ε_{ij}: erro experimental; $\varepsilon_{ij} \sim NID\ (0, \sigma^2)$

TABELA 2. Decomposição dos componentes de variância para as análises individuais dos Ensaios Comparativos Avançados de arroz irrigado, conduzidos no Estado do Espírito Santo.

CV	GL	QM	E (QM)	F
Blocos	(r - 1)	Q_1	$\sigma^2 + g\sigma_B^2$	
Materiais genéticos	(g - 1)	Q_2	$\sigma^2 + r\phi_G$	Q_2/Q_3
Erro	(r - 1)(g - 1)	Q_3	σ^2	
Total	rg - 1	-	-	-

$$\phi_G = \sum_{i=1}^{g} G_i^2 \Big/ (g-1)$$

3.5 Avaliação do progresso genético

O progresso genético, referido aqui como ganho genético total (Ggt) durante o período analisado, bem como o Ganho genético médio anual (Ggm), foi estimado, no presente trabalho, através de três metodologias, quais sejam: o método proposto por Vencovsky et al. (1988), o método dos Quadrados Mínimos Ponderados (QMP) e um método alternativo, baseado no desempenho médio anual de testemunhas padrões ou comuns e materiais elite, obtendo-se o coeficiente de regressão linear através de médias ajustadas pela análise de covariância (variável dependente) em relação a anos (variável independente).

3.5.1 Método de Vencovsky et al. (1988)

Considerando o par de anos i e j, neste método, utiliza-se o processo estatístico que avalia o progresso genético, refletindo nas novas cultivares incluídas nos ensaios, eliminando-se os efeitos devido à variação do ambiente entre um ano e o seguinte, numa série de ensaios. No caso, é adotado um modelo linear do tipo:

$$\overline{Y}_i = m + \overline{g}_i + a_i + \overline{g}_i a_i + \overline{e}_i$$

onde:

$\overline{Y}_i$: média geral dos ensaios no ano i;

m : média geral;

$\overline{g}_i$: potencial genotípico médio de todos os materiais ensaiados no ano i;

a_i : o efeito do ano i, comum a todos os tratamentos;

$\overline{g}_i a_i$: a média das interações dos genótipos com o ano i;

$\overline{e}_i$: é o erro experimental associado à média $\overline{Y}_i$;

$\overline{Y}_i$ corresponde a $\overline{Y}_i = Y_{i.}/C_i$ onde

$\overline{Y}_i$: Média de todos os ensaios desenvolvidos no ano i;

$Y_{i.}$: Somatório dos médios de produtividade das cultivares no ano i;

C_i : Número de cultivares no ano i;

Para avaliar o componente $\overline{g}_i a_i$, procedeu-se à análise de variância conjunta obtendo-se a interação T × A, onde T corresponde a tratamentos (cultivares padrão e materiais

elite) e A, os doze anos em avaliação. Se esta interação é não significativa, os seguintes modelos lineares são assumidos, considerando-se o par de anos i e j, onde j = i + 1:

$$\overline{Y}_i = m + \overline{g}_i + a_i + \overline{e}_i$$

$$\overline{Y}_j = m + \overline{g}_j + a_j + \overline{e}_j$$

O desvio genético $\overline{g}_j$ - $\overline{g}_i$ observado num ano, em relação ao anterior, é objeto de interesse no caso. O seguinte contraste confunde as diferenças genotípicas com as do ambiente:

$$\overline{Y}_j - \overline{Y}_i = (\overline{g}_j - \overline{g}_i) + (a_j - a_i) + (\overline{e}_j - \overline{e}_i) \quad \textbf{(1)}$$

Isolando os tratamentos comuns (Cc) ao par de anos em estudo, obtém-se suas médias ($\overline{Y}c_{i,j}$), que serão utilizadas para a estimativa do efeito ano, da seguinte forma: $\overline{Y}c_{i,j} = Yc_{i,j.} / Cc_{i,j}$.

Procedendo da mesma forma anterior, tem-se:

$\overline{Y}c_{i,j} = m + \overline{g}c_{i,j} + a_i + \overline{e}_i$

$\overline{Y}c_{j,i} = m + \overline{g}c_{ji} + a_j + e_j$ onde:

$\overline{Y}c_{i,j}$: média, no ano i, das linhagens comuns aos anos i e j;

$\overline{Y}c_{j,i}$: média, no ano j, das linhagens comuns aos anos i e j.

Fazendo

$$\overline{Y}c_{j,i} - \overline{Y}c_{i,j} = (a_j - a_i) + (\overline{e}_j - \overline{e}_i) \qquad \textbf{(2)}$$

O Ganho genético (Gg) no par de anos i e j, portanto, é dado pela diferença entre os dois contrastes anteriores, ou seja,

$$Gg_{i,j} = \overline{Y}_j - \overline{Y}_i - (\overline{Y}c_{j,i} - \overline{Y}c_{i,j}) \qquad \textbf{(1) - (2)}$$

$$Gg_{i,j} = (\overline{g}_j - \overline{g}_i) + (\overline{e}_j - \overline{e}_i) - (\overline{e}_j - \overline{e}_i)$$

Portanto,

$Gg_{i,j} = \bar{g}_j - \bar{g}_i$, uma vez que os erros experimentais são aleatórios e assume-se que sejam $N(0, \sigma^2)$. Generalizando, obtém-se a expressão seguinte, que estima a modificação genotípica média ocorrida num determinado ano, advinda dos novos materiais incluídos, em comparação ao ano anterior:

$$Gg_{i,\,i+1} = \overline{Y}_{i+1} - \overline{Y}_i - \left(\overline{Y}c_{i+1,\,i} - \overline{Y}c_{i,\,i+1}\right)$$

Considerando um determinado período em estudo envolvendo a anos, pode-se estimar os ganhos genéticos em todos os sucessivos pares de anos, perfazendo um total de a - 1 pares de anos, e o progresso genético acumulado ou ganho genético total (Ggt) que, por hipótese, corresponde ao melhoramento genético dos materiais, é obtido pela expressão:

$$Ggt = \sum_{i=1}^{a-1} Gg_{i,\,i+1}, \quad \text{para } i = 1, 2, 3, \ldots, a-1$$

O ganho genético médio estimado (Ggm) no período de a anos, é obtido pela seguinte relação:

$$\hat{G}gm = Ggt\left[1/(a-1)\right]$$

3.5.2 Método dos quadrados mínimos ponderados (QMP)

O processo descrito anteriormente é referido como um meio para "estimação direta" do ganho genético médio num determinado período analisado, levando-se em consideração as médias anuais e médias de tratamentos comuns aos pares de anos. No entanto, cada observação $Gg_{i,\,i+1}$ possui um nível de precisão próprio, de modo que os diversos ganhos

genéticos obtidos nos sucessivos pares de anos devem, portanto, contribuir com magnitudes diferentes para a estimação de $\hat{G}$ gt e de $\hat{G}$ gm. Deve-se ainda considerar que, quando se analisam as observações $Gg_{i,\ i+1}$ e $Gg_{i+1,\ i+2}$, a média do ano i+1 será comum a ambos pares de anos em estudo. Desta forma, verifica-se uma correlação das observações e, portanto, os erros associados às várias observações $Gg_{i,\ i+1}$ são, não independentes, ocorrendo a heterocedastia, uma vez que a variância do erro não é constante (Hoffmann e Vieira, 1987). Nesse caso, as estimativas dos ganhos genéticos pelo método dos quadrados mínimos ponderados é mais conveniente que pelo método direto, sendo que o fator de ponderação deve ser inversamente proporcional à variância, ou seja, deve-se dar peso maior às observações de menor variância.

Na aplicação deste método, cada valor observado, ou seja, o ganho genético obtido pela expressão de Vencovsky et al. (1988), é ponderado pelo inverso do seu desvio - padrão levando-se em consideração a covariação existente entre os ganhos dos pares de anos sucessivos, em função da existência de tratamentos comuns. Para estimação do ganho genético médio no período de a anos utilizou-se a fórmula das equações normais derivada pelo método dos mínimos quadrados generalizados, Hoffmann e Vieira (1987), ou seja, $X'V^{-1}\ X\ B = X'V^{-1}\ Y$, de onde se obtêm:

$$\hat{B} = \left(\underset{\sim}{X}'V^{-1}\underset{\sim}{X}\right)^{-1}\left(\underset{\sim}{X}'V^{-1}\underset{\sim}{Y}\right) \quad \text{em que,}$$

B : vetor de dimensão 1 x 1 correspondente ao $\hat{G}$ gm procurado

$\underset{\sim}{X}$: vetor coluna de coeficientes (1's) com a - 1 linhas, como a seguir

$$X = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ \vdots \\ 1 \end{bmatrix}$$

V : Matriz de covariância dos ganhos genéticos observados para pares de anos, de dimensão a - 1 por a - 1, conforme Morais e Abbud (1993), com a seguinte estrutura:

$$\hat{COV}\left(Gg_i\ Gg_{i+1}\right)=\begin{bmatrix} \hat{V}\left(Gg_{1,2}\right) & \hat{COV}\left(Gg_{1,2},\ Gg_{2,3}\right) & 0 & \cdots & 0 \\ \hat{COV}\left(Gg_{1,2},\ Gg_{2,3}\right) & \hat{V}\left(Gg_{2,3}\right) & \hat{COV}\left(Gg_{2,3}\ Gg_{3,4}\right) & \cdots & 0 \\ 0 & \hat{COV}\left(Gg_{2,3}\ Gg_{3,4}\right) & \hat{V}\left(Gg_{3,4}\right) & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & \hat{V}\left(Gg_{a-1,a}\right) \end{bmatrix}$$

A matriz V é uma matriz simétrica, pois, os elementos a_{ij} situados na interseção da i - ésima linha e j - ésima coluna são iguais aos elementos a_{ji} ($a_{12} = a_{21}$; $a_{23} = a_{32}$, $a_{34} = a_{43}$ ... $a_{ij} = a_{ji}$) próximas à diagonal principal (Steel e Torrie, 1980), e os elementos com valores numéricos igual a zero encontrados nas demais posições está em função de que a covariância entre ganhos observados para pares de anos em que não há ano comum é sempre nula.

$\underset{\sim}{Y}$: vetor coluna contendo os valores dos ganhos genéticos obtidos pelo método de Vencovsky et al. (1988), definido como

$$\underset{\sim}{Y} = \begin{bmatrix} Gg_{12} \\ Gg_{23} \\ Gg_{34} \\ \vdots \\ Gg_{a-1,a} \end{bmatrix}$$

Na obtenção da matriz V, as expressões utilizadas para estimar o valor da variância de $Gg_{i,i+1}$ e da covariância entre os ganhos dos pares de anos i, i+1 e i+1, i+2 são descritos a seguir:

$$\hat{V}\left(Gg_{i,i+1}\right)=\left(\frac{1}{n_{i,i+1}}-\frac{1}{n_i}\right)\sigma^2_{e_i}+\left(\frac{1}{n_{i+1,i}}-\frac{1}{n_{i+1}}\right)\sigma^2_{e_{i+1}} \quad \text{, onde}$$

$n_{i,\ i+1}$ = número de observações, no ano i, das linhagens comuns aos anos i e i+1. Número de observações comuns é igual ao número de linhagens comuns x número de repetições por ensaio x número de locais (ensaios);

n_i = número de observações para o ano i (número de linhagens avaliadas x número de repetições por ensaio x número de locais;

$n_{i+1,i}$ = número de observações, no ano i+1, das linhagens comuns aos anos i e i+1;

n_{i+1} = número de observações para o ano i+1;

$\sigma^2_{e_i}$ = Quadrado Médio do Resíduo da análise de variância conjunta dos ensaios, no ano i.

$\sigma^2_{e_{i+1}}$ = Quadrado Médio do Resíduo da análise de variância conjunta dos ensaios, no ano i + 1.

$$\text{CÔV}\left(Gg_{i,i+1}, Gg_{i+1,i+2}\right)=\left(\frac{1}{n_{i+1}}-\frac{n_{i,i+1,i+2}}{n_{i+1,i}\cdot n_{i+1,i+2}}\right)\sigma^2_{e_{i+1}} \quad \text{, onde}$$

$n_{i,\ i+1,\ i+2}$ = número de observações, no ano intermediário i+1, das linhagens comuns aos três anos: i,i+1 e i+2.

$n_{i+1,i+2}$ = número de observações no ano i+1, das linhagens comuns ao par de anos i+1 e i+2.

A análise de variância conjunta, envolvendo os materiais genéticos e os ensaios, num determinado ano, foi realizada segundo o seguinte modelo estatístico, considerando fixo o efeito de materiais genético e aleatório os demais componentes:

$$Y_{ilj} = \mu + G_i + E_l + (GE)_{il} + R_{j(l)} + \varepsilon_{ilj} \qquad \text{onde,}$$

Y_{ilj} : valor observado do material genético i no ensaio l no bloco j;

μ : média geral dos ensaios;

G_i : efeito do material genético i; i = 1, 2, ..., g;

E_l : efeito do ensaio l, l = 1, 2, ..., e;

$(GE)_{il}$: efeito da interação do material genético i com o ensaio l;

$R_{j(l)}$: efeito do bloco j dentro do ensaio l;

ε_{ilj} : erro experimental médio; $\varepsilon_{ilj} \sim NID\ (0, \sigma^2)$.

Para se avaliar a precisão da estimativa de ganho genético, obteve-se variância de $\hat{G}gm$ dada pela expressão $\hat{V}(B) = \left(\underset{\sim}{X}' V^{-1} \underset{\sim}{X}\right)^{-1}$. A raiz quadrada da variância de $\hat{G}gm$ fornece o desvio padrão do ganho genético médio estimado.

Para obtenção da estimativa do ganho genético médio ponderado, utilizou-se o programa de computador denominado QMP, desenvolvido originalmente por Cruz[1] e utilizado por Rodrigues (1990), para estimar o ganho genético por local. Morais e Abbud (1993), apresentaram uma nova versão do QMP com modificações importantes, visando a dar subsídios aos programas estaduais de melhoramento de arroz no Brasil. Esta nova versão foi utilizada aqui para análise dos dados objetivando avaliação do progresso genético.

O ganho genético total no período foi obtido por $\hat{G}gt = (a-1)\hat{G}gm$. À semelhança de Abbud (1991), procurou-se utilizar, no presente trabalho, o cálculo do ganho genético médio

---

[1] Prof. Dr. Cosme Damião Cruz, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG.

percentual em relação a uma média base ou de referência ($\overline{Y}_r$) para que esta estimativa não fosse muito influenciada pelo efeito da média do ano inicial, geralmente usado como base de cálculo dos ganhos relativos. Assim

$$Ggm\ (\%) = \frac{Ggm}{\overline{Y}_r} \cdot 100 \quad \text{onde}$$

$\overline{Y}_r$: média aritmética das médias do período em estudo, considerando-se o "efeito do ano".

Em função dos fatores relevo e características do solo no estado, onde predomina grandes áreas de baixadas, de topografia plana a ligeiramente ondulada, de solos classificados como Latossolo Vermelho Amarelo, predominantemente orgânicos na região ao norte do Rio Doce e áreas com grande variação de altitude, com predominância de relevo montanhoso, topografia acidentada e presença de pequenas várzeas de solo Aluviais e Hidromórficos Eutróficos e Distróficos ao Sul (EMBRAPA, 1978; Dadalto, Barbosa e Sartori, 1992), para efeito deste trabalho, separaram-se os ensaios em duas regiões, aqui convencionadas como Região I (Linhares, Barra de São Francisco, Águia Branca e São Gabriel da Palha) e Região II (Alegre, Cachoeiro de Itapemirim e Domingos Martins), respectivamente, com a finalidade de se conhecer os ganhos genéticos nestas, utilizando as metodologias de Vencovsky et al. (1988) e dos Quadrados Mínimos Ponderados (QMP), anteriormente descritas.

3.5.3 Método da regressão das médias ajustadas

Os programas estaduais de melhoramento de arroz definem para os ensaios, após as reuniões técnicas da CTArroz, em agosto de cada ano, determinado número de genótipos, de

modo que, a cada ano, materiais potencialmente superiores geneticamente são incluídos nos ensaios e outros são eliminados. Considerando o ano i e o ano i + 1, a taxa de substituição mede a proporção de genótipos novos incluídos no ano i + 1, nos ensaios, em relação ao ano i. Assim, considerando um determinado ano, a taxa ou percentagem de substituição de tratamentos mede a relação entre a média do número de tratamentos novos e a média do número de tratamentos totais multiplicado por cem. A taxa de substituição de tratamentos reflete, de certa maneira, o dinamismo dos programas de melhoramento das instituições, pois, teoricamente, com o passar dos anos os melhoristas incluem nos ensaios, linhagens supostamente melhores em termos de produção e/ou com características agronômicas superiores aos materiais antigos.

O destino de um material incluído no ensaio no ano i é ser selecionado para uma nova avaliação no i + 1 seguinte ou ser descartado, de modo que o processo é dinâmico. Portanto, esses ensaios são caracterizados pela presença, anualmente, de materiais elite, normalmente linhagens desenvolvidas pelas instituições de pesquisas e testemunhas comuns, aqui denominadas cultivares padrão.

O ganho genético por esse método foi estimado a partir da obtenção do coeficiente de regressão linear, considerando o desempenho dos materiais elite não comuns incluídos nos ensaios de cada ano, em relação ao desempenho médio das cultivares padrão ou comuns Aliança, Franciscano e Inca, que participaram de todos os ensaios no período. Para efeito deste estudo, a produtividade média de grãos ajustada dos materiais elite nos locais foi utilizada como variável dependente e os doze anos agrícolas desde 1983/84 como variável independente. Para proceder ao ajustamento das médias utilizou-se a análise de covariância, segundo os procedimentos de Steel e Torrie (1980), considerando a produtividade média das cultivares padrão como covariável, visando a aumentar a precisão do ajuste e auxiliar na estimação da variação ambiental. Para

estimar as médias ajustadas, utilizou-se o procedimento GLM (General Linear Models Procedure) do software estatístico "The SAS System" (SAS Institute Inc., 1985).

A regressão foi estimada para a média ajustada conforme a expressão seguinte:

$$\hat{b}_{me} = \frac{\sum_j (Ye_j - \overline{Y}e)(a_j - \bar{a})}{\sum_j (a_j - \bar{a})^2} \quad \text{para } j = 1, 2, 3, ..., 12$$

onde:

$\hat{b}_{me}$: a estimativa do coeficiente de regressão linear das médias ajustadas dos materiais elite, em função dos anos;

Ye_j : valor da produtividade média de grãos dos materiais elite ajustada no ano j;

$\overline{Y}e$: valor médio da produtividade de grãos dos materiais elite;

a_j : valor do ano j;

$\bar{a}$: valor médio dos anos.

O ganho genético médio anual (Ggm) é fornecido pelo valor de $\hat{b}_{me}$ que reflete a estimativa da alteração genotípica. O progresso genético acumulado no período ou ganho genético total (Ggt) nos a anos é fornecido por $\hat{G}gt = \hat{b}_{me}(a - 1)$.

As características principais das cultivares Inca, Franciscano e Aliança, pertencentes ao tipo moderno, de porte baixo, testemunhas durante todo o período do estudo e lançadas e/ou recomendadas para o Espírito Santo pela EMCAPA, são apresentadas a seguir:

- Inca:

Originada do cruzamento triplo 'Cica 4'//IR 665-23-3-1/'Tetep', obtido pelo CIAT/ICA - Colômbia, de onde foi introduzida no Brasil em 1977 pela EPAMIG, com a denominação de linha 4440. Possui altura em torno de 90 cm, resistência ao acamamento, folhas

eretas, pubescentes com a folha bandeira ereta acima da panícula na maturação. Apresenta bom vigor inicial e bom perfilhamento. Os grãos são múticos (sem arista), longo-finos e vítreos. O ciclo da emergência a 90% de maturação é de 130-140 dias para plantios na época recomendada (EMCAPA, 198-b).

- Franciscano:

Oriunda do programa do CIAT - Colômbia, é resultante do cruzamento triplo 'Cica 7'//Linhagem 4440/'Pelita 1/1'. Foi introduzida pelo CNPAF/EMBRAPA onde recebeu a denominação de linhagem GA 3914. Apresenta altura média de 92cm, ciclo de 135 a 145 dias, bom vigor inicial, colmo forte e com boa tolerância ao acamamento, folhas eretas e pubescentes. Os grãos normalmente são múticos e com degranação normal (EMCAPA, 1988).

- Aliança:

Também originada do programa do CIAT - Colômbia, é resultante do cruzamento triplo P4440//BG 90-2/'Tetep'. Foi registrada no Banco Ativo de Germoplasma do CNPAF como CNA 3886. Sua altura média é de 90 cm com bom índice de perfilhamento. É de ciclo semi tardio, florescendo ao redor de 115 dias após a emergência e pode ser colhida aos 140 - 145 dias. Os grãos são longos e finos, músticos, apresentando, às vezes, microaristas (EMCAPA, 1992).

4 RESULTADOS

4.1 Comportamento dos materiais genéticos nos ensaios

As médias anuais de produtividade de grãos dos Ensaios Comparativos Avançados de genótipos de arroz, número de materiais genéticos avaliados, número de locais e amplitude de produtividade média de arroz para todo o Estado do Espírito Santo, estão apresentados na Tabela 3. As médias anuais de produtividade mostraram uma variação de 5.012 a 6.988 kg/ha no período de 1983/84 a 1994/95, sendo que as oscilações podem ser observadas através dos anos (Figura 4). A caracterização dos ensaios individuais a nível de ano e para todo o período, com os respectivos quadrados médios do resíduo, obtidos em cada análise de variância é mostrada na Tabela 1A. Os ensaios foram conduzidos num total de sete locais durante todo o período, sendo que nos municípios de Linhares, Alegre e Cachoeiro de Itapemirim foram conduzidos um maior número destes. A precisão dos ensaios individuais foi relativamente boa, com estimativa do coeficiente de variação experimental variando de 6,00% a 28,63%, com uma média de 13,94%.

Nos ensaios, conduzidos no período de 1983/84 a 1994/95, foram avaliados 81 materiais genéticos, sendo que as cultivares Inca, Franciscano e Aliança foram comuns durante todo o período. Verificou-se uma regularidade no ingresso de materiais novos nos ensaios em número de 6,09 por ano, em média. Este número foi obtido pela diferença do número total de

TABELA 3. Médias anuais de produtividade de grãos, número de materiais genéticos, número de locais e amplitude de produtividade média de arroz nos Ensaios Comparativos Avançados, conduzidos no período de 1983/84 a 1994/95, no Estado do Espírito Santo.

Cultivares e Linhagens	Ano Agrícola											
	83/84	84/85	85/86	86/87	87/88	88/89	89/90	90/91	91/92	92/93	93/94	94/95
	kg/ha											
01. IR 841-63-5- L-9-33	4177,0	5738,5	6770,0	5798,0								
02. RJ 001	5411,5											
03. MG 50	4174,0											
04. IET 1785	5120,0											
05. GA 3454	4897,5											
06. GA 3465	4733,0											
07. GA 3739	5231,0											
08. GA 3875	4385,5	4895,6										
09. GA 3877	4934,0	5514,0										
10. GA 3880	5901,0	6567,2	7474,0									
11. GA 3885	4986,0	7106,8	7237,7	6015,5								
12. Aliança	5368,0	7187,5	7528,3	6127,8	7404,2	6094,3	6930,7	6191,0	6212,2	5220,0	4747,7	5135,5
13. Franciscano	5547,0	5824,8	7692,0	5940,0	6763,5	6407,3	6652,3	6134,3	6437,2	5940,3	4501,0	6021,0
14. GA 3916	5305,5	5345,0	7470,7									
15. IR 661		5719,2										
16. Inca		7338,5	7670,3	5764,5	7224,0	5179,7	5510,7	5596,7	6002,5	6160,3	4965,0	5551,5
17. GA 3848		5389,2										
18. GA 3891		7309,2	7491,0	5883,0								
19. GA 3814		6332,5	7651,3	6040,5		6864,7	6589,3	5541,0		5734,0		
20. GA 3887		6978,5	7555,3	5765,5								
21. GA 3831		6286,8										
22. GA 3966		4973,2	4893,3									
23. CNA 5189			7357,0	5766,2	6705,8	6263,7	5768,0	5580,0	5808,2			
24. CNA 3479			6868,7									
25. CNA 4892			7382,3	5518,8								
26. CNA 5194			6958,0									
27. CNA 796019			6008,7									
28. BR-IRGA 410			5355,7									
29. Cica 9			6426,7	5243,5								
30. MG 1				4772,8								
31. CNA 5124				5741,5								
32. MG 2				5392,5								
33. CNA 3771				5750,2								
34. CNA 3815				5273,8								
35. RJ 10				5549,2								
36. GA 3882				6184,0	6881,0	6263,0	6711,0	5191,0				
37. GA 4968				5660,8								
38. GA 3472					7312,2	5470,3	6647,7					
39. GA 3461					7099,0	5521,3	7154,0					
40. GA 4492					6560,0							
41. GA 5213					5930,5							
42. CNA 5508					7476,5	6007,3	6714,3	6032,7	5874,5			

TABELA 3. Continuação ...

Cultivares e Linhagens	Ano Agrícola											
	83/84	84/85	85/86	86/87	87/88	88/89	89/90	90/91	91/92	92/93	93/94	94/95
	kg/ha											
43. CNA 5557					6606,0	4565,0						
44. CNA 5554					6749,8	5633,0	7132,0	5594,3				
45. CNA 5555					8108,2	6679,3	5217,3	6825,7				
46. CNA 5544					6834,0							
47. GA 3888					6689,2							
48. GA 3486					5332,8							
49. CNA 6094						6070,0	6500,7					
50. CNA 6089						6547,7	7776,3	5998,0	6537,0			
51. CNA 5731						5294,0						
52. CNA 6100						6172,0	7048,3	6140,3				
53. CNA 6088						5831,3	7423,3					
54. CNA 5505						5045,7						
55. CNA 5496						4719,0						
56. CNA 5696						7318,7	6458,7	6927,3	6580,2			
57. CNA 6750								5715,0				
58. CNA 6793								5812,7				
59. MG 441								6080,3				
60. CNA 3461								6166,7				
61. CNA 7222									6037,0			
62. CNA 7203									5880,5			
63. CNA 7263									6209,8			
64. CNA 7264									6215,2			
65. BR-IRGA 409										5766,3		
66. CNA 7548										5620,7		
67. CNA 7543										5915,0	4164,7	
68. CNA 7162										5728,7		
69. CNA 7531										5862,0	5477,0	5728,5
70. CNA 7193										4244,7		
71. IAC 1278											6125,3	6105,0
72. PR 37											5844,0	5070,5
73. IAC 1307											6041,3	
74. CNA 7821											5688,7	
75. IAC 1316											6428,3	6513,0
76. EEBN 4											4839,3	4030,0
77. EEBN 7											4937,7	
78. CNA 7940												4761,0
79. CNA 8041												4972,0
80. CNA 7967												3870,0
81. PR 333												4692,5
Média	5012,2	6156,6	6988,4	5694,1	6854,8	5897,4	6639,7	5970,4	6163,1	5619,2	5313,3	5204,2
Nº materiais genéticos	14	16	18	19	16	20	16	16	11	10	12	12
Nº repetições	3	3	3	3	3	3	3	3	3 e 4*	4	4	4
Nº ambientes	2	4	3	4	4	3	3	3	4	3	3	2
Maior produtividade	5901,0	7338,5	7692,0	6184,0	8108,2	7318,7	7776,3	6927,3	6580,2	6160,3	6428,3	6513,0
Menor produtividade	4174,0	4895,6	4893,3	4772,8	5332,8	4565,0	5217,3	5191,0	5808,2	4244,7	4164,7	3870,0

* 2 ensaios com 4 repetições e 2 ensaios com 3 repetições

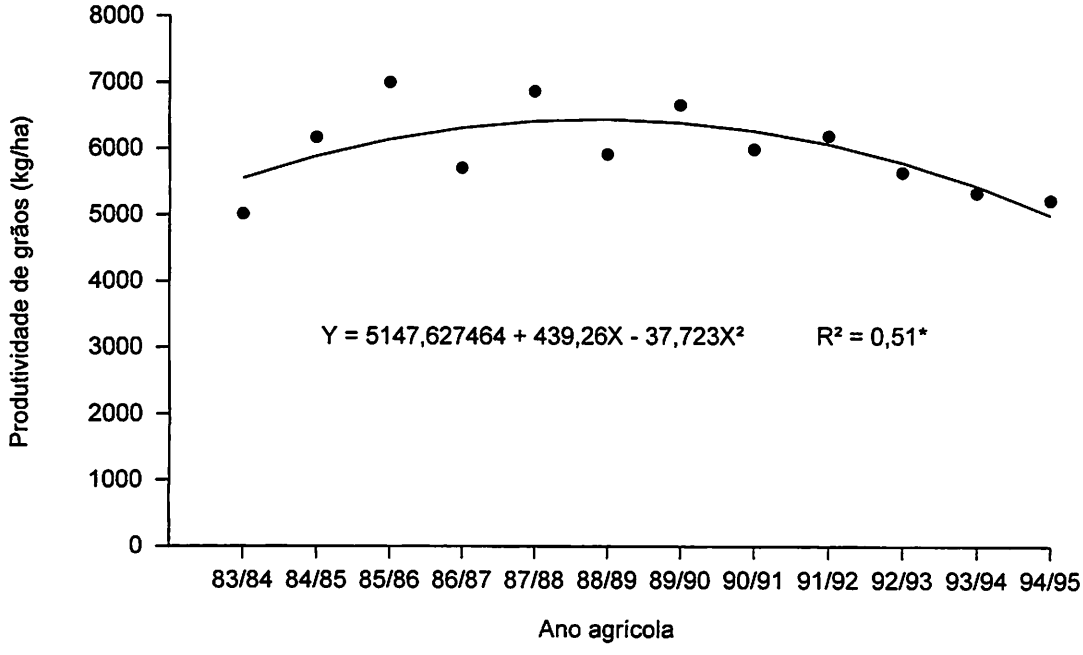

FIGURA 4. Equação de regressão da produtividade média de grãos de materiais genéticos de arroz, obtida nos Ensaios Comparativos Avançados, em função dos anos agrícolas, para o período de 1983/84 a 1994/95, no Estado do Espírito Santo.

materiais avaliados (81) e os 14 presentes nos ensaios do ano inicial, com posterior divisão pelos onze anos subsequentes. Uma vez que a participação anual média de materiais genéticos nos ensaios foi de 15 (Tabela 3), constatou-se uma taxa de substituição média de 40,6% ao ano.

4.2 Ganho genético estimado pelo método de Vencovsky et al. (1988)

A análise de variância conjunta envolvendo Tratamentos (cultivares padrão e materiais elite) e Anos, proveniente de totais de tratamentos, onde ensaios por ano foram considerados repetições, conforme procedimento de Cochran e Cox (1978), está apresentada na Tabela 4. A interação Tratamento × Ano foi não significativa, indicando que as cultivares padrão e materiais elite comportaram-se semelhantemente nos 12 anos de avaliação frente às mudanças

ambientais. Em função da não significância dessa interação, o modelo linear simplificado foi adotado para o cálculo do ganho genético, sem maiores consequências.

TABELA 4. Análise de variância conjunta, envolvendo Tratamentos (cultivares padrão e materiais elite) e Anos, utilizando-se totais de tratamentos, obtidos nos Ensaios Comparativos Avançados, para o período de 1983/84 a 1994/95, no Estado do Espírito Santo.

FV	GL	SQ	QM	F
Ano (A)	11	29.318.047,0	2.665.277,0	
Tratamento (T)	1	759.559,0	759.559,0	2,38[1/ ns]
T × A	11	3.373.544,0	306.685,8	1,99 [ns]
Erro médio	(26)	—	154.134,9	
Total	75	33.451.150,0		

[1/] Após ajuste F' ns = Teste F não significativo

O número de tratamentos, a média geral dos ensaios, a média de tratamentos comuns e outras informações necessárias à obtenção das estimativas de ganho genético total e ganho genético médio anual pelo método de Vencovsky et al. (1988) são apresentados na Tabela 5. O número de tratamentos comuns variou de 03 a 16 com uma média de 9, para qualquer par de ano consecutivo e, em relação a uma participação anual média de 15 materiais, isso corresponde a uma média de 60%, evidenciando uma boa precisão na obtenção de estimativa do efeito ambiental. Os dados de 1983/84 a 1994/95 permitiram obter 11 estimativas de ganho genético, sendo que o valor mais alto foi observado no par de anos 1992/93 e 1993/94 (742,5 kg/ha). Até o ano agrícola 1989/90 ocorreu um aumento do potencial produtivo dos materiais e, a partir daí, verificou-se uma oscilação nos ganhos genéticos que foram ora negativos, ora positivos. Por esse método, o ganho genético total foi de 1508,90 kg/ha,

proporcionando um ganho médio anual de 137,17 kg/ha/ano, no período em estudo, com um desvio padrão de 269,50.

TABELA 5. Número de tratamentos, média geral dos ensaios ($\overline{Y}_i$) e média dos tratamentos comuns ($\overline{Y}_{c_i}$) em cada par de anos i e i + 1, utilizados na estimativa do ganho genético pelo método de Vencovsky et al. (1998), para o período de 1983/84 a 1994/95, no Estado do Espírito Santo.

Ano Agrícola	Número Tratamentos		$\overline{Y}_i$	$\overline{Y}_{c_i}$	$\overline{Y}_{i+1} - \overline{Y}_i$	$(\overline{Y}_{c_{i+1,i}} - \overline{Y}_{c_{i,i+1}})$	$G_{g_{i,i+1}}$
	Total	Comuns					
	kg/ha						
1983/84	14		5012,2	5075,5			
1984/85	16	08	6156,6	6022,4	+ 1144,4	(+ 946,9)	197,50
1984/85	16		6156,6	6427,4			
1985/86	18	11	6988,4	7221,3	+ 831,8	(+ 793,9)	37,90
1985/86	18		6988,4	7342,0			
1986/87	19	11	5694,1	5805,8	- 1294,3	(- 1536,2)	241,90
1986/87	19		5694,1	5956,5			
1987/88	16	05	6854,8	6995,7	+ 1160,7	(+ 1039,2)	121,50
1987/88	16		6854,8	7120,9			
1988/89	20	11	5897,4	5825,8	- 957,4	(- 1295,1)	337,70
1988/89	20		5897,4	6145,2			
1989/90	16	16	6639,7	6639,7	+ 742,3	(+ 494,5)	247,80
1989/90	16		6639,7	6542,4			
1990/91	16	12	5970,4	5979,4	- 669,3	(- 563,01)	- 106,30
1990/91	16		5970,4	6065,7			
1991/92	11	07	6163,1	6207,4	+ 192,7	(+ 141,7)	51,00
1991/92	11		6163,1	6217,3			
1992/93	10	03	5619,2	5773,5	- 543,9	(- 443,8)	- 100,10
1992/93	10		5619,2	5819,5			
1993/94	12	05	5313,3	4771,1	- 305,9	(- 1048,4)	742,50
1993/94	12		5313,3	5366,0			
1994/95	12	08	5204,2	5519,4	- 109,1	(+ 153,4)	- 262,50
Ganho genético total (kg/ha)							1508,90
Ganho genético médio anual (kg/ha/ano)							137,17

4.3 Ganho genético estimado pelo método do QMP

Para estimar o ganho genético médio anual pelo método dos quadrados mínimos ponderados (QMP) foi necessário estruturar um conjunto de informações para auxiliar a entrada dos dados no programa do computador, numa sequência lógica (Tabela 6). O total de observações utilizadas foi de 1840, com uma variação de 84 observações no ano agrícola 1983/84 até 228 observações no ano agrícola 1986/87. Os quadrados médios residuais anuais variaram de 387998,70 (1994/95) a 1491665,48 (1988/89), evidenciando uma diferença na contribuição desses valores para os ganhos genéticos anuais. Todavia, o quociente de 3,84 entre o maior e o menor valor indica que há uma razoável homogeneidade de variância. As análises de variância conjunta dos ensaios por ano e para todo o período, encontram-se na Tabela 2A.

Das informações anteriormente obtidas, resultaram as estimativas de parâmetros genéticos pelo método QMP, mostradas na Tabela 7. O ganho genético médio anual ponderado foi de 137,06 kg/ha/ano correspondendo a um ganho genético médio percentual no período de 2,68%, em relação à média de referência, para o Estado do Espírito Santo. A precisão desse ganho pode ser avaliada pelo baixo desvio padrão obtido (19,27). O método de Vencovsky et al. (1988), não ponderado, como relatado anteriormente, indicou uma estimativa de ganho genético médio de 137,17 kg/ha/ano, valor praticamente similar ao método do QMP; no entanto, o Desvio Padrão foi muito superior (D.P.=269,50), evidenciando a melhor precisão pelo método do QMP (D.P.=19,27). A matriz de covariância dos ganhos genéticos observados por este método está apresentada na Tabela 3A.

TABELA 6. Número de observações no ano e para pares de anos sucessivos, em função da existência de tratamentos comuns, e quadrado médio do resíduo utilizado na estimativa do ganho genético pelo método QMP, para o período de 1983/84 a 1994/95, no Estado do Espírito Santo.

Ano Agrícola	n_i	$n_{i,\ i+1}$	$n_{i+1,\ i}$	$n_{i,\ i+1,\ i+2}$	QM Resíduo
1. 1983/84	84	48	-	-	597.866,25
2. 1984/85	192	132	96	72	729.614,98
3. 1985/86	162	99	99	72	519.975,42
4. 1986/87	228	60	132	48	631.228,40
5. 1987/88	192	132	60	60	568.726,44
6. 1988/89	180	144	99	90	1.491.665,48
7. 1989/90	144	108	144	108	1.465.328,02
8. 1990/91	144	63	108	63	613.392,95
9. 1991/92	154	42	98	42	829.647,24
10. 1992/93	120	60	36	36	656.745,56
11. 1993/94	144	96	60	48	616.612,00
12. 1994/95	96	-	64	-	387.998,70

n_i = número de observações para o ano i (número de linhagens avaliadas × número de repetições por ensaio × número de locais);

$n_{i,\ i+1}$ = número de observações, no ano i, das linhagens comuns aos anos i e i+1. Número de observações comuns é igual ao número de linhagens comuns × número de repetições por ensaio × número de locais (ensaios);

$n_{i+1,\ i}$ = número de observações, no ano i+1, das linhagens comuns aos anos i e i+1;

$n_{i,\ i+1,\ i+2}$ = número de observações, no ano intermediário i + 1, das linhagens comuns aos três anos: i, i + 1 e i + 2.

TABELA 7. Estimativas dos parâmetros genéticos obtidos pelo método dos Quadrados Mínimos Ponderados (QMP), Ganhos genéticos totais (Ggt), ganhos genéticos percentuais em relação à média de referência e estimativas obtidas pelo método de Vencovsky et al. (1988), no período de 1983/84 a 1994/95 para o Estado do Espírito Santo.

• **Método do QMP**	
Média geral dos ensaios (kg/ha)	5959,45
Número de ensaios	38
Número total de observações	1840
Número médio de genótipos por ano	15
Média das maiores produtividades anuais (kg/ha)	6910,65
Média das menores produtividades anuais (kg/ha)	4760,78
Ganho genético médio ($\hat{G}gm$) (kg/ha/ano)	137,06
Soma de quadrados dos desvios (SQD)	98,17
Variância do Ggm	371,30
Desvio padrão do Ggm	19,27
Ganho genético total (Ggt) no período (kg/ha)	1507,66
Média de referência (kg/ha)	5113,95
Ggm percentual no período (%)	2,68
• **Método de Vencovsky et al. (1988) (Método Direto)**	
Ganho genético médio ($\hat{G}gm$) (kg/ha/ano)	137,17
Soma de quadrados dos desvios (SQD)	726319,90
Desvio padrão do $\hat{G}gm$	269,50
Ganho genético total (Ggt) no período (kg/ha)	1508,87
Número médio de tratamentos comuns	09
Ggm percentual no período (%)	2,68

4.4 Ganho genético estimado pelo método de regressão das médias ajustadas

A variação das médias anuais no período de 1983/84 a 1994/95 (Tabela 3) pode ser atribuída a mudanças no manejo, a diferenças genéticas e a alterações climáticas. Como na cultura do arroz irrigado o fator climático umidade não é limitante, é possível que outros fatores tenham contribuído para a variação entre os anos, como a temperatura, a nebulosidade, entre outros. Para determinar a contribuição genética é necessário obter uma estimativa aproximada da

contribuição ambiental, ou seja, devido ao manejo e alterações climáticas. Uma alternativa utilizada para avaliar estes efeitos, tem sido examinar o comportamento da produtividade para uma ou mais cultivares padrão ou comuns, no decorrer dos anos.

Nesse aspecto, com relação ao método de estimar ganho genético pela análise de regressão, obtiveram-se inicialmente, as médias de produtividade de grãos das cultivares padrão e dos materiais elite nos ambientes, no período de condução dos ensaios (Tabela 8). O ganho genético foi estimado, levando-se em consideração as médias ajustadas dos materiais elite (variável dependente), usando a produtividade das cultivares padrão, comuns no período, como covariável, em função dos anos agrícolas. Valores observados e equação de regressão linear para as médias ajustadas são mostradas na Figura 5. Com o ajustamento das médias, a estimativa da declividade para o modelo de regressão linear aplicada mostrou uma tendência de aumento na produtividade média no decorrer do período. A contribuição genética estimada para a produtividade dos materiais genéticos no período, fornecido pelo coeficiente de regressão, indicou um ganho de 50,06 kg/ha/ano ($R^2 = 0,23^{ns}$). Com o ajuste, a variação na produção das cultivares padrão, tomada como uma medida das alterações ambientais no período, é quantificada e eficientemente separada da variação decorrente de alterações genéticas. Este ganho genético médio anual corresponde a 0,98% da média de referência.

Nos programas de melhoramento existe uma preocupação normal dos melhoristas que é ter uma fonte de referência para comparar as novas linhagens obtidas. Para identificação daquelas melhores, comparam-se os novos materiais com testemunhas comuns, normalmente materiais cultivados comercialmente na região, numa rede de ensaios, no maior número possível de ambientes. Nesse aspecto, para verificar o comportamento dos materiais elite e cultivares padrão ao longo dos anos, obteve-se o contraste os mesmos, expressos como percentagem da

TABELA 8. Médias de produtividade de grãos das cultivares padrão (CP) e dos materiais elite (ME) em cada ambiente, obtidas nos Ensaios Comparativos Avançados, para o período de 1983/84 a 1994/95, no Estado do Espírito Santo.

Ano Agrícola	Ambientes								Média anual	
	CP	ME	CP	ME	CP	ME	CP	ME	CP	ME
	kg/ha									
1983/84	4359,5	4171,1	6555,5	5704,9					5457,5	4938,0
1984/85	4395,7	4445,6	7858,0	7044,2	6214,7	5127,8	8666,0	7430,4	6783,6	6012,0
1985/86	4880,0	4617,5	9599,0	8692,3	8411,7	7270,3			7630,2	6860,0
1986/87	5393,0	5335,8	5597,7	5841,2	7549,3	6564,7	5236,3	4847,2	5944,1	5647,2
1987/88	6666,7	6807,9	6933,3	6475,4	6882,0	6342,6	8040,3	7538,7	7130,6	6791,2
1988/89	4633,7	4415,8	7990,3	8764,6	5057,3	4513,6			5893,8	5898,0
1989/90	5866,7	6412,1	6224,0	6979,8	7003,0	6717,6			6364,6	6703,2
1990/91	6950,7	6570,9	3767,0	4602,5	7204,3	6735,5			5974,0	5969,6
1991/92	5720,0	5494,9	6705,0	6733,2	8053,3	7781,1	4390,3	4562,0	6217,3	6142,8
1992/93	6377,7	5505,7	5783,3	5344,6	5159,7	5808,8			5773,6	5553,0
1993/94	5947,0	5881,4	5319,3	6576,6	2947,3	4057,4			4737,9	5505,1
1994/95	4927,3	4713,0	6211,3	5452,0					5569,3	5082,5

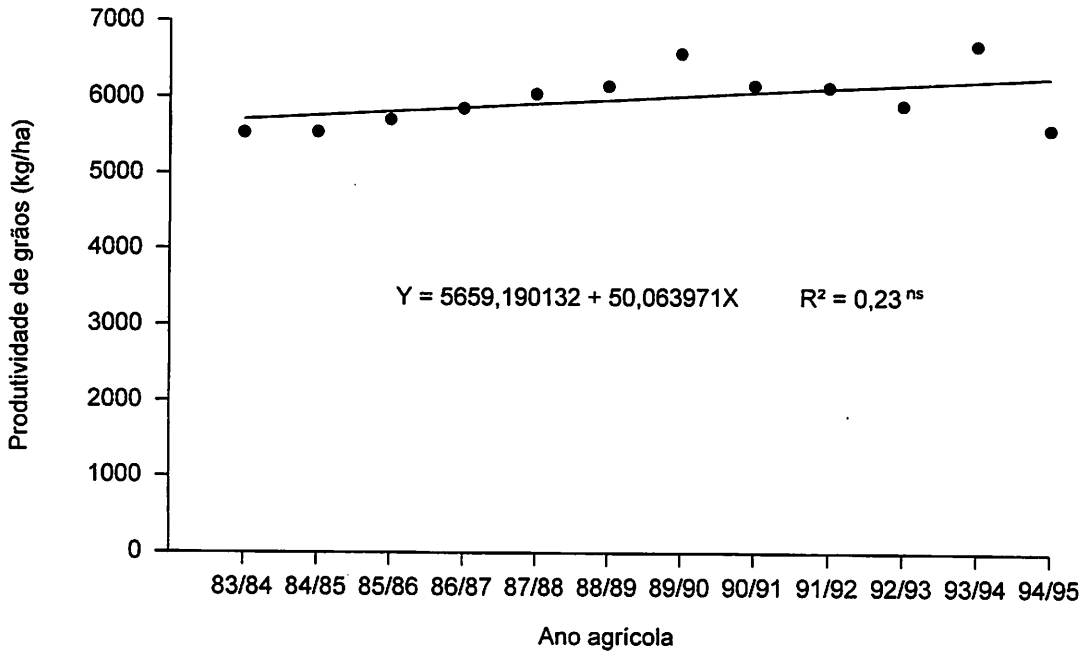

FIGURA 5. Equação de regressão da produtividade média de grãos de arroz ajustada dos materiais elite, considerando a produtividade média das cultivares padrão como covariável, obtida nos Ensaios Comparativos Avançados, em função dos anos agrícolas, para o período de 1983/84 a 1994/95, no Estado do Espírito Santo.

média das cultivares padrão, em função do ano agrícola (Figura 6). Embora o desempenho dos materiais elite praticamente não tenha superado as cultivares padrão, quanto à produtividade de grãos, no decorrer dos anos (Tabela 8), observa-se uma tendência positiva para diminuir essa diferença, com valor de 1,18 unidades de percentagem por ano agrícola, a favor dos materiais elite (Figura 6).

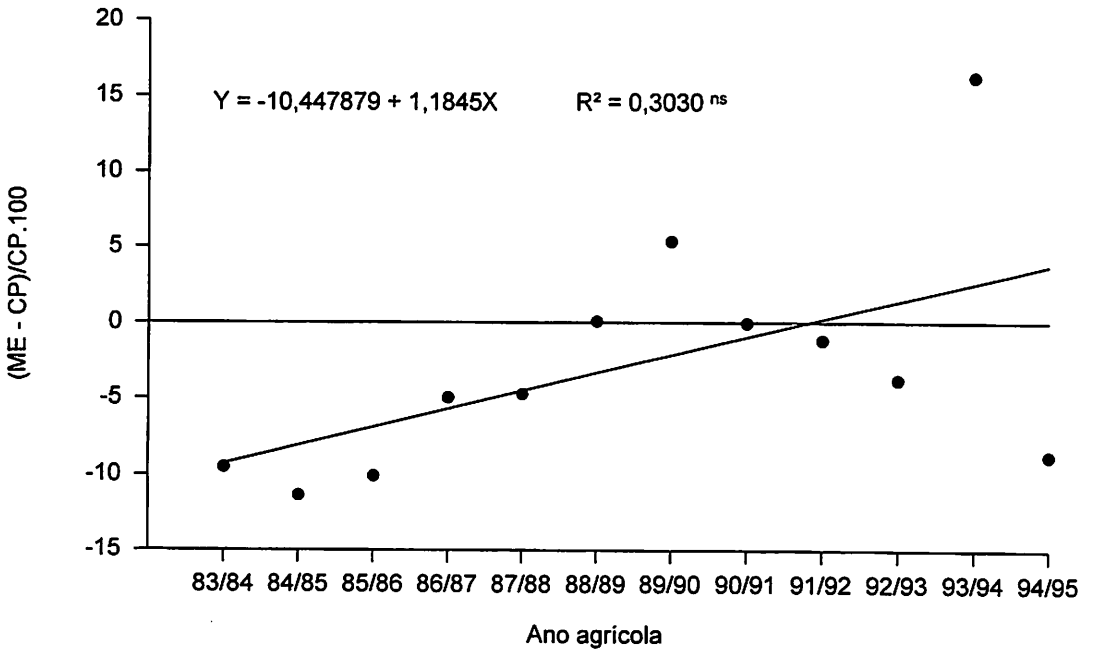

FIGURA 6. Equação de regressão da diferença entre materiais elite (ME) e cultivares padrão (CP) de arroz, em porcentagem a cultivares padrão, obtida nos Ensaios Comparativos Avançados, em função dos anos agrícolas, para o período de 1983/84 a 1994/95, no Estado do Espírito Santo.

4.5 Caracterização dos ensaios nas duas regiões do Espírito Santo

As médias anuais de produtividade de grãos, número de materiais genéticos, número de locais e amplitude de produtividade média de arroz para as regiões I e II do Espírito

Santo, encontram-se nas Tabelas 9 e 10, respectivamente. De um modo geral, as produtividades médias dos ensaios variaram de um ano para outro, sendo que, em média, os materiais apresentaram um melhor desempenho nos ensaios da região II. No período, as médias anuais mostraram uma variação de 4198,1 a 7207,1 kg/ha, com uma média geral de 5617,8 kg/ha, para a região I e de 4445,8 a 8843,3 kg/ha, com uma média geral de 6238,6 kg/ha, para a região II. O modelo de regressão do segundo grau aplicado aos dados de produtividade média anual em ambas as regiões mostrou um coeficiente de determinação maior do que quando se adotou o modelo de regressão linear, indicando uma tendência de declínio nas médias, nos últimos anos (Figura 7).

O número de tratamentos, a média geral dos ensaios, a média de tratamentos comuns e outras informações necessárias à obtenção dos ganhos pelo método de Vencovsky et al. (1988), para as regiões I e II, são mostrados nas Tabelas 11 e 12. Os ganhos genéticos médios estimados foram, respectivamente, por este método, de 99,88 kg/ha/ano e 131,88 kg/ha/ano, no período. Constata-se que essas estimativas são menores do que aquela obtida quando se consideram todos os ensaios do Estado (137,17 kg/ha/ano).

O total de observações anuais utilizadas foi de 854 para a região I, com uma variação de 42 observações no ano agrícola 1983/84 até 114 observações no ano agrícola 1986/87 (Tabela 13). Para a região II utilizaram-se 986 observações, com uma variação de 42 no ano agrícola 1983/84 a 144 no ano agrícola 1984/85 (Tabela 14). Na Tabela 15, encontram-se os resultados das estimativas de ganho genético anual obtidos pelo método QMP, tanto para a região I como para a região II. Observa-se que, no período, os ganhos genéticos médios estimados foram, respectivamente, de 150,28 kg/ha/ano (D.P.=22,97) e 125,22 kg/ha/ano (D.P.=28,51), correspondendo a um ganho genético médio percentual de 2,97% e 2,31%, em relação à média de referência. Sem a ponderação, pelo método de Vencovsky et al. (1988), os resultados foram

TABELA 9. Médias anuais de produtividade de grãos, número de materiais genéticos, número de locais e amplitude de produtividade média de arroz nos Ensaios Comparativos Avançados, conduzidos no período de 1983/84 a 1994/95, na Região I (Linhares, Barra de São Francisco, Águia Branca e São Gabriel da Palha).

Cultivares e Linhagens	Ano Agrícola											
	83/84	84/85	85/86	86/87	87/88	88/89	89/90	90/91	91/92	92/93	93/94	94/95
	kg/ha											
01. IR 841-63-5- L-9-33	3458	4866	5898	5194								
02. RJ 001	4615											
03. MG 50	4271											
04. IET 1785	4073											
05. GA 3454	3698											
06. GA 3465	3563											
07. GA 3739	4490											
08. GA 3875	3771	5142										
09. GA 3877	3208	4505										
10. GA 3880	5323	6016	6394									
11. GA 3885	4708	6033	6020	5382								
12. Aliança	4354	6495	6814	5534	7630	4950	7591	7435	5006	5518	6212	3656
13. Franciscano	4365	5815	6740	5511	7054	5205	6219	7208	5280	5648	5706	6282
14. GA 3916	4875	4543	6200									
15. IR 661		5312										
16. Inca		6334	6384	4898	7376	5017	7199	6589	4879	6140	5923	4844
17. GA 3848		4711										
18. GA 3891		7587	6293	5332								
19. GA 3814		3928	6954	5922		6999	7183	6450		6164		
20. GA 3887		5559	6790	5180								
21. GA 3831		5041										
22. GA 3966		3418	3662									
23. CNA 5189			6457	4608	6805	5784	6331	6467	5028			
24. CNA 3479			6356									
25. CNA 4892			6392	4889								
26. CNA 5194			6104									
27. CNA 796019			4810									
28. BR-IRGA 410			5374									
29. Cica 9			5456	4798								
30. MG 1				4603								
31. CNA 5124				5044								
32. MG 2				4862								
33. CNA 3771				5636								
34. CNA 3815				4954								
35. RJ 10				4554								
36. GA 3882				5672	7015	5395	6730	6165				
37. GA 4968				4836								
38. GA 3472					7673	2147	6048					
39. GA 3461					7824	3770	7445					
40. GA 4492					7516							
41. GA 5213					6944							
42. CNA 5508					7982	5404	7015	6825	4866			

TABELA 9. Continuação ...

Cultivares e Linhagens	Ano Agrícola											
	83/84	84/85	85/86	86/87	87/88	88/89	89/90	90/91	91/92	92/93	93/94	94/95
	kg/ha											
43. CNA 5557					6972	3539						
44. CNA 5554					7102	4375	6992	6308				
45. CNA 5555					7801	4750	5058	7634				
46. CNA 5544					7357							
47. GA 3888					6933							
48. GA 3486					5329							
49. CNA 6094						4179	6909					
50. CNA 6089						4252	7492	6802	4890			
51. CNA 5731						4220						
52. CNA 6100						4942	6790	6510				
53. CNA 6088						4081	7343					
54. CNA 5505						2567						
55. CNA 5496						4479						
56. CNA 5696						5848	5993	7323	5144			
57. CNA 6750								6148				
58. CNA 6793								6344				
59. MG 441								6464				
60. CNA 3461								7048				
61. CNA 7222									5066			
62. CNA 7203									4986			
63. CNA 7263									5134			
64. CNA 7264									5112			
65. BR-IRGA 409										6312		
66. CNA 7548										5618		
67. CNA 7543										5748	4829	
68. CNA 7162										5443		
69. CNA 7531										5887	5931	4700
70. CNA 7193										4430		
71. IAC 1278											6655	6056
72. PR 37											6076	4989
73. IAC 1307											6442	
74. CNA 7821											6203	
75. IAC 1316											6580	5800
76. EEBN 4											5106	3167
77. EEBN 7											5111	
78. CNA 7940												4915
79. CNA 8041												4661
80. CNA 7967												4544
81. PR 333												3585
Média	4198,1	5331,6	6061,0	5126,8	7207,1	4595,3	6771,1	6732,5	5035,5	5690,8	5897,8	4766,6
Nº materiais genéticos	14	16	18	19	16	20	16	16	11	10	12	12
Nº repetições	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4
Nº ambientes	1	1	2	2	2	1	1	2	2	2	1	1
Maior produtividade	5323,0	7587,0	6954,0	5922,0	7982,0	6999,0	7591,0	7634,0	5280,0	6312,0	6655,0	6282,0
Menor produtividade	3208,0	3418,0	3662,0	4554,0	5329,0	2147,0	5058,0	6148,0	4866,0	4430,0	4829,0	3167,0

TABELA 10. Médias anuais de produtividade de grãos, número de materiais genéticos, número de locais e amplitude de produtividade média de arroz nos Ensaios Comparativos Avançados, conduzidos no período de 1983/84 a 1994/95, na Região II (Alegre, Cachoeiro de Itapemirim e Domingos Martins).

Cultivares e Linhagens	Ano Agrícola											
	83/84	84/85	85/86	86/87	87/88	88/89	89/90	90/91	91/92	92/93	93/94	94/95
	kg/ha											
01. IR 841-63-5- L-9-33	4896	6029	8513	6402								
02. RJ 001	6208											
03. MG 50	4077											
04. IET 1785	6167											
05. GA 3454	6097											
06. GA 3465	5903											
07. GA 3739	5972											
08. GA 3875	5000	4814										
09. GA 3877	6660	5850										
10. GA 3880	6479	6751	9633									
11. GA 3885	5264	7465	9673	6650								
12. Aliança	6382	7418	8957	6721	7178	6666	6600	3703	7418	4625	4016	6615
13. Franciscano	6729	5828	9597	6369	6474	7008	6869	3986	7594	6525	3898	5760
14. GA 3916	5736	5612	10013									
15. IR 661		5855										
16. Inca		7673	10243	6630	7072	5261	4666	3612	7126	6200	4486	6259
17. GA 3848		5615										
18. GA 3891		7217	9887	6434								
19. GA 3814		7134	9047	6159		6798	6292	3722		4875		
20. GA 3887		7452	9087	6352								
21. GA 3831		6702										
22. GA 3966		5492	7357									
23. CNA 5189			9157	6925	6606	6504	5486	3806	6588			
24. CNA 3479			7893									
25. CNA 4892			9363	6148								
26. CNA 5194			8667									
27. CNA 796019			8407									
28. BR-IRGA 410			5320									
29. Cica 9			8367	5689								
30. MG 1				4942								
31. CNA 5124				6438								
32. MG 2				5922								
33. CNA 3771				5864								
34. CNA 3815				5594								
35. RJ 10				6545								
36. GA 3882				6696	6747	6697	6702	3243				
37. GA 4968				6486								
38. GA 3472					6952	7132	6948					
39. GA 3461					6374	6397	7008					
40. GA 4492					5604							
41. GA 5213					4917							
42. CNA 5508					6971	6309	6564	4448	6882			

TABELA 10. Continuação ...

Cultivares e Linhagens	Ano Agrícola											
	83/84	84/85	85/86	86/87	87/88	88/89	89/90	90/91	91/92	92/93	93/94	94/95
	kg/ha											
43. CNA 5557					6240	5078						
44. CNA 5554					6398	6262	7202	4166				
45. CNA 5555					8416	7644	5297	5208				
46. CNA 5544					6311							
47. GA 3888					6446							
48. GA 3486					5336							
49. CNA 6094						7016	6296					
50. CNA 6089						7696	7918	4389	8184			
51. CNA 5731						5831						
52. CNA 6100						6787	7178	5401				
53. CNA 6088						6706	7464					
54. CNA 5505						6285						
55. CNA 5496						4839						
56. CNA 5696						8054	6692	6136	8016			
57. CNA 6750								4848				
58. CNA 6793								4749				
59. MG 441								5312				
60. CNA 3461								4404				
61. CNA 7222									7008			
62. CNA 7203									6775			
63. CNA 7263									7286			
64. CNA 7264									7318			
65. BR-IRGA 409										4675		
66. CNA 7548										5625		
67. CNA 7543										6250	3832	
68. CNA 7162										6300		
69. CNA 7531										5812	5250	6757
70. CNA 7193										3875		
71. IAC 1278											5860	6154
72. PR 37											5728	5152
73. IAC 1307											5841	
74. CNA 7821											5432	
75. IAC 1316											6352	7226
76. EEBN 4											4706	4893
77. EEBN 7											4851	
78. CNA 7940												4607
79. CNA 8041												5283
80. CNA 7967												3196
81. PR 333												5800
Média	5826,4	6431,7	8843,3	6261,4	6502,6	6548,5	6573,9	4445,8	7290,4	5476,2	5021,0	5641,8
Nº materiais genéticos	14	16	18	19	16	20	16	16	11	10	12	12
Nº repetições	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4
Nº ambientes	1	3	1	2	2	2	2	1	2	1	2	1
Maior produtividade	6729,0	7673,0	10243,0	6925,0	8416,0	8054,0	7918,0	6136,0	8184,0	6525,0	6352,0	7226,0
Menor produtividade	4077,0	4814,0	5320,0	4942,0	4917,0	4839,0	4666,0	3243,0	6588,0	3875,0	3832,0	3196,0

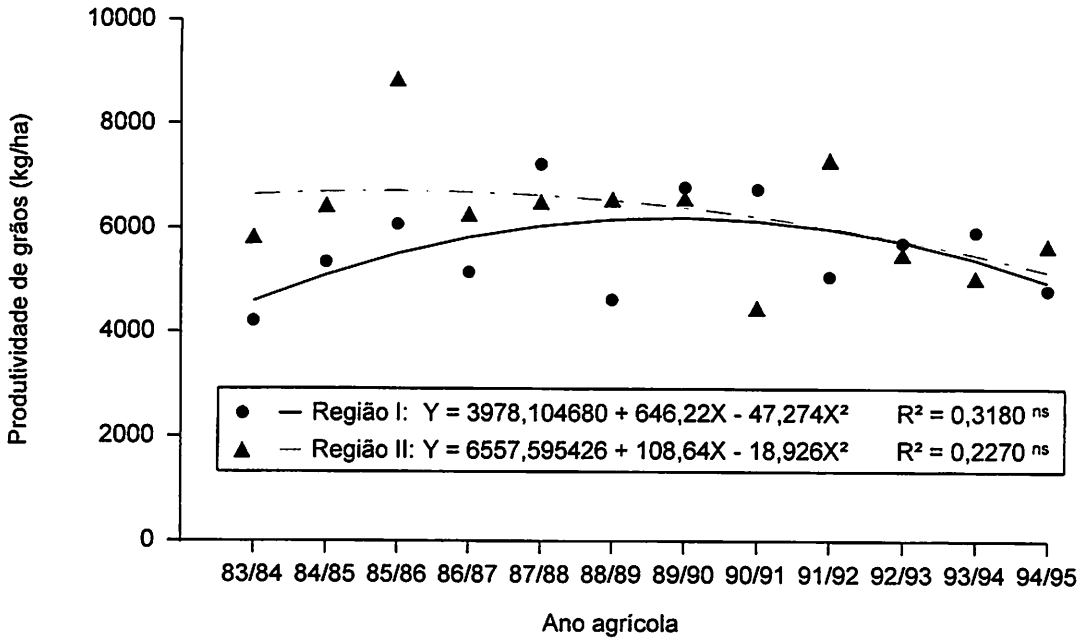

FIGURA 7. Equação de regressão da produtividade média anual de grãos de arroz, em função do ano agrícola, obtida nos Ensaios Comparativos Avançados de arroz irrigado (ECA-I), nas regiões I (Linhares, Barra de São Francisco, Águia Branca e S. Gabriel da Palha) e II (Alegre, Cachoeiro de Itapemirim e Domingos Martins), do Estado do Espírito Santo, conduzidos no período de 1983/84 a 1994/95.

diferentes, com valores de ganho genético médio percentual de 1,98% e 2,43% ao ano, para as regiões I e II, respectivamente, com valores de desvio padrão do ganho bem superiores do que no método do QMP. As matrizes de covariância dos ganhos genéticos observados para as duas regiões do Estado são encontradas nas Tabelas 4A e 5A.

Observando a diferença na produtividade média de grãos entre materiais elite e cultivares padrão, expressos como porcentagem das cultivares padrão, comuns no período, tanto para a região I quanto para a região II, verifica-se que o desempenho vem melhorando nos últimos anos (Figuras 8 e 9). Para o período em estudo, as estimativas da declividade das linhas

TABELA 11. Número de tratamentos, média geral dos ensaios ($\overline{Y}_i$), média dos tratamentos comuns ($\overline{Y}_{c_i}$) em cada par de anos i e i + 1, utilizados na estimativa do ganho genético pelo método de Vencovsky et al. (1988), para o período de 1983/84 a 1994/95, na Região I do Estado do Espírito Santo.

Ano Agrícola	Número Tratamentos		$\overline{Y}_i$	$\overline{Y}_{c_i}$	$\overline{Y}_{i+1} - \overline{Y}_i$	$(\overline{Y}_{c_{i+1,i}} - \overline{Y}_{c_{i,i+1}})$	$G_{g_{i,i+1}}$
	Total	Comuns					
	kg/ha						
1983/84	14		4198,1	4257,8			
1984/85	16	08	5331,6	5426,9	+ 1133,5	(+ 1169,1)	- 35,6
1984/85	16		5331,6	5508,5			
1985/86	18	11	6061,0	6195,4	+ 729,4	(+ 686,9)	+ 42,5
1985/86	18		6061,0	6381,7			
1986/87	19	11	5126,8	5204,4	- 934,2	(- 1177,3)	+ 243,1
1986/87	19		5126,8	5244,6			
1987/88	16	05	7207,1	7176,0	+ 2080,3	(+ 1931,4)	+ 148,9
1987/88	16		7207,1	7384,9			
1988/89	20	11	4595,3	4576,0	- 2611,8	(- 2808,9)	+ 197,1
1988/89	20		4595,3	4818,5			
1989/90	16	16	6771,1	6771,1	+ 2175,8	(+ 1952,6)	+ 223,2
1989/90	16		6771,1	6716,1			
1990/91	16	12	6732,5	6809,7	- 38,6	(+ 93,6)	- 132,2
1990/91	16		6732,5	6949,8			
1991/92	11	07	5035,5	5013,3	- 1697,0	(- 1936,5)	+ 239,5
1991/92	11		5035,5	5055,0			
1992/93	10	03	5690,8	5768,7	+ 655,3	(+ 713,7)	- 58,4
1992/93	10		5690,8	5788,2			
1993/94	12	05	5897,8	5720,2	+ 207,0	(- 68,0)	+ 275,0
1993/94	12		5897,8	6023,6			
1994/95	12	08	4766,6	4936,8	- 1131,2	(- 1086,8)	- 44,4
Ganho genético total (kg/ha)							1098,70
Ganho genético médio anual (kg/ha/ano)							99,88

TABELA 12. Número de tratamentos, média geral dos ensaios ($\overline{Y}_i$) e média dos tratamentos comuns ($\overline{Y}_{c_i}$) em cada par de anos i e i + 1, utilizados na estimativa do ganho genético pelo método de Vencovsky et al. (1988), para o período de 1983/84 a 1994/95, na Região II do Estado do Espírito Santo.

Ano Agrícola	Número Tratamentos		$\overline{Y}_i$	$\overline{Y}_{c_i}$	$\overline{Y}_{i+1} - \overline{Y}_i$	$(\overline{Y}_{c_{i+1,i}} - \overline{Y}_{c_{i,i+1}})$	$G_{g_{i,i+1}}$
	Total	Comuns					
	.....			kg/ha			.....
1983/84	14		5826,4	5893,2			
1984/85	16	08	6431,7	6220,9	+ 605,3	(+ 327,7)	+ 277,6
1984/85	16		6431,7	6733,7			
1985/86	18	11	8843,3	9273,4	+ 2411,6	(+ 2539,7)	- 128,1
1985/86	18		8843,3	9262,8			
1986/87	19	11	6261,4	6407,2	- 2581,9	(- 2855,6)	+ 273,7
1986/87	19		6261,4	6668,2			
1987/88	16	05	6502,6	6815,4	+ 241,2	(+ 147,2)	+ 94,0
1987/88	16		6502,6	6857,1			
1988/89	20	11	6548,5	6450,7	+ 45,9	(- 406,4)	+ 452,3
1988/89	20		6548,5	6808,6			
1989/90	16	16	6573,9	6573,9	+ 25,4	(- 234,7)	+ 260,1
1989/90	16		6573,9	6455,5			
1990/91	16	12	4445,8	4317,8	- 2128,1	(- 2137,7)	+ 9,6
1990/91	16		4445,8	4297,1			
1991/92	11	07	7290,4	7401,1	+ 2844,6	(+ 3104,0)	- 259,4
1991/92	11		7290,4	7379,3			
1992/93	10	03	5476,2	5783,3	- 1814,2	(- 1596,0)	- 218,2
1992/93	10		5476,2	5882,4			
1993/94	12	05	5021,0	4296,4	- 455,2	(- 1586,0)	+ 1130,8
1993/94	12		5021,0	5037,0			
1994/95	12	08	5641,8	6102,0	+ 620,8	(+ 1065,0)	- 444,2
Ganho genético total (kg/ha)							1448,20
Ganho genético médio anual (kg/ha/ano)							131,88

de regressão correspondentes às variáveis dependentes foram similares no sinal, no entanto, esta estimativa foi maior para os ensaios da região II, com vantagem dos materiais elite sobre as cultivares padrão, apresentando uma diferença positiva de 0,90 unidades de percentagem em relação à região I, por ano agrícola.

TABELA 13. Número de observações no ano e para pares de anos sucessivos, em função da existência de tratamentos comuns e quadrado médio do resíduo utilizado na estimativa do ganho genético pelo método QMP, para o período de 1983/84 a 1994/95, na Região I do Estado do Espírito Santo.

Ano Agrícola	n_i	$n_{i,\,i+1}$	$n_{i+1,\,i}$	$n_{i,\,i+1,\,i+2}$	QM Resíduo
1. 1983/84	42	24	-	-	650.946,17
2. 1984/85	48	33	24	18	806.707,32
3. 1985/86	108	66	66	48	517.473,10
4. 1986/87	114	30	66	24	235.326,35
5. 1987/88	96	66	30	30	637.302,21
6. 1988/89	60	48	33	30	514.232,18
7. 1989/90	48	36	48	36	1.807.085,44
8. 1990/91	96	42	72	42	598.591,23
9. 1991/92	66	18	42	18	324.723,60
10. 1992/93	80	40	24	24	566.522,28
11. 1993/94	48	32	20	16	243.451,61
12. 1994/95	48	-	32	-	276.523,05

TABELA 14. Número de observações no ano e para pares de anos sucessivos, em função da existência de tratamentos comuns e quadrado médio do resíduo utilizado na estimativa do ganho genético pelo método QMP, para o período de 1983/84 a 1994/95, na Região II do Estado do Espírito Santo.

Ano Agrícola	n_i	$n_{i,\ i+1}$	$n_{i+1,\ i}$	$n_{i,\ i+1,\ i+2}$	QM Resíduo
1. 1983/84	42	24	-	-	544.786,34
2. 1984/85	144	99	72	54	703.917,54
3. 1985/86	54	33	33	24	524.980,06
4. 1986/87	114	30	66	24	1.027.130,46
5. 1987/88	96	66	30	30	500.150,66
6. 1988/89	120	96	66	60	1.980.382,13
7. 1989/90	96	72	96	72	1.294.449,31
8. 1990/91	48	21	36	21	642.996,38
9. 1991/92	88	24	56	24	1.166.263,00
10. 1992/93	40	20	12	12	837.192,13
11. 1993/94	96	64	40	32	803.192,19
12. 1994/95	48	-	32	-	499.474,35

TABELA 15. Estimativas dos parâmetros genéticos obtidos pelo método dos Quadrados Mínimos Ponderados (QMP), ganhos genéticos totais (Ggt), ganhos genéticos percentuais em relação à média de referência e estimativas obtidas pelo método de Vencovsky et al. (1988), no período de 1983/84 a 1994/95, para duas regiões do Estado do Espírito Santo.

	Região I	Região II
• **Método do QMP**		
Média geral dos ensaios (kg/ha)	5617,85	6238,58
Número de ensaios	18	20
Número total de observações	854	986
Número médio de genótipos por ano	15	15
Média das maiores produtividades anuais (kg/ha)	6710,08	7531,75
Média das menores produtividades anuais (kg/ha)	4234,67	4525,75
Ganho genético médio ($\hat{G}gm$) (kg/ha/ano)	150,28	125,22
Soma de quadrados dos desvios (SQD)	21,56	95,24
Variância do Ggm	527,49	812,99
Desvio padrão do Ggm	22,97	28,51
Ganho genético total (Ggt) no período (kg/ha)	1653,08	1377,42
Média de referência (kg/ha)	5054,62	5414,72
Ggm percentual no período (%)	2,97	2,31
• **Método de Vencovsky et al. (1988) (Método Direto)**		
Ganho genético médio ($\hat{G}gm$) (kg/ha/ano)	99,88	131,65
Soma de quadrados dos desvios (SQD)	219113,00	1849799,00
Desvio padrão do $\hat{G}gm$	148,02	450,09
Ganho genético total (Ggt) no período (kg/ha)	1098,68	1448,15
Número médio de tratamentos comuns	9	9
Ggm percentual no período (%)	1,98	2,43

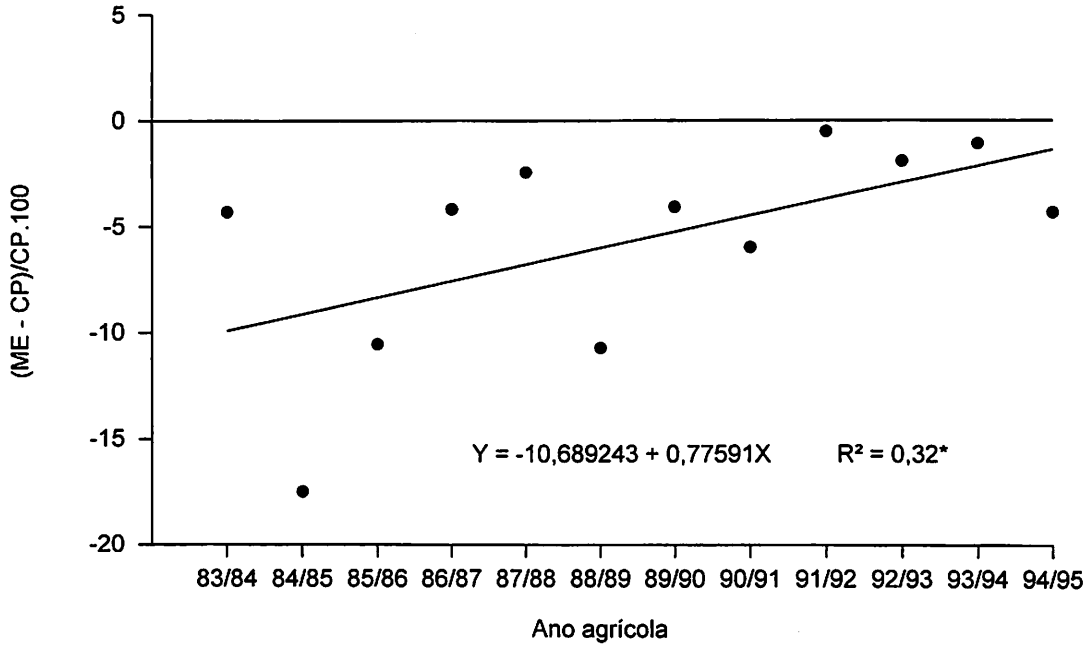

FIGURA 8. Equação de regressão da diferença entre materiais elite (ME) e cultivares padrão de arroz, em percentagem a cultivares padrão (CP), obtida nos Ensaios Comparativos Avançados, em função dos anos agrícolas, para o período de 1983/84 a 1994/95, na Região I do Estado do Espírito Santo.

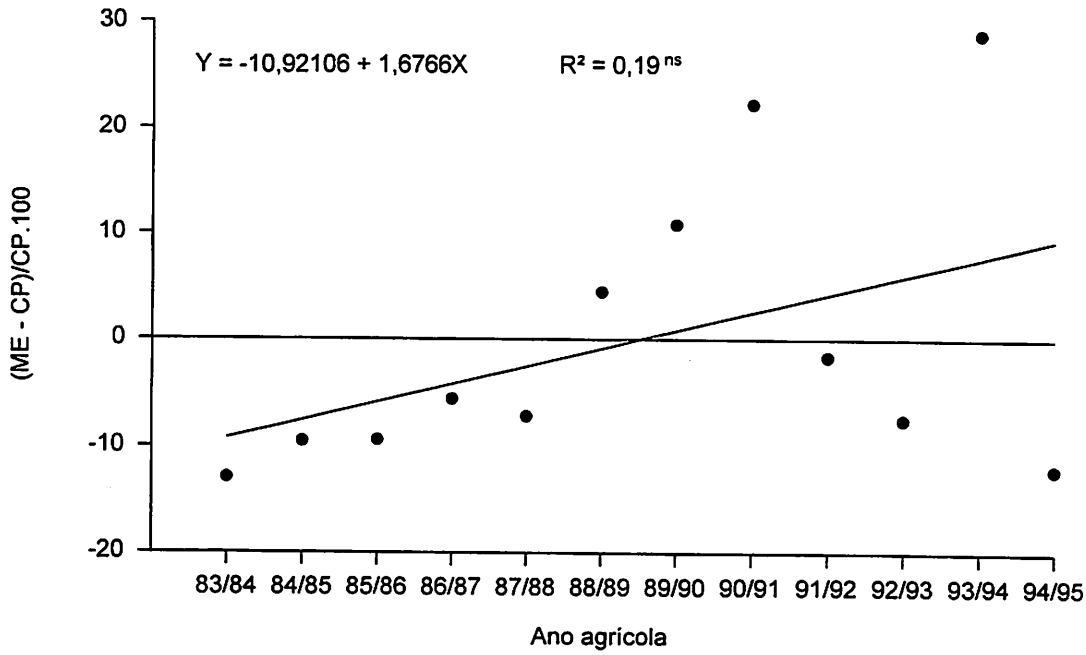

FIGURA 9. Equação de regressão da diferença entre materiais elite (ME) e cultivares padrão (CP) de arroz, em percentagem a cultivares padrão, obtida nos Ensaios Comparativos Avançados,em função dos anos agrícolas, para o período de 1983/84 a 1994/95, na Região II do Estado do Espírito Santo.

5 DISCUSSÃO

A contribuição do melhoramento genético para as diversas culturas pode ser avaliada através de algumas alternativas. Uma delas é pelo número de cultivares obtidas pelos programas de melhoramento e a área semeada com cada uma o que, no entanto, não se tem constituído num método viável para se avaliar o potencial dos materiais através dos anos. Uma outra alternativa envolve a avaliação de cultivares de diferentes épocas de lançamento em ensaios específicos, em ambientes comuns. É um processo oneroso, exigindo a condução de ensaios apenas com essa finalidade e necessita de que o material antigo tenha sido guardado e sem alterações na sua constituição genética, o que nem sempre é possível. Além do mais, as cultivares antigas, normalmente não adaptadas a práticas intensivas de produção, são comparadas sob práticas de manejo das novas cultivares, tornando a resposta não muito precisa. Este método tem sido usado para estimar a eficiência do melhoramento na soja (Specht e Williams, 1984), trigo (Cox et al., 1988), milho (Duvick, 1992), aveia (Lynch e Frey, 1993) e arroz (Cuevas-Perez et al., 1995).

As instituições que trabalham com o melhoramento conduzem rotineiramente uma rede de ensaios de avaliação de materiais elite com o fim de recomendação de novas cultivares para as diversas regiões. Vencovsky et al. (1988) demonstraram a possibilidade de estimar o ganho genético, a partir dos dados gerados nos próprios programas de melhoramento, sem que

haja necessidade da condução de ensaios adicionais. Uma quarta alternativa é dispor de testemunhas comuns presentes nos ensaios, no período em estudo, visando a estimar avanço no potencial de rendimento, pela obtenção do coeficiente de regressão linear, examinando tendências de produtividade dos materiais finais, possuindo combinações agronômicas desejáveis, em relação aos rendimentos das cultivares padrão (McCaig e De Pauw, 1995). No presente trabalho, utilizaram-se essas duas últimas alternativas, com algumas modificações, para avaliar a contribuição do programa estadual de melhoramento de arroz do Espírito Santo.

Quando comparados a os níveis atuais de produtividade das cultivares predominantes no Estado do Espírito Santo, verificou-se, nos ensaios, a existência de cultivares altamente produtivas, mostrando que o trabalho de melhoramento visando à seleção de linhagens superiores pode contribuir de forma significativa, no que tange à procura de materiais de alto potencial de rendimento para ampliar a oferta de cultivares de arroz no estado. A variação nas médias anuais obtidas nos ensaios, de 5012 a 6988 kg/ha no período de 1983/84 a 1994/95, é praticamente semelhante àquela obtida por Soares (1992) para Minas Gerais, com valores de 5102,1 a 7057,9 kg/ha no período de 1979/80 a 1988/89, tendendo a uma estabilização em ambos Estados, em torno de 6000 kg/ha.

De modo geral, as médias de produtividade dos ensaios da região II foram mais altas do que aquelas da região I. Embora os locais dos ensaios tenham variado com os anos nas duas regiões, pode-se afirmar que as várzeas da região Sul do Estado são mais férteis do que aquelas da região ao Norte do Rio Doce. Enquanto aquelas são constituídas de solos drenados, formados por deposição de material de origem resultante de processo erosivo, acumulando materiais ricos em minerais, nesta são encontrados solos com maior presença de matéria orgânica e, portanto, mais ácidos, em função da baixa fertilidade natural e processos de encharcamento,

que diminuem a decomposição microbiana. Juntou-se a isso problemas de adensamento no perfil do solo, causados por processo pedogenético, ainda não solucionados pela pesquisa. Com a combinação de alto potencial genético e ambiente favorável presente e adotando o conjunto de tecnologias atualmente disponíveis, pode-se obter produtividade média com a cultura do arroz em torno de 8000 - 9000 kg/ha a curto prazo, o que tem sido confirmado em nível experimental. Níveis de produtividade em torno de 5000 - 6000 kg/ha, em relação à lavoura comercial, têm sido obtidos frequentemente, em várias propriedades do município de Barra de São Francisco, maior produtor da cultura no Espírito Santo.

A manutenção dos níveis atuais de produtividade das linhagens introduzidas nos ensaios pode ter duas explicações possíveis: (i) problemas no manejo do cultivo, como uso continuado das várzeas em monocultivo de arroz com efeitos da mudança nas propriedades químicas e físicas do solo (problemas ainda não esclarecidos pela pesquisa) e (ii) falta de variação genética nos materiais em uso, devido à contribuição nos cruzamentos, de poucos pais. No primeiro caso, não se pode estabelecer até que ponto estes fatores ambientais influenciaram os resultados, pois, não foram feitas análises químicas apropriadas para cada ensaio, bem como um acompanhamento das características físicas e estratificação dos tipos de solo durante todo o período. No segundo caso, tem-se verificado um estreitamento excessivo da base genética das cultivares utilizadas, o que, consequentemente, reduz a possibilidade de ganhos adicionais nos programas de seleção, uma vez que o melhorista passa a manejar um conjunto gênico de tamanho limitado (Rangel, Zimmermann e Neves, 1992).

Há uma dificuldade quando se desejam comparar estimativas de ganho genético médio anual na literatura, em função dos diferentes métodos empregados para sua estimação. Vários procedimentos têm sido utilizados para estimar ganhos genéticos médios em arroz, em

geral, baseados em dados do comportamento relativo de linhagens avançadas em ensaios regionais de recomendação de cultivares, num determinado período (Abbud, 1991; Soares, 1992; Breseghello, 1995); comparando-se cultivares antigas com novas, em grupo de ensaio no mesmo ano (Abbud, 1991); ou a avaliação de cultivares de diferentes épocas, por ano de lançamento no programa de melhoramento, em ambientes comuns (Cuevas-Perez et al., 1995). Apesar das diferenças, esses procedimentos são bastante informativos, no sentido de se conhecer o ganho genético obtido nos programas estaduais e, em consequência, mostrar a contribuição do melhoramento genético na melhoria do rendimento de uma determinada cultura, em determinado período.

Na avaliação da contribuição do melhoramento genético durante determinado período, nenhum método pode separar completamente os efeitos genéticos e de interação. A utilização de cultivares testemunhas, para explicar os efeitos ambientais, que confundem os resultados, na estimativa de ganho genético num longo período, depende da suposição de que a interação genótipo × ambiente, que envolve as testemunhas e outros cultivares, seja não significativa (Cox et al., 1988). Neste trabalho, o uso das testemunhas foi apropriado para estimar o ganho genético no melhoramento do arroz pois as cultivares padrão (testemunhas) e materiais elite, ambos os germoplasmas que são de porte baixo tipo moderno, reagiram de maneira semelhante às mudanças ambientais, durante os anos de avaliação.

A metodologia de regressão linear de mínimos quadrados foi utilizada por Soares (1992) e Breseghello (1995), para estimar o ganho genético em arroz irrigado, utilizando-se testemunhas padrão para quantificar a variação ambiental ao longo dos anos e a média de rendimento de grãos dos genótipos não comuns ou transitórios em função dos anos, para quantificar a alteração fenotípica (genotípica + ambiente). O ganho genético médio anual foi

fornecido pela estimativa do coeficiente de regressão linear do desvio entre as médias dos dois grupos de materiais, em função do ano. No presente trabalho, o ganho genético foi obtido pela estimativa do coeficiente de regressão linear das médias ajustadas dos materiais elite (genótipos transitórios), em função dos anos agrícolas, utilizando a produtividade dos cultivares padrão, comuns no período, como covariável. Aqui, foi considerado o desempenho relativo destes dois grupos de materiais nos vários locais, dentro de cada ano, permitindo uma estimativa mais apropriada do ganho genético durante o período. O ajustamento permite estimar as alterações no comportamento médio dos materiais elite durante o período, num ambiente hipotético comum fornecido pela covariável. Por este método, fica claro que a estimativa de ganho genético de 50,06 kg/ha/ano no período foi positivo, refletindo a contribuição do melhoramento, sem as contribuições não genéticas de variação.

Os valores do ganho genético médio estimados pelos métodos de Vencovsky et. al. (1988) e pelo método QMP praticamente não diferiram. Os fatores, dentre outros, que podem ter contribuído para essa similaridade pode ser devido à diferença entre os valores dos quadrados médios dos resíduos anuais que não foram muito discrepantes, num valor menor que 4 entre o quociente do maior e o menor valor, refletindo uma relativa homogeneidade de variância. Além disso, os valores dos coeficientes de variação, média de 13,94%, foram relativamente baixos para ensaios realizados em condições de campo, evidenciando uma boa precisão. Cabe salientar, todavia, que o menor Desvio Padrão do ganho obtido pelo método do QMP indica que esse método foi mais preciso na estimação do ganho genético. No presente trabalho, em função de uma maior precisão nos valores obtidos, pelo método do QMP em relação ao método de Vencovsky et al. (1988) e de uma não apresentação de tendência consistente de progressão linear no valor do ganho genético, através do método da regressão das médias ajustadas, em virtude do

baixo valor do coeficiente de determinação ($R^2 = 0,23^{ns}$), assumiu-se um ganho genético médio anual de 137,06 kg/ha/ano, no período de 1983/84 a 1994/95, estimado pela metodologia do QMP, correspondendo a um ganho genético de 2,68% ao ano, em relação à média de referência.

O programa estadual de melhoramento de arroz irrigado, neste período, foi eficiente, pois o ganho obtido deve ser visto em função do patamar de produtividade em que se encontra a cultura. Como em outros programas de melhoramento, após a criação da Comissão Técnica Regional do Arroz (CTArroz), a entrada dos materiais nos ensaios tem sido feita com mais critérios. No ano de 1982, os materiais que participaram dos Ensaios Comparativos Preliminares eram praticamente todos de porte baixo, do tipo moderno. Em 1983, os materiais selecionados entraram para os Ensaios Comparativos Avançados e a partir daí, nos anos seguintes, só se tem avaliado esse tipo de planta. Portanto, obteve-se um ganho razoável, considerando-se que os materiais de porte baixo têm estabilizado sua produtividade nos últimos anos e, em vários programas tradicionais de melhoramento em vários países, os ganhos genéticos têm sido muito pequenos.

A contribuição do melhoramento genético, em geral, assume maior importância quando os níveis de produtividade da cultura já estão altos, numa determinada região. Nos Estados Unidos, por exemplo, para o milho, trigo e aveia, culturas com alto potencial produtivo, têm obtido aumento médio anual em torno de 0,5 a 1,0% ao ano, no potencial de rendimento (Evans, 1980). O ganho de 2,68%, no Espírito Santo, foi um pouco superior ao ganho médio anual obtido para a cultura do arroz irrigado que foi de 1,6% em Minas Gerais (Soares, 1992), de 0,77% na região nordeste do Brasil (Breseghello, 1995) e para o arroz de sequeiro no Paraná que foi de 1,35% (Abbud, 1991). Valores similares têm sido também obtidos para outras culturas tais como o milho no Brasil (Vencovsky et al., 1988), a soja no Paraná (Toledo et al., 1990), sorgo

granífero no Brasil (Rodrigues, 1990), feijão nas regiões Sul e Alto Paranaíba, em Minas Gerais (Abreu et al., 1994). Um ganho anual expressivo de 3,0% foi obtido por Soares (1992) para o arroz de sequeiro, na década de oitenta, em Minas Gerais.

Quando se consideram os valores dos ganhos genéticos obtidos nas regiões I e II do Estado do Espírito Santo, observa-se uma diferença nos resultados. Pelo método de Vencovsky et al. (1988), verificou-se um ganho de 1,98 e 2,43% para as regiões I e II, respectivamente. Pelo método QMP, esses valores foram de 2,97 e 2,31%, respectivamente. Embora com maior nível de produtividade, a região II apresentou um menor ganho genético pelo método do QMP do que na região I. Por esse método, quanto mais precisos forem os ensaios envolvidos no período em estudo, maior será a contribuição das observações de menor variância na estimação do ganho genético médio e total. Durante o período em estudo, foram observados valores um pouco mais altos do Coeficiente de Variação, para a região II, especificamente em Alegre (Tabela 1A). Isso provavelmente se deve ao fato de que, neste local, o plantio do arroz foi realizado por semeadura direta em sulcos de plantio, acarretando falhas, com problemas no estande final, enquanto que nos outros locais, o plantio foi realizado pelo sistema de transplantio de mudas, onde geralmente não ocorre problema de estande. Este fato, aliado ao problema do ataque de pássaros, após a semeadura, contribuíram para um maior valor da variância do ganho. Basicamente, durante o período analisado, problemas com doenças, principalmente a brusone, não se constituíram fatores limitantes nos ensaios.

Tomando por base a produtividade média, os resultados mostraram que as linhagens elite em avaliação final nos Ensaios Comparativos Avançados, após introduzidas e selecionadas nos Ensaios de Observação e Ensaios Comparativos Preliminares, durante os doze anos de avaliação, em média, não superaram a média das cultivares padrão Inca, Franciscano e

Aliança, comuns no período, nas condições do Estado. Essa dificuldade em se obter materiais com alto potencial genético já foi mostrada anteriormente por Rangel, Zimmermann e Neves (1992) e Rangel (1994), quando compararam o rendimento médio de progênies elite de arroz em experimentos, com as melhores testemunhas locais ('BR-IRGA 409' no Rio Grande do Sul e 'Cica 8' nos Estados de Santa Catarina, Minas Gerais, Tocantins e Alagoas). Segundo esses autores, apesar do intenso trabalho de melhoramento, não se conseguiu selecionar, durante toda a década de 80, uma linhagem sequer cuja produtividade fosse significativamente superior à apresentada pelas melhores testemunhas locais.

O melhoramento genético do arroz irrigado tem desempenhado papel importante na produtividade do arroz no Estado, graças ao Programa Estadual da EMCAPA. A produtividade média estadual de grãos de arroz aumentou de 1500 kg/ha em 1974, ano da estruturação da empresa, para 3104 kg/ha em 1993, Anuário... (1994). Embora seja possível que melhorias no manejo tenham ocorrido nesse período, principalmente após a implementação do PROVÁRZEAS, e a dificuldade em predizer o quanto os ganhos genéticos descritos anteriormente tenham sido transferidos aos agricultores, pode-se dizer que a adoção de cultivares recomendadas ou lançadas pela pesquisa tiveram uma contribuição dicisiva para esse aumento. Um bom indicador dessa contribuição é que se observou uma correlação de 63,6% entre as variáveis produtividade média de grãos do Estado e produtividade média anual dos ensaios, nos últimos 20 anos (Figura 1A).

Deve-se ressaltar que o ganho genético médio de 137,06 kg/ha foi baseado na produtividade média das cultivares e linhagens. Sem dúvida, houve um progresso também quanto a outras características como resistência a enfermidades e melhoria na qualidade de grãos, tanto física quanto organoléptica, que tem sido prioridade nos anos recentes, pelos programas estaduais

de pesquisa no país, além da produção de grãos. É importante destacar que as informações aqui obtidas poderão subsidiar o planejamento da pesquisa com arroz no Estado, visando ao avanço dos níveis de produtividade.

De modo geral, o melhoramento do arroz irrigado no Brasil obteve ganhos genéticos extraordinários na década de 70, principalmente pela entrada de materiais de porte baixo no país, provenientes dos programas de melhoramento do IRRI e CIAT, em substituição às cultivares tradicionais de porte alto. Na década de 80, os ganhos foram menores e manteve-se relativamente estável a produtividade de grãos nos Estados. No início da década de 90 a exigência por um tipo de grãos de melhor qualidade e a procura de materiais resistentes a enfermidades, principalmente a brusone e outras características agronômicas desejáveis, fizeram com que estas fossem prioridade em detrimento da produtividade. De modo geral, têm-se conseguido ganhos genéticos consideráveis nos programas estaduais de melhoramento, no entanto, o rendimento de grãos parece ter atingido um platô, com dificuldades para se obter materiais promissores com as características agronômicas favoráveis. Estes fatores devem merecer uma atenção especial nos programas de melhoramento no sentido de buscar alternativas viáveis para melhorar a eficiência dos mesmos, visando a um aperfeiçoamento na seleção de genótipos que compõem os ensaios.

Recentemente, novas alternativas têm sido implementadas nos programas de melhoramento visando à melhoria dos níveis atuais de produtividade na cultura do arroz, com algumas vantagens, como: extração de linhagens em populações de alta variabilidade genética em programas de seleção recorrente (Rangel, 1992 e Rangel e Neves, 1995); utilização de variedades híbridas de arroz, superiores às cultivares convencionais, em função da heterose manifestada em várias características de interesse (Neves, Rangel e Cutrim, 1995); desenvolvimento de um novo tipo de planta, com os atributos de perfilhamento reduzido, ausência de perfilhos improdutivos,

90 a 100 cm de altura, panículas grandes e com maior número de grãos, a fim de facilitar ganhos de produtividade, por possibilitar uma maior densidade de plantio (IRRI, 1990 e Khush, 1995).

O programa de melhoramento genético do arroz irrigado no Espírito Santo produziu resultados bastante positivos, já comentados anteriormente. Esse programa deve ser intensificado, visando oferecer aos agricultores melhores opções de cultivares modernas com grãos de melhor qualidade, mais adaptadas às condições edafoclimáticas do Estado. Isso se justifica, em função do aproveitamento das várzeas drenadas e sistematizadas atualmente subexploradas e mesmo porque, na produção do arroz, deve-se levar em conta sua expressão como alimento básico da população.

Para que o programa atenda às necessidades e continue tendo ganhos genéticos no futuro é imprescindível o manejo de um maior número de populações segregantes não fixadas, com ampla variabilidade genética e proceder à seleção de materiais com um maior potencial para produção, direcionada para as condições específicas regionais, através dos três tipos de ensaios sucessivos que compõem a Rede Nacional de Avaliação de Arroz Irrigado, em um maior número de locais no Estado, permitindo uma análise mais apurada e confiável dos dados. Para tanto, a pesquisa não deve ser desativada, através do escasseamento de recursos financeiros e humanos, como vem ocorrendo atualmente nas instituições públicas do país, não se devendo incorrer no erro de julgar desnecessária sua continuidade. Com as tecnologias desenvolvidas pelo melhoramento genético, hoje disponíveis, é possível reverter o quadro atual onde a produtividade está estável ou evoluindo lentamente, com a liberação de cultivares superiores, para que essa cultura se torne competitiva e de boa rentabilidade no mercado.

6 CONCLUSÕES

• A taxa de substituição média de 40,65% ao ano de materiais genéticos novos nos ensaios, no período analisado, indica razoável dinamismo do programa de melhoramento de arroz irrigado, conduzido no Estado do Espírito Santo.

• Em média, os materiais elite, linhagens fixadas em estágio final de avaliação, não superaram estatisticamente as cultivares padrão (testemunhas) Inca, Franciscano e Aliança, comuns durante todo o período de avaliação, sugerindo a necessidade de introdução de maior variabilidade genética no programa e melhoria da eficiência na seleção. Outra alternativa seria a de selecionar materiais segregantes no próprio ambiente de cultivo, ou seja, nas condições edafoclimáticas do Estado.

• O método dos Quadrados Mínimos Ponderados (QMP) mostrou-se mais eficiente do que os métodos de Vencovesky et al. (1988) e o da Regressão Linear das médias ajustadas dos materiais elite, na estimativa do ganho genético, uma vez que ele apresentou estimativas de maior confiabilidade, com valor de 137,05 kg/ha/ano (D.P. = 19,27), correspondendo a um ganho genético de 2,68% ao ano, contra 137,17 kg/ha/ano (D.P. = 269,50) e 50,06 kg/ha/ano (R^2 = $0,23^{ns}$) dos outros dois métodos, respectivamente.

• Os valores dos ganhos genéticos médios obtidos na região I (Linhares, Barra de São Francisco, Aguia Branca e São Gabriel da Palha) e região II (Alegre, Cachoeiro de

Itapemirim e Domingos Martins), foram praticamente próximos do valor do ganho genético estadual, indicando que ensaios conduzidos em qualquer uma das duas regiões representam a condição do estado, no caso de que novos procedimentos venham a ser empreendidos.

- O programa de melhoramento do arroz irrigado para o Espírito Santo, desenvolvido pela EMCAPA, no período de 1983/84 a 1994/95 mostrou-se eficiente, contribuindo para a melhoria da cultura no Estado e justificando plenamente os recursos alocados para a pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBUD, N.S. **Melhoramento genético do arroz de sequeiro (*Oryza sativa* L.) no Estado do Paraná de 1975 a 1989**. Piracicaba: ESALQ, 1991. 141p. (Tese - Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas).

ABREU, A. de F.B.; RAMALHO, M.A.P.; SANTOS, J.B. dos; MARTINS, L.A. Progresso do melhoramento genético do feijoeiro nas décadas de setenta e oitenta nas Regiões Sul e Alto Paranaíba em Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, n.1, p.105-112, jan. 1994.

ALLIPRANDINI, L.F.; TOLEDO, J.F.F. de; FONSECA, JR., N.S.; KIIHL, R.A. de S.; ALMEIDA, L.A. de. Ganho genético em soja no Estado do Paraná, via melhoramento, no período de 1985/86 a 1989/90. **Pesquisa Agropecuária Brasileira,** Brasília, v.28, n.4, p.489-497, abr. 1993.

ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO BRASIL. Rio de Janeiro: FIBGE, 1994. v.54. p.1.1- 8.32.

BACHA, R.E.; ISHIY, T. Seleção de genótipos de arroz irrigado para resistência à toxidez de ferro. **Lavoura arrozeira**, Porto Alegre, v.40, n.736, p.20-21, nov./dez. 1987.

BONGAARTS, J. Can the growing human population feed itself ?. **Scientif american,** New York, v.270, n.3, p.36-42, Mar. 1994.

BRASIL. Ministério da Agricultura. PROVÁRZEAS Nacional. 2. ed. Brasília, 1983. 254p. (Informação técnica, 1).

BRESEGHELLO, F. **Ganhos para produtividade pelo melhoramento genético do arroz irrigado no Nordeste do Brasil.** Goiânia: UFG, 1995. 93p. (Dissertação - Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas).

CARMONA, P.S. Melhoramento de arroz irrigado na região sul do Brasil. **Lavoura Arrozeira,** Porto Alegre, v.42, n.387, p.14-16, set./out. 1989.

CARMONA, P.S. Variedades de arroz de alto rendimiento em el estado de Rio Grande do Sul. In: INTERNATIONAL RICE COMISSION NEWSLETTER. Roma: FAO, v.42, p.15-17, 1993.

CARMONA, P.S.; TERRES, A.L.; SCHIOCCHET, M. Avaliação crítica dos projetos do PNP - Arroz na área de melhoramento genético, no período de 1980 a 1990: Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 4., Goiânia,1990. **Anais** ... Goiânia: EMBRAPA - CNPAF,1994. p.269-275.

CARLONE, M.R.; RUSSEL, W.A. Response to plant densities and nitrogen levels for four maize cultivars from different eras of breeding. **Crop science**, Madison, v.27, n.3, p.465-470, May/June 1987.

CASTLEBERRY, R.M.; CRUM, C.W.; KRULL, C.F. Genetic yield improvement of. U.S. maize cultivars under varying fertility and climatic environments. **Crop Science**, Madison, v.24, n.1, p.33-36, Jan. 1984.

CHANG, T.T. Rice. In: SIMMONDS, N.W. (ed.) **Evolution of crop plants**. London: Longman Group, 1979. p.98-104.

COCHRAN, W.G.; COX, G.M. **Diseños experimentales**. México: Editorial Trillas, 1978. 661p.

COFFMAN, W.R.; HERRERA, R.M. Rice. In: FEHR, W.; HADLEY, H.H. (ed.). **Hybridization of crop plants.** Madison: American Society of Agronomy/Crop Science Society of America, 1980. p.511-522.

COX, T.S.; SHROYER, J.P.; BEN-HUI, L.; SEARS, R.G.; MARTIN, T.J. Genetic improvement in agronomic traits of hard red winter wheat cultivars from 1919 to 1987. **Crop Science**, Madison, v.28, n.5, p.756-760, Sept./Oct. 1988.

CUEVAS-PEREZ, F.E.; BERRIO, L.E.; GONZALEZ, D.I.; CORREA-VICTORIA, F.; TULANDE, E. Genetic improvement in yield of semidwarf rice cultivars in Colombia. **Crop Science**, Madison, v.35, n.3, p.725-729, May/June 1995.

CUEVAS-PEREZ, F.E.; GUIMARÃES, E.P.; BERRIO, L.E.; GONZALEZ, D.I. Genétic base of irrigated rice in Latin America and the Caribbean, 1971 a 1989. **Crop Science**, Madison, v.32, n.4, p.1054-1059, July/Aug. 1992.

DADALTO, G.G.; BARBOSA, C.A.; SARTORI, M. **Aptidão florestal das terras do Estado do Espírito Santo**. Vitória,ES: Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico, 1992. 16p.

DUVICK, D.N. Genetic contributions to advances in yield of U.S. maize. **Maydica**, Bergamo, v.37, n.1, p.69-79, 1992.

DUVICK, D.N. Genetic contributions to yield gain of U.S. hybrid maize, 1930 to 1980. In: FEHR, W.R. (ed). **Genetic contributions to yield gains of five major crop plants**. Madison: Crop Science Society of America/ American Society of Agronomy, 1984. p.15-47.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA/Departamento Técnico-Científico, Brasília-DF. **Programa Nacional de Pesquisa de Arroz**. Brasília: EMBRAPA/ DID, 1981. 69p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Levantamento e reconhecimento dos solos do Estado Espírito Santo**. Rio de Janeiro: SNLCS, 1978. 461p. (Boletim Técnico, 45).

EMPRESA CAPIXABA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **'Aliança', cultivar de arroz irrigado para o Espírito Santo.** Vitória,ES: EMCAPA, 1992. (Folder).

EMPRESA CAPIXABA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **'EMCAPA 01', nova cultivar de arroz de sequeiro para o Estado do Espírito Santo**. Vitória: EMCAPA, [198-a]. (Folder).

EMPRESA CAPIXABA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **'Franciscano', cultivar de arroz irrigado para o Espírito Santo.** Vitória: EMCAPA, 1988. (Folder).

EMPRESA CAPIXABA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **'Inca':cultivar de arroz irrigado recomendada para o Estado Espírito Santo.** Linhares: EMCAPA, [198-b]. (Folder).

EMPRESA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL/EMPRESA CAPIXABA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Recomendações técnicas para o cultivo do arroz no Estado do Espírito Santo.** Vitória, 1987. 36p. (Articulação Pesquisa - Extensão, 7).

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DE MINAS GERAIS. **Samburá e Mucuri:** Primeiras cultivares melhoradas de arroz para plantio nas várzeas úmidas (brejo) de Minas Gerais. Belo Horizonte: EPAMIG, 1995. (Folder).

ESPÍRITO SANTO, Secretaria de Agricultura. **Informações conjunturais sobre os principais produtos agrícolas do Estado do Espírito Santo.** Vitória, 1991. 39p.

ESPÍRITO SANTO, Secretaria de Agricultura. **Plano para aumentar a produção e qualidade de arroz irrigado no Espírito Santo** - Brasil. Vitória, 1987. 40p.

ESPÍRITO SANTO. Secretaria de Estado de Ações Estratégicas e Planejamento. Departamento Estadual de Estatística. **Informações municipais do Estado do Espírito Santo - 1994**. Vitória, 1994. 803p.

EVANS, L.T. The natural history of crop yield. **American scientist,** New Haven, v.68, n.4, p.388-397, July/Aug. 1980.

EYHÉRABIDE, G.H.; DAMILANO, A.L.; COLAZO, J.C. Genetic gain for grain yield of maize in Argentina. **Maydica,** Bergamo, v.39, n.3, p.207-211, 1994.

FAGERIA, N.K.; BARBOSA FILHO, M.P.; CARVALHO, J.R.P.; RANGEL, P.H.N.; CUTRIM, V. dos A. Avaliação preliminar de cultivares de arroz para tolerância a toxidez de ferro. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.19, n.10, p.1271-1278, out. 1984.

FEHR, W.R. **Principles of cultivar development**. New York: Macmillan publishing, 1987. v.1, 536p.

FEIL, B. Breeding progress in small grain cereals - a comparison of old and modern cultivars. **Plant Breeding,** Berlin, v.108, n.1, p.1-11, Jan. 1992.

FERREIRA, R. de P.; RANGEL, P.H.N.; CASTRO, E. da M.; TEIXEIRA, S.M.; CUTRIM, V. dos A.; FERREIRA, R. de P. Melhoramento genético de arroz irrigado no Brasil. In: REUNION SOBRE MEJORAMIENTO DE ARROZ EN EL CONO SUR. Goiânia, 1989. Diálogo XXXIII, Montevideo: IICA, 1991. p.29-35.

FEYERHERM, A.M.; KEMP, K.E.; PAULSEN, G.M. Genetic contribution to increased wheat yields in USA between 1979 and 1984. **Agronomy Journal**, Madison, v.81, p.242-245, Mar./Apr. 1989.

FEYERHERM, A.M.; PAULSEN, G.M.; SEBAUGH, J.L. Contribution of genetic improvement to recent wheat yield increases in the USA. **Agronomy Journal**, Madison, v.76, n.6, p.985-990, Nov./Dec. 1984.

FONSECA, J.R.; RANGEL, P.H.N.; PRABHU, A.S. **Características botânicas e agronômicas de cultivares de arroz** (*Oryza sativa* L.). Goiânia: EMBRAPA - CNPAF, 1981. 32p. (Circular Técnica, 14).

HARGROVE, T.R. Diffusion and adaption of semidwarf rice cultivars as parent in Asian rice breeding programs. **Crop science**, Madison, v.19, n.5, p.571 - 574, Sept./Oct. 1979.

HARGROVE, T.R.; CABANILLA, V.L.; COFFMAN, W.R. Twenty years of rice breeding: The role of semidwarf varieties in rice breeding for Asian farmers and the effects on cytoplasmic diversity. **Bioscience**, Washington, v.38, n.10, p.675-681, Nov. 1988.

HOFFMANN, R.; VIEIRA, S. **Análise de regressão**:uma introdução à econometria. 2. ed. São Paulo: Ed. Hucitec, 1987. 379p.

INFORMATIVO anual das Comissões Técnicas Regionais de Arroz:cultivares de arroz recomendadas para plantio no ano agrícola 1995/96. Goiânia: EMBRAPA - CNPAF, 1995. 39p.

INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE. **Annual report for 1967**. Manila, IRRI, 1968.

INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE. **IRRI 1989**: planning for the 1990's. Manila, IRRI, 1990.

ISHIY, T.O. impacto das cultivares modernas de arroz irrigado em Santa Catarina. **Lavoura arrozeira,** Porto Alegre, v.38, n.359, p.10-14, Jul./Ago. 1985.

KHALIL, I.H.;CARVER, B.F.; SMITH, E.L. Genetic gain in two selection phases of a wheat breeding program. **Plant Breeding,** Berlin, v.114, n.2, p.117-120, Apr. 1995.

KHUSH, G.S. Aumento do potencial genético de rendimento do arroz: perspectivas e métodos. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DE ARROZ PARA A AMÉRICA LATINA E O CARIBE, 9., Goiânia, 1994. **Conferência...** Goiânia: EMBRAPA-CNPAF/CIAT, 1995. p.13-29.

KLUTHCOUSKI, J.; SEGUY, L.; BOUZINAC, C.S.; RAISSAC, M. M. de; MOREIRA, J.A.A. O arroz nos sistemas agrícolas do cerrado. In:REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 3, Goiânia,1987. **Anais**. . .Goiânia: EMBRAPA - CNPAF, 1991. p.282-330.

LEVANTAMENTO SISTEMÁTICO DA PRODUÇÃO AGRÍCOLA. Comparativo entre as informações mensais. Vitória, ES: Divisão de Pesquisa no Espírito Santo/FIBGE, 1994.

LIANG, C.Z.; GU, M.H.; PAN, X.B.; LIANG, G.H.; ZHU, L.H. RFLP tagging of a new semidwarfing gene in rice. **Theoretical and applied genetics**, Berlin, v.88, n.6-7, p.898-900, Aug. 1994.

LINSCOMBE, S. Base genética del arroz en Estados Unidos. **Arroz en las Américas**, Cali, v.13, n.2, p.4-6, 1992.

LOPES, A. de M. Avaliação crítica dos projetos do PNP - Arroz na área de melhoramento genético, no período de 1980 a 1990: Regiões Norte e Nordeste. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 4, Goiânia,1990. **Anais** ... Goiânia: EMBRAPA-CNPAF, 1994. p.287-307.

LYNCH, P.J.; FREY, K.J. Genetic improvement in agronomic and physiological traits of oat since 1914. **Crop Sciense**, Madison, v.33, n.5, p.984-988, Sept/Oct. 1993.

MARTINS, J.F. da S. Resistência de arroz a insetos no Brasil. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 3, Goiânia,1987. **Anais**... Goiânia: EMBRAPA -CNPAF, 1991. p.203-222.

MATTOS, T.; SOARES, S.F.; FONSECA, W.F. da; SILVA, A.F. da; MONTEIRO FILHO, F. de M. Ensaio Comparativo Avançado de Arroz Irrigado no Espírito Santo, ano de 83/84. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 13., B. Camboriu, 1984. **Anais** ... Florianópolis: EMPASC, 1984. p.68-72.

McCAIG, T.N.; De PAUW, R.M. Breeding hard red spring wheat in western Canadá: Historical trends in yield and related variables. **Canadian Journal of Plant Science,** Ottawa, v.75, n.2, p.387-393, Apr. 1995.

McKENZIE, K.S.; BOLLICH, C.N.; RUTGER, J.N.; MOLDENHAUER, K.A.K. Rice. In: FEHR,W.R. **Principles of cultivar development.** New York: Macmillan publishing, 1987. v.2, cap. 13, p.487-532.

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Cenário futuro do negócio agrícola de Minas Gerais**. Belo Horizonte: ASCP/EPAMIG,1995. v.3. 57p.

MORAIS, O.P.; ABBUD, N.S. **Subsídios para avaliação do progresso genético dos programas estaduais de melhoramento de arroz no Brasil**. Goiânia: EMBRAPA - CNPAF, 1993. (Apostila).

NEDEL, J.L. Progresso genético no rendimento de grãos de cultivares de trigo lançadas para o cultivo entre 1940 e 1992. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, n.10, p.1565-1570, out. 1994.

NEVES, P.C.F.; RANGEL, P.H.N.; CUTRIN, V.A. Seleção recorrente recíproca para produção de arroz híbrido. In: TALLER INTERNACIONAL SOBRE SELEÇÃO RECORRENTE EM ARROZ, 1., Goiânia,1995. **Anais** ... Goiânia: EMBRAPA - CNPAF/CIAT/CIRAD-CA/INGER, 1995. p.142-147.

OLIVEIRA, A.B. de. Diagnóstico da cultura do arroz no Rio de Janeiro e Espírito Santo. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 3, Goiânia, 1987. **Anais** ... Goiânia: EMBRAPA - CNPAF, 1991. p.66-81.

PELTONEN-SAINIO, P.; PELTONEN, J. Progress since the 1930s in breeding for yield, its components, and quality traits of spring wheat in Finland. **Plant Breeding**, Berlim, v.113, n.3, p.177-186, Nov. 1994.

PINHEIRO, B. da S.; STEINMETZ, S.; STONE, L.F.; GUIMARÃES, E.P. Tipo de planta, regime hídrico e produtividade do arroz de sequeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira,** Brasília, v.20, n.1, p.87-95, jan. 1985.

PRABHU, A.S. **Sistema de produção de arroz de sequeiro, visando controle da brusone.** Goiânia, EMBRAPA - CNPAF, 1980. 15p. (Circular Técnica, 1).

RAMALHO, M.A.P.; SANTOS, J.B. dos; ZIMMERMANN, M.J. de O. **Genética quantitativa em plantas autógamas:** aplicações ao melhoramento do feijoeiro. Goiânia: Editora da UFG, 1993. 271p.

RANGEL, P.H.N. Avaliação crítica dos projetos do PNP - Arroz na área de Melhoramento Genético, no período de 1980 a 1990: Região Sudeste. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 4., Goiânia,1990. **Anais** ... Goiânia: EMBRAPA-CNPAF, 1994. p.277-285.

RANGEL, P.H.N. La selección recurrente mejora el arroz brasileño. **Arroz en las Américas**. Cali, v.13, n.1, p.4-5, Abr. 1992.

RANGEL, P.H.N.; CRUZ, C.D.; VENCOVSKY, R.; FERREIRA, R. de P. Selection of local lowland rice cultivars based on multivariate genetic divergence. **Revista Brasileira de Genética,** Ribeirão Preto, v.14, n.2, p.437-453, 1991a.

RANGEL, P.H.N.; NEVES, P.C.F. Seleção recorrente em arroz irrigado no Brasil. In: TALLER INTERNACIONAL SOBRE SELEÇÃO RECORRENTE EM ARROZ, 1., Goiânia,1995. **Anais** ... Goiânia: EMBRAPA-CNPAF/CIAT/CIRAD-CA/INGER, 1995. p.114-128.

RANGEL, P.H.N.; NEVES, P. de C.F. Variedades de arroz irrigado liberadas em 1993 para Brasil. In: RED INTERNACIONAL PARA LA EVALUACIÓN GENÉTICA DEL ARROZ, INGER - America Latina, 1994. Cali: INGER-America Latina, 1994. p.20-29.

RANGEL, P.H.N.; PINHEIRO, B. da S.; PRABHU, A.S.; FERREIRA, R. de P. Melhoramento de arroz para várzeas úmidas no Brasil. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 3., Goiânia,1987. **Anais** ... Goiânia:EMBRAPA-CNPAF, 1991b. p.459-482.

RANGEL, P.H.N.; ZIMMERMANN, F.J.P.; NEVES, P.C.F. El CNPAF investiga: decrece en Brasil el rendimiento del arroz de riego ? **Arroz en las Américas**, Cali,v.13, n.1, p.1-4, Abr. 1992.

RODRIGUES, J.A.S. **Progresso genético e potencial de risco da cultura do sorgo granífero [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] no Brasil.** Piracicaba: ESALQ, 1990. 171p. (Tese - Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas).

RUSSEL, W.A. Evaluations for plant, ear, and grain traits of maize cultivars representing seven eras of breeding. **Maydica**, Bergamo, v.30, n.1, p.85-96, 1985.

SANT'ANA, E.P.; HECKLER, J.C.; SILVA, J.T.A. da; IMBELONI, A.G.; BAZONI, R.; BARROS, L.G. de; PRABHU, A.S. Avaliação crítica dos projetos do PNP - Arroz na área de melhoramento genético, no período de 1980 a 1990: Região Centro - Oeste. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 4, Goiânia, 1990. **Anais ...** Goiânia: EMBRAPA - CNPAF, 1994. p.309-323.

SANT'ANA, E.P.; MORAIS, O.P. de. Melhoramento do arroz para cultivo em condições de sequeiro no Brasil. In: REUNION SOBRE MEJORAMIENTO DE ARROZ EN EL CONO SUR. Goiânia, 1989. Diálogo XXXIII, Montivideo: IICA, 1991. p.41-50.

SARTORI, M.T.R.; BARROS, L.G. de; MORAES, O.P.de; SANT'ANA, E.P. Progresso, cultivar de arroz de secano para las áreas favorecidas de Mato Grosso. In: RED INTERNACIONAL PARA LA EVALUACIÓN GENÉTICA DEL ARROZ, INGER - América Latina, 1994. Cali: INGER - América Latina, 1994. p.49-55.

SAS INSTITUTE INC. **SAS user's guide**: Statistics. Version 5 Edition. Cary, NC : SAS Institute Inc., 1985. 956p.

SCHMIDT, J.W. Genetic contributions to yield gains in wheat. In: FEHR, W.R.,(ed.). **Genetic contributions to yield gains of five major crops plants.** Madison: Crop Science Society of America / American Society of Agronomy, 1984. p.89-101.

SISTEMAS DE PRODUÇÃO PARA ARROZ - Espírito Santo; revisão. Vitória: EMBRATER/EMBRAPA/EMATER-ES/EMCAPA, dez. 1981. 32p. (Boletim, 342).

SLAFER, G.A.; ANDRADE, F.H. Changes in physiological attributes of the dry matter economy of bread wheat (*Triticum aestivum*) through genetic improvement of grain yield potential at different regions of the word - a review. **Euphytica**, Wageningen, v.58, n.1, p.37-49, Oct. 1991.

SOARES, A.A. **Desempenho do melhoramento genético do arroz de sequeiro e irrigado da década de oitenta em Minas Gerais.** Lavras: ESAL, 1992. 188p. (Tese - Doutorado em Fitotecnia).

SOARES, A.A.; MORAIS, O.P. de; SOARES, P.C. A cultura de arroz na Zona da Mata e os resultados de pesquisa e de campos de demonstração. **Informe Agropecuário,** Belo Horizonte, v.7, n.83, p.44-45, 1981.

SOARES, S.F. ; MATTOS, T. Comportamento de cultivares e linhagens de arroz irrigado no Espírito Santo. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v.40, n.376, p.22-25, Nov./Dez. 1987.

SPECHT, J.E.; WILLIAMS, J.H. Contribution of genetic tecnology to soybean productivity - retrospect and prospect. In: FEHR, W.R. (ed.). **Genetic contributions to yield gains of five major crop plants.** Madison: Crop Science Society of America/American Society fo Agronomy, 1984. p.49-74.

St. MARTIN, S.K.; McBLAIN, B.A. Procedure to estimate genetic gain by stages in multistage testing programs. **Crop Science**, Madison, v.31, n.5, p.1367 - 1369, Sept. / Oct. 1991.

STEEL, R.G.D.; TORRIE, J.H. **Principles and procedures of statistics**: A biometrical approach. 2.ed. Singapore: McGraw-Hill, 1980. 633p.

TOLEDO, J.F.F. de; ALMEIDA, L.A. de; KIIHL, R.A. de S.; MENOSSO, O.G. Ganho genético em soja no Estado do Paraná, via melhoramento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira,** Brasília, v.25, n.1, p.89-94, Jan. 1990.

TOLLENAAR, M. Genetic improvement in grain yield of commercial maize hybrids grow in Ontário from 1959 to 1988. **Crop Science**, Madison, v.29, n.6, p.1365 - 1371, Nov./Dec. 1989.

VAUGHAN, D.A. **The genus *Oryza*** L.: current status of taxonomy. Manila: IRRI, 1989. 21p. (Research Paper Series, 138).

VENCOVSKY, R.; MORAES, A.R.; GARCIA, J.C.; TEIXEIRA, N.M. Progresso genético em vinte anos de melhoramento de milho no Brasil. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 16, Belo Horizonte,1986. **Anais** ... Sete Lagoas: EMBRAPA - CNPMS, 1988. p.300-307.

WADDINGTON, S.R.; OSMANZAI, M.; YOSHIDA, M.; RANSOM, J.K. The yield of durum wheats released in Mexico between 1960 and 1984. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.108, pt. 2, p.469-477, Apr. 1987.

APÊNDICE

TABELA 1A. Médias de produtividade de grãos de genótipos de arroz nos Ensaios Comparativos Avançados (ECA's) em relação a locais e anos agrícolas, conduzidos no Estado do Espírito Santo, de 1983/84 a 1994/95, utilizadas para a estimação dos ganhos genéticos.

Cultivares e Linhagens	1983/84		1984/85				1985/86			1986/87			
	Linhares	Alegre	Alegre	C. Itapem.	S.G. Palha	D. Martins	Linhares	C. Itapem.	B.S. Fco.	Linhares	Alegre	C. Itapem.	B.S. Fco.
	kg/ha												
IR 841-63-5- L-9-33	3458	4896	4800	5410	4866	7878	4467	8513	7330	5341	6287	6518	5046
RJ 001	4615	6208											
MG 50	4271	4077											
IET 1785	4073	6167											
GA 3454	3698	6097											
GA 3465	3563	5903											
GA 3739	4490	5972											
GA 3875	3771	5000	1747	7511	5142	5183							
GA 3877	3208	6660	4463	5209	4505	7879							
GA 3880	5323	6479	5053	7088	6016	8112	4185	9633	8604				
GA 3885	4708	5264	5097	8123	6033	9174	4303	9673	7737	5733	5867	7432	5030
Aliança	4354	6382	5047	7391	6495	9817	4913	8957	8715	5912	6547	6895	5157
Franciscano	4365	6729	3140	7000	5815	7344	5510	9597	7969	5594	4493	8245	5428
GA 3916	4875	5736	2807	7347	4543	6683	5475	10013	6924				
IR 661			5103	6599	5312	5863							
Inca			5000	9183	6334	8837	4217	10243	8551	4673	5753	7508	5124
GA 3848			4273	6477	4711	6096							
GA 3891			4793	8079	7587	8778	4776	9887	7810	5724	6353	6514	4941
GA 3814			4730	8502	3928	8170	4657	9047	9250	6642	5887	6431	5202
GA 3887			5037	7946	5559	9372	5278	9087	8301	5979	5873	6830	4380
GA 3831			5250	8089	5041	6767							
GA 3966			4640	5195	3418	6640	3891	7357	3432				
CNA 5189							4881	9157	8033	4770	6980	6870	4445
CNA 3479							5268	7893	7445				
CNA 4892							4997	9363	7787	5129	5987	6310	4649
CNA 5194							4786	8667	7421				
CNA 796019							4412	8407	5207				
BR-IRGA 410							3621	5320	7126				
Cica 9							4265	8367	6648	5247	5013	6365	4349
MG 1										4010	3613	6272	5196
CNA 5124										4932	6573	6304	5157
MG 2										4957	5300	6545	4768
CNA 3771										5624	5373	6355	5649
CNA 3815										5221	5620	5568	4686
RJ 10										5039	5993	7097	4068
GA 3882										6256	6127	7266	5087
GA 4968										4769	6613	6358	4903
Nº Genótipos	14	14	16	16	16	16	18	18	18	19	19	19	19
Nº Repetições	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
C. Variação (%)	19,22	12,67	15,88	11,49	16,85	12,60	11,29	8,19	11,67	10,49	21,27	10,85	8,05
GL Resíduo	26	26	30	30	30	30	34	34	34	36	36	36	36
SQ Resíduo	16924600,52	14164444,71	14886729,17	20519439,96	24201219,50	27946409,04	9420082,41	17849322,22	25768088,18	11319562,98	54828421,05	19124972,07	5623934,07
QM Resíduo	650946,17	544786,34	496224,30	683981,33	806707,32	931546,97	277061,25	524980,06	757884,95	314432,30	1523011,70	531249,22	156220,39

TABELA 1A. Continuação ...

Cultivares e Linhagens	1987/88				1988/89			1989/90			1990/91		
	Linhares	Alegre	C. Itapem.	B. S. Fco.	Alegre	C. Itapem.	B. S. Fco.	Alegre	C. Itapem.	B. S. Fco.	Linhares	Alegre	B. S. Fco.
	kg/ha												
GA 3472	7542	7133	6770	7804	5306	8958	2147	6028	7867	6048			
GA 3461	7015	6807	5941	8633	5695	7099	3770	6979	7038	7445			
GA 4492	6629	6580	4629	8402									
GA 5213	6628	6707	3127	7260									
CNA 5508	7461	6473	7469	8503	3891	8727	5404	5982	7146	7015	6643	4448	7007
CNA 5557	5860	6013	6466	8085	3222	6934	3539						
CNA 5554	7401	6400	6395	6803	3695	8829	4375	7318	7086	6992	6235	4166	6382
CNA 5555	7552	7340	9491	8050	5557	9731	4750	5701	4893	5058	7756	5208	7513
Inca	6658	6700	7443	8095	3678	6844	5017	3624	5709	7199	6206	3612	6972
Aliança	7123	6780	7576	8138	4861	8472	4950	6912	6289	7591	7378	3703	7492
Franciscano	6219	7320	5627	7888	5362	8655	5205	7064	6674	6219	7268	3986	7149
GA 3882	6620	6720	6774	7410	3615	9779	5395	6746	6657	6730	6007	3243	6323
CNA 5544	7235	4433	8189	7479									
GA 3888	6264	6620	6271	7602									
GA 3486	6062	6467	4206	4596									
CNA 5189	6234	6487	6726	7376	3834	9173	5784	6099	4874	6331	6441	3806	6493
CNA 6094					3861	10170	4179	6041	6552	6909			
CNA 6089					5473	9918	4252	7128	8709	7492	6881	4389	6724
CNA 5731					4556	7106	4220						
CNA 6100					4556	9018	4942	6528	7827	6790	6654	5401	6366
CNA 6088					4278	9135	4081	6951	7976	7343			
CNA 5505					4195	8375	2567						
CNA 5496					3333	6345	4479						
GA 3814					3862	9733	6999	6088	6497	7183	6893	3722	6008
CNA 5696					6140	9968	5848	5768	7615	5993	6677	6136	7969
CNA 6750											5946	4848	6351
CNA 6793											6544	4749	6145
MG 441											6323	5312	6606
CNA 3461											6422	4404	7674
Nº Genótipos	16	16	16	16	20	20	20	16	16	16	16	16	16
Nº Repetições	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
C. Variação (%)	6,00	12,59	8,74	13,80	28,63	17,68	15,60	16,91	17,61	19,85	13,67	18,04	8,95
GL Resíduo	30	30	30	30	38	38	38	30	30	30	30	30	30
SQ Resíduo	4963460,04	20482383,33	9526656,04	33274672,83	61623947,97	88885094,13	19540822,70	34168629,62	43498328,79	54212563,17	24723968,96	19289891,50	11191504,71
QM Resíduo	165448,67	682746,11	317555,20	1109155,76	1621682,84	2339081,42	514232,18	1138954,32	1449944,29	1807085,44	824132,30	642996,38	373050,16

TABELA 1A. Continuação ...

Cultivares e Linhagens	1991/92				1992/93			1993/94			1994/95	
	Limhares	Alegre	C. Itapem.	B. S. Fco.	Linhares	Alegre	A. Branca	Linhares	C. Itapem.	D. Martins	Linhares	C. Itapem.
	kg/ha											
CNA 5508	5326	7085	6680	4407								
Inca	5869	6345	7907	3889	6818	6200	5463	5923	5914	3058	4844	6259
CNA 5189	5453	4870	8307	4603								
CNA 6089	5516	8405	7963	4264								
CNA 5696	5261	7400	8633	5027								
Aliança	5675	6567	8269	4338	6112	4625	4923	6212	5121	2910	3656	6615
Franciscano	5616	7205	7984	4944	6203	6525	5093	5706	4923	2874	6282	5760
CNA 7222	5409	6868	7147	4724								
CNA 7203	5552	6385	7165	4420								
CNA 7263	6013	6075	8496	4255								
CNA 7264	5429	6778	7858	4796								
GA 3814					6731	4875	5596					
BR-IRGA 409					6270	4675	6354					
CNA 7548					5120	5625	6117					
CNA 7543					5299	6250	6196	4829	5002	2663		
CNA 7162					5517	6300	5369					
CNA 7531					5210	5812	6564	5931	6744	3756	4700	6757
CNA 7193					4393	3875	4466					
IAC 1278								6655	7491	4230	6056	6154
PR 37								6076	7529	3927	4989	5152
IAC 1307								6442	7144	4538		
CNA 7821								6203	6215	4648		
IAC 1316								6580	8092	4613	5800	7226
EEBN 4								5106	5164	4248	3167	4893
EEBN 7								5111	5808	3894		
CNA 7940											4915	4607
CNA 8041											4661	5283
CNA 7967											4544	3196
PR 333											3585	5800
Nº Genótipos	11	11	11	11	10	10	10	12	12	12	12	12
Nº Repetições	3	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4
C. Variação (%)	7,82	19,74	9,62	15,04	10,74	16,71	15,42	8,37	17,65	16,42	11,03	12,53
Gl. Resíduo	20	30	30	20	27	27	27	33	33	33	33	33
SQ Resíduo	3771661,88	52854153,64	17121626,45	9217282,30	10354381,68	22604187,50	20237821,50	8033903,00	40301702,44	12708982,19	9125260,52	16482653,50
QM Resíduo	188583,09	1761805,12	570720,88	460864,12	383495,62	837192,13	749548,94	243451,61	1221263,71	385120,67	276523,05	499474,35

TABELA 2A. Resultados das análises de variância conjunta por ano, para a característica produtividade de grãos em arroz irrigado por inundação, obtidos nos Ensaios Comparativos Avançados, no Estado do Espírito Santo.

FV	1983/84			1984/85			1985/86			1986/87		
	GL	SQ	QM	GL	SQ	QM	GL	SQ	QM	GL	SQ	QM
Ensaios (E)	1	55.679.230,01	—	3	335.462.238,18	—	2	490.296.638,37	—	3	102.810.725,17	—
Blocos d. Ensaios	4	1.621.288,76	—	8	22.275.280,33	—	6	26.490.215,18	—	8	53.846.513,16	—
Mat. Genéticos (G)	13	20.394.240,87	1.568.787,75^{ns}	15	128.499.851,33	8.566.656,76**	17	103.320.358,44	6.077.668,14**	18	25.815.125,82	1.434.173,66^{ns}
G × E	13	16.270.351,82	1.251.565,52*	45	111.362.636,57	2.474.725,26**	34	73.639.343,18	2.165.863,04**	54	57.787.322,75	1.070.135,61*
Erro médio	52	31.089.045,24	597.866,25	120	87.553.797,67	729.614,98	102	53.037.492,82	519.975,42	144	90.896.890,18	631.228,40

FV	1987/88			1988/89			1989/90			1990/91		
	GL	SQ	QM	GL	SQ	QM	GL	SQ	QM	GL	SQ	QM
Ensaios (E)	3	41.560.908,06	—	2	681.772.392,84	—	2	7.942.989,06	—	2	168.175.237,04	—
Blocos d. Ensaios	8	1.885.905,75	—	6	26.832.469,20	—	6	26.664.710,42	—	6	12.296.106,83	—
Mat. Genéticos (G)	15	72.663.197,24	4.844.213,15*	19	88.550.503,47	4.660.552,81^{ns}	15	61.100.662,11	4.073.377,47*	15	28.104.399,05	1.873.626,60*
G × E	45	110.319.866,19	2.451.552,58**	38	105.047.702,93	2.764.413,24*	30	47.114.462,06	1.570.482,07^{ns}	30	26.804.571,85	893.485,73^{ns}
Erro médio	120	68.247.172,25	568.726,44	114	170.049.864,80	1.491.665,48	90	131.879.521,58	1.465.328,02	90	55.205.365,17	613.392,95

FV	1991/92			1992/93			1993/94			1994/95		
	GL	SQ	QM	GL	SQ	QM	GL	SQ	QM	GL	SQ	QM
Ensaios (E)	3	237.695.891,00	—	2	1.694.864,22	—	2	172.469.814,85	—	1	18.382.875,84	—
Blocos d. Ensaios	10	22.820.864,65	—	9	27.056.453,08	—	9	18.239.874,12	—	6	10.185.068,73	—
Mat. Genéticos (G)	10	12.654.328,00	1.265.432,80^{ns}	9	31.659.588,54	3.517.732,06^{ns}	11	68.005.170,97	6.182.288,27**	11	58.238.396,28	5.294.399,66^{ns}
G × E	30	38.712.263,00	1.290.408,77^{ns}	18	36.403.457,28	2.022.414,29**	22	25.991.310,82	1.181.423,22*	11	36.647.443,78	3.331.585,80**
Erro médio	100	82.964.724,00	829.647,24	81	53.196.390,68	656.745,56	99	61.044.627,88	616.612,40	66	25.607.914,02	387.998,70

ns - teste F não significativo.

* - teste F significativo ao nível de 5% de probabilidade.

** - teste F significativo ao nível de 1% de probabilidade.

TABELA 3A. Matriz de covariância dos ganhos genéticos estimados pelo método QMP para o Estado do Espírito Santo.

$$V = \begin{bmatrix} 9138,1699 & -345,4617 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 \\ -345,4617 & 3769,8604 & -610,1129 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 \\ 0,0000 & -610,1129 & 4056,0400 & -1057,0808 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 \\ 0,0000 & 0,0000 & -1057,0808 & 14268,5850 & -1346,4168 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 \\ 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & -1346,4168 & 8126,7139 & -1130,0492 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 \\ 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & -1130,0492 & 2071,7576 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 \\ 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 4811,8540 & -1419,8911 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 \\ 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & -1419,8911 & 8555,1914 & -3078,4683 & 0,0000 & 0,0000 \\ 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & -3078,4683 & 27136,2383 & -5472,8799 & 0,0000 \\ 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & -5472,8799 & 11467,7197 & -856,4058 \\ 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & -856,4058 & 4161,8408 \end{bmatrix}$$

TABELA 4A. Matriz de covariância dos ganhos genéticos estimados pelo método QMP para a Região I do Estado do Espírito Santo.

$$V = \begin{bmatrix} 28430{,}4414 & -1527{,}8549 & 0{,}0000 & 0{,}0000 & 0{,}0000 & 0{,}0000 & 0{,}0000 & 0{,}0000 & 0{,}0000 & 0{,}0000 & 0{,}0000 \\ -1527{,}8549 & 10688{,}3574 & -910{,}7654 & 0{,}0000 & 0{,}0000 & 0{,}0000 & 0{,}0000 & 0{,}0000 & 0{,}0000 & 0{,}0000 & 0{,}0000 \\ 0{,}0000 & -910{,}7654 & 4550{,}3687 & -788{,}1743 & 0{,}0000 & 0{,}0000 & 0{,}0000 & 0{,}0000 & 0{,}0000 & 0{,}0000 & 0{,}0000 \\ 0{,}0000 & 0{,}0000 & -788{,}1743 & 20384{,}7871 & -3017{,}5293 & 0{,}0000 & 0{,}0000 & 0{,}0000 & 0{,}0000 & 0{,}0000 & 0{,}0000 \\ 0{,}0000 & 0{,}0000 & 0{,}0000 & -3017{,}5293 & 10029{,}7871 & -1168{,}7094 & 0{,}0000 & 0{,}0000 & 0{,}0000 & 0{,}0000 & 0{,}0000 \\ 0{,}0000 & 0{,}0000 & 0{,}0000 & 0{,}0000 & -1168{,}7094 & 2142{,}6340 & 0{,}0000 & 0{,}0000 & 0{,}0000 & 0{,}0000 & 0{,}0000 \\ 0{,}0000 & 0{,}0000 & 0{,}0000 & 0{,}0000 & 0{,}0000 & 0{,}0000 & 14627{,}6455 & -2078{,}4417 & 0{,}0000 & 0{,}0000 & 0{,}0000 \\ 0{,}0000 & 0{,}0000 & 0{,}0000 & 0{,}0000 & 0{,}0000 & 0{,}0000 & -2078{,}4417 & 10828{,}3066 & -2811{,}4597 & 0{,}0000 & 0{,}0000 \\ 0{,}0000 & 0{,}0000 & 0{,}0000 & 0{,}0000 & 0{,}0000 & 0{,}0000 & 0{,}0000 & -2811{,}4597 & 29643{,}7109 & -7081{,}5283 & 0{,}0000 \\ 0{,}0000 & 0{,}0000 & 0{,}0000 & 0{,}0000 & 0{,}0000 & 0{,}0000 & 0{,}0000 & 0{,}0000 & -7081{,}5283 & 14182{,}2002 & -1014{,}3816 \\ 0{,}0000 & 0{,}0000 & 0{,}0000 & 0{,}0000 & 0{,}0000 & 0{,}0000 & 0{,}0000 & 0{,}0000 & 0{,}0000 & -1014{,}3816 & 5416{,}4023 \end{bmatrix}$$

[illegible]	0000,0	0000,0	0000,0	0000,0	0000,0	[illegible]	0000,0	0000,0	[illegible]	
[illegible]	[illegible]	0000,0	0000,0	0000,0	0000,0	[illegible]	0000,0	[illegible]	[illegible]	
[illegible]	0000,0	0000,0	0000,0	0000,0	0000,0		[illegible]	[illegible]	[illegible]	
[illegible]	0000,0	0000,0	0000,0	0000,0	[illegible]		[illegible]	[illegible]	0000,0	0000,0
[illegible]	0000,0	[illegible]	[illegible]	[illegible]			[illegible]	[illegible]	0000,0	0000,0
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]				[illegible]	[illegible]	0000,0
[illegible]	0000,0	[illegible]	[illegible]	[illegible]			[illegible]	[illegible]	[illegible]	0000,0
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]				[illegible]	0000,0
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]			[illegible]	[illegible]	0000,0
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]		[illegible]		[illegible]	0000,0
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]		[illegible]	[illegible]	[illegible]	0000,0

TABELA 5A. Matriz de covariância dos ganhos genéticos estimados pelo método QMP para a Região II do Estado do Espírito Santo.

$$V = \begin{bmatrix} 14616,6436 & -444,3925 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 \\ -444,3925 & 8408,5957 & -1847,9556 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 \\ 0,0000 & -1847,9556 & 12739,3008 & -3440,1494 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 \\ 0,0000 & 0,0000 & -3440,1494 & 36689,5550 & -2368,1377 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 \\ 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & -2368,1377 & 15870,7432 & -2250,4338 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 \\ 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & -2250,4338 & 4125,7959 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 \\ 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 8959,8672 & -4465,2524 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 \\ 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & -4465,2524 & 24796,2539 & -7573,1367 & 0,0000 & 0,0000 \\ 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & -7573,1367 & 84177,5160 & -20929,8027 & 0,0000 \\ 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & -20929,8027 & 32643,0234 & -1673,3170 \\ 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & -1673,3170 & 9386,1504 \end{bmatrix}$$

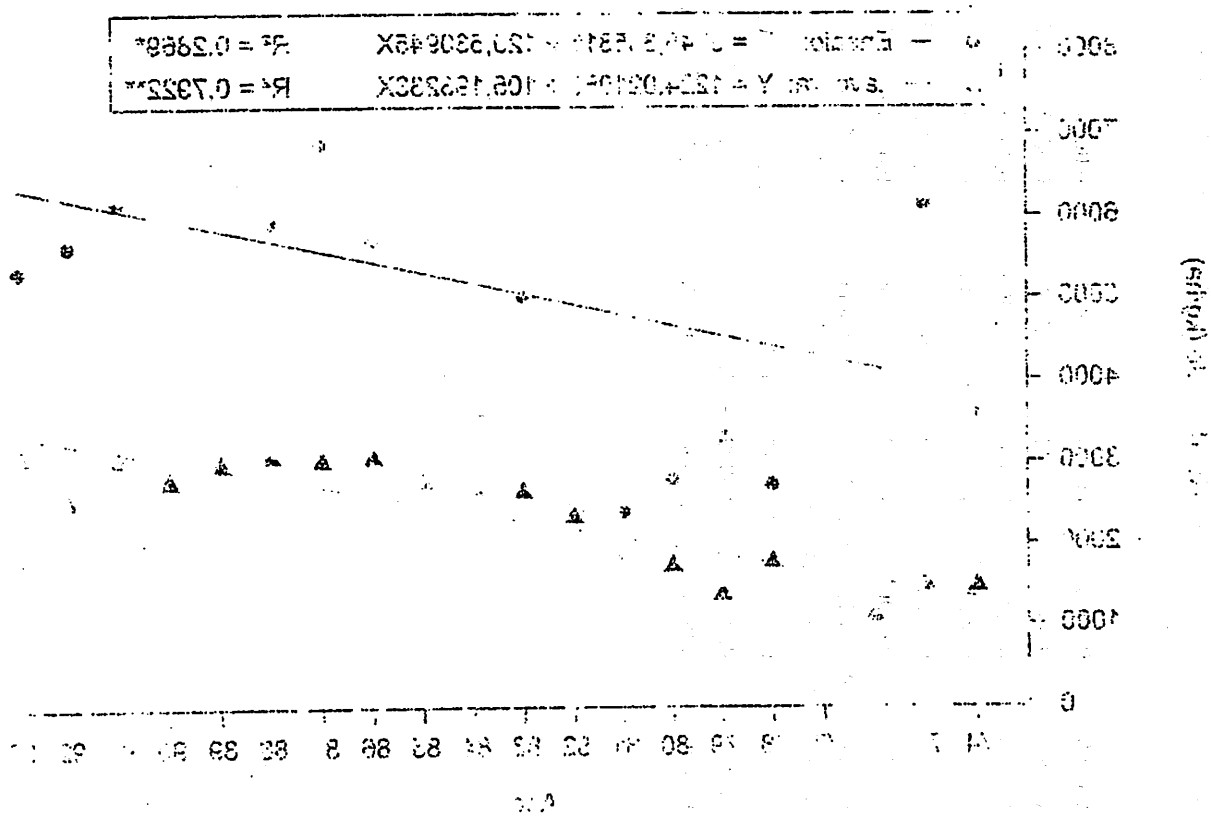

FIGURA 7.4 E

. Media anual de área de [illegible], obtida [illegible] período
[illegible] período de 1974 a 1993, no Estado [illegible] espin

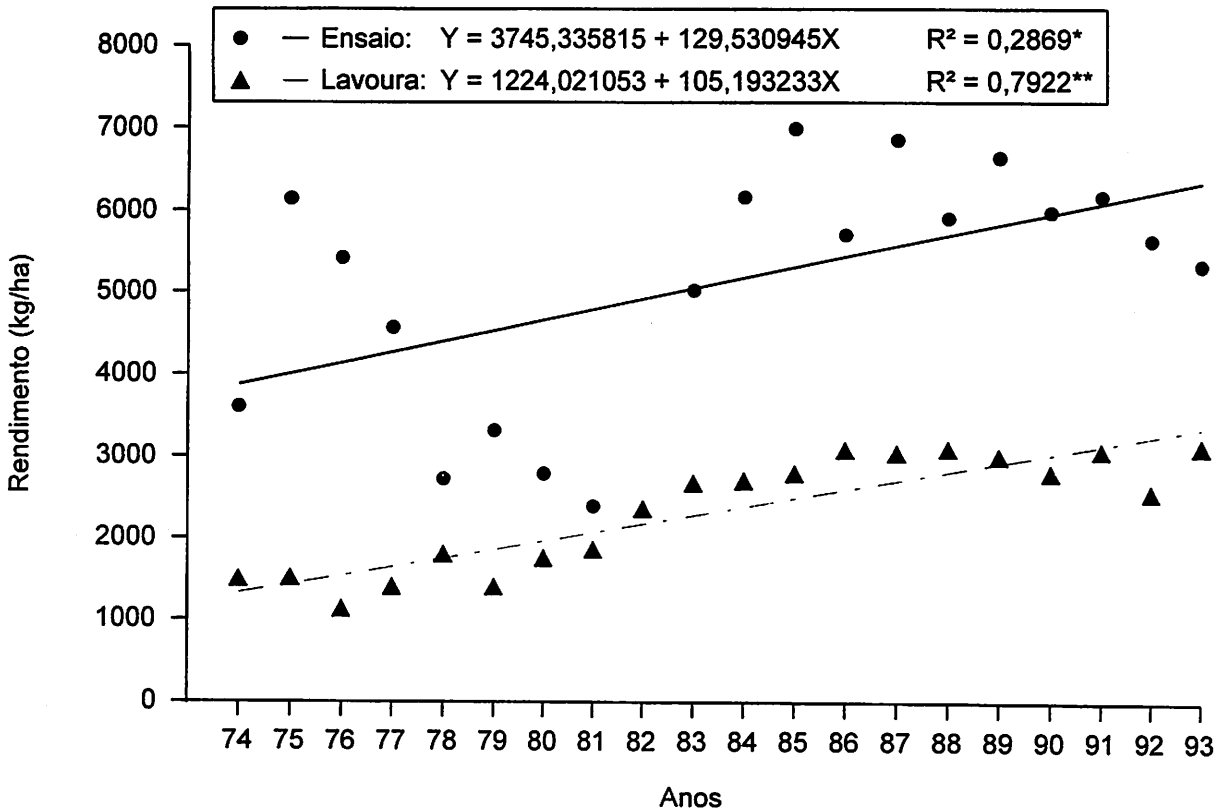

FIGURA 1A. Evolução da produtividade média anual de grãos de arroz, obtida a nível de lavoura e nos Ensaios Comparativos Avançados de 1974 a 1993, no Estado do Espírito Santo.