NÍVEIS DE NITROGÊNIO EM ARROZ PRÉ-GERMINADO

OMAR VIEIRA VILLELA

Engenheiro Agrônomo

Orientador: Dr. GERALDO JOSÉ APARECIDO DARIO

Dissertação apresentada à Escola Superior de
Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de
São Paulo, para obtenção do título de Mestre em
Agronomia, Área de Concentração: Fitotecnia.

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
fevereiro - 2000

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - Campus "Luiz de Queiroz"/USP

Villela, Omar Vieira
Níveis de nitrogênio em arroz pré-germinado / Omar Vieira Villela. - - Piracicaba,
2000.
103 p. : il.

Dissertação (mestrado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2000.
Bibliografia.

1. Adubação nitrogenada 2. Arroz irrigado 3. Pré-germinação 4. Qualidade da
semente 5. Variedade I. Título

CDD 633.18

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

*À minha esposa Vera Alice
e meus filhos Daniel e Felipe
pelo amor, dedicação, solidariedade e estímulo*

DEDICO

Aos meus pais Gélcio e Cornélia
(*in memoriam*)
pelo exemplo de vida

Agradecimentos

Aos funcionários da Estação Experimental de Agronomia de Pindamonhangaba, pelo esmero e dedicação.

Aos colegas de trabalho do Instituto Agronômico, pela cooperação.

Ao Professor Doutor Geraldo José Aparecido Dario, pelo apoio e amizade.

À Secretaria de Agricultura e Abastecimento e ao Instituto Agronômico, pela oportunidade de aperfeiçoamento.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS	vii
LISTA DE QUADROS	viii
LISTA DE FIGURAS	xi
RESUMO	xi
SUMMARY	xiii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1. Efeitos do N sobre os componentes da produção de grãos de arroz	6
2.2. Efeitos do N sobre o rendimento de arroz	7
2.3. Efeitos do N sobre a qualidade de grãos de arroz	11
2.4. Efeitos do N sobre a qualidade de sementes de arroz	12
2.5. Eficiência e utilização do N pelas plantas de arroz	12
3. MATERIAL E MÉTODOS	15
3.1. Local do Experimento	15
3.1.1. Solo	15
3.1.2. Clima	16
3.2. Tratamentos	17
3.2.1. Cultivares de arroz (Fator A)	17
3.2.1.1. IAC 101	17
3.2.1.2. IAC 102	19
3.2.1.3. IAC 242	20
3.2.2. Níveis de nitrogênio (Fator B)	21
3.2.2.1. Fonte de nitrogênio	22
3.3. Delineamento experimental	22
3.4. Instalação e condução do experimento	23
3.4.1. Preparo do solo	23
3.4.2. Adubação de plantio	25

	Página
3.4.3. Controle de plantas daninhas	25
3.4.4. Semeadura	26
3.4.5. Manejo de água	27
3.4.6. Colheita e preparo de sementes	27
3.4.7. Análises Estatísticas	28
3.5. Variáveis estudadas	30
3.5.1. Ciclo	30
3.5.2. Estatura das plantas	30
3.5.3. Número de panículas/m ²	31
3.5.4. Comprimento de panícula	31
3.5.5. Número de grãos por panícula	31
3.5.6. Número de grãos granados por panícula	31
3.5.7. Número de grãos fanados por panícula	31
3.5.8. Peso de grãos por panícula	31
3.5.9. Peso de grãos granados por panícula	32
3.5.10. Peso de grãos fanados por panícula	32
3.5.11. Peso de 1000 grãos	32
3.5.12. Dimensões dos grãos	32
3.5.13. Produção de grãos em casca	32
3.5.14. Rendimento de grãos no beneficiamento	32
3.5.15. Produção de grãos inteiros beneficiados	33
3.5.16. Produção de grãos quebrados beneficiados	33
3.5.17. Germinação das sementes	33
3.5.18. Vigor das sementes	34
3.5.19. Massa seca de 100 sementes	34
3.5.20. Peso hectolítico	34
4. RESULTADOS	35
4.1. Ciclo	35

	Página
4.2. Estatura das plantas	36
4.3. Número de panículas/m ²	39
4.4. Comprimento da panícula	40
4.5. Número de espiguetas por panícula	42
4.6. Número de grãos granados por panícula	45
4.7. Número de grãos fanados por panícula	48
4.8. Peso de grãos por panícula	50
4.9. Peso de grãos granados por panícula	52
4.10. Peso de grãos fanados por panícula	55
4.11. Peso de 1000 grãos	57
4.12. Dimensões dos grãos	59
4.12.1. Comprimento de grãos	59
4.12.2. Largura de grãos	61
4.12.3. Espessura de grãos	62
4.13. Produção de grãos em kg/ha	62
4.14. Rendimento de grãos no beneficiamento	65
4.14.1. Peso de grãos inteiros beneficiados	65
4.14.2. Peso de grãos quebrados beneficiados	67
4.14.3. Renda do beneficiamento	69
4.15. Produção de grãos inteiros beneficiados	71
4.16. Produção de grãos quebrados beneficiados	73
4.17. Germinação	75
4.17.1. Plântulas normais	75
4.17.2. Plântulas anormais	77
4.17.3. Plântulas infectadas	78
4.17.4. Sementes mortas	80
4.18. Vigor	81
4.18.1. Plântulas normais	81

	Página
4.18.2. Plântulas anormais	82
4.18.3. Plântulas infectadas	83
4.18.4. Sementes mortas	84
4.19. Massa seca de 100 sementes	85
4.20. Peso hectolítrico	87
5. DISCUSSÃO	89
6. CONCLUSÕES	97
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	98

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1. Normais climatológicas do município de Pindamonhangaba, período de 30 anos	29

LISTA DE QUADROS

	Página
Quadro 1. Esquema da análise da variância	29
Quadro 2. Esquema da análise da regressão polinomial	30
Quadro 3. Dados médios de ciclo, em dias	36
Quadro 4. Médias de estatura, em cm, para 12 tratamentos	37
Quadro 5. Médias de número de panículas/m ² , para 12 tratamentos	39
Quadro 6. Médias de comprimento de panícula, em cm, para 12 tratamentos	40
Quadro 7. Médias de número de espiguetas por panícula, para 12 tratamentos	42
Quadro 8. Médias de número de grãos granados por panícula, para 12 tratamentos.....	45
Quadro 9. Médias de número de grãos fanados por panícula, para 12 tratamentos	48
Quadro 10. Médias de peso de grãos por panícula, em gramas, para 12 tratamentos.....	50
Quadro 11. Médias de peso de grãos granados por panícula, em gramas, para 12 tratamentos	52
Quadro 12. Médias de peso de grãos fanados por panícula, em gramas, para 12 tratamentos	55
Quadro 13. Médias de peso de 1000 grãos, em gramas, para 12 tratamentos	57
Quadro 14. Médias de comprimento de grãos, em milímetros, para 12 tratamentos	59

Página

Quadro 15. Médias de largura de grãos, em milímetros, para 12 tratamentos	61
Quadro 16. Médias de espessura de grãos, em milímetros, para 12 tratamentos	62
Quadro 17. Produção de arroz, em kg/ha, para 12 tratamentos	63
Quadro 18. Médias do peso de grãos inteiros beneficiados, em gramas, para 12 tratamentos	66
Quadro 19. Médias de peso de grãos quebrados beneficiados, em gramas, para 12 tratamentos	67
Quadro 20. Médias da renda do beneficiamento (peso de grãos inteiro mais peso de grãos quebrados), em gramas, para 12 tratamentos	70
Quadro 21. Produção de grãos inteiros de arroz, em kg/ha, para 12 tratamentos	71
Quadro 22. Médias de produção de grãos quebrados beneficiados, em kg/ha, para 12 tratamentos	73
Quadro 23. Porcentagens médias de plântulas normais, para 12 tratamentos transformados em arco seno $\sqrt{x}/100$	75
Quadro 24. Porcentagens médias de plântulas anormais, para 12 tratamentos transformados em arco seno $\sqrt{x}/100$	77
Quadro 25. Porcentagens médias de plântulas infectadas, para 12 tratamentos, transformados em arco seno $\sqrt{x}/100$	78
Quadro 26. Porcentagens médias de sementes mortas, para 12 tratamentos, transformados em arco seno $\sqrt{x}/100$	80

Página

Quadro 27. Porcentagens médias de plântulas normais, para 12 tratamentos, transformados em arco seno $\sqrt{x}/100$	81
Quadro 28. Porcentagens médias de plântulas anormais, para 12 tratamentos, transformados em arco seno $\sqrt{x}/100$	82
Quadro 29. Porcentagens médias de plântulas normais, para 12 tratamentos, transformados em arco seno $\sqrt{x}/100$	83
Quadro 30. Porcentagens médias de sementes mortas, para 12 tratamentos, transformados em arco seno $\sqrt{x}/100$	84
Quadro 31. Médias de massa seca de 100 sementes, em gramas, para 12 tratamentos	85
Quadro 32. Médias de peso hectolítrico, em gramas, para 12 tratamentos	87

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Plano de campo	24
Figura 2. Curvas de resposta em estatura, dos cultivares estudados	38
Figura 3. Curva de resposta do comprimento médio de panícula dos três cultivares de arroz irrigado aos quatro níveis de nitrogênio	41
Figura 4. Curva de resposta do número de grãos por panícula dos três cultivares aos quatro níveis de nitrogênio	44
Figura 5. Curva de resposta do número de grãos granados por panícula de três cultivares de arroz irrigado à quatro níveis de nitrogênio	47
Figura 6. Curva de resposta de grãos fanados por panícula de três cultivares de arroz irrigado, submetidos a quatro níveis de fertilização nitrogenada	49
Figura 7. Curva de resposta do peso médio de grãos por panícula de três cultivares aos quatro níveis de nitrogênio	51
Figura 8. Curvas de resposta do peso de grãos granados por panícula dos cultivares IAC 102 e IAC 242	54
Figura 9. Curva de resposta do peso de grãos fanados por panícula dos três cultivares estudados	56
Figura 10. Curva de resposta, em peso de 1000 grãos, de três cultivares de arroz irrigado, submetidos a diferentes níveis de nitrogênio	58
Figura 11. Curva de resposta dos cultivares IAC 101, IAC 102 e IAC 242 aos quatro níveis de nitrogênio	60
Figura 12. Curva de resposta de produção de grãos em casca dos cultivares aos quatro níveis de nitrogênio	64

Página

Figura 13. Curva de resposta do peso de grãos inteiros beneficiados dos três cultivares de arroz aos quatro níveis de nitrogênio	66
Figura 14. Curva de resposta dos pesos de grãos quebrados beneficiados dos cultivares de arroz aos níveis crescentes de nitrogênio	68
Figura 15. Curva de resposta de produção de grãos inteiros beneficiados dos três cultivares aos quatro níveis de nitrogênio	72
Figura 16. Produções de grãos quebrados de três cultivares de arroz no beneficiamento	74
Figura 17. Médias de plântulas normais apresentadas pelos cultivares de arroz estudados	76
Figura 18. Médias de plântulas infectadas, apresentadas pelos cultivares estudados	79
Figura 19. Médias de massa seca de 100 sementes apresentadas pelos três cultivares de arroz estudados	86
Figura 20. Curva de resposta do peso hectolítrico dos três cultivares aos quatro níveis de nitrogênio	88

NÍVEIS DE NITROGÊNIO EM ARROZ PRÉ-GERMINADO

Autor: OMAR VIEIRA VILLELA

Orientador: DR. GERALDO JOSÉ APARECIDO DARIO

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos de quatro níveis de nitrogênio aplicados ao solo sobre o rendimento de grãos, componentes da produção e qualidade de grãos e sementes de três cultivares de arroz irrigado, plantados pelo método de sementes pré-germinadas.

O experimento foi instalado em 8 de dezembro de 1996, em solo de várzea irrigada por inundação da Estação Experimental de Agronomia do Instituto Agrônomo, no município de Pindamonhangaba, São Paulo, latitude 22°55' sul, longitude 47°27' oeste, e altitude de 560 m.

Foram escolhidos os cultivares IAC 101, IAC 102 e IAC 242, submetidos à 0, 50, 100 e 150 kg de N/ha na forma de uréia, aplicados em três épocas: 1/3 no início do desenvolvimento das plantas, 1/3 em pleno perfilhamento e 1/3 na formação do primórdio floral. Adotou-se esquema fatorial com 12 tratamentos em blocos ao acaso com 3 repetições.

A fertilização nitrogenada influenciou positivamente a estatura das plantas, o número e o peso de grãos por panícula, o peso de 1000 grãos, as dimensões dos grãos, a produção de grãos e o rendimento de grãos inteiros no beneficiamento.

O número de grãos granados por panícula foi o componente de produção que mais influenciou no aumento de rendimento de grãos.

As maiores respostas à fertilização nitrogenada ocorreram entre os níveis 0 e 50 kg de N/ha, e para níveis acima de 100 kg de N/ha ocorreu redução de eficiência de utilização de N.

O ciclo dos cultivares e as características fisiológicas das sementes não foram influenciadas pela fertilização nitrogenada.

LEVELS OF NITROGEN IN RICE PRE-GERMINATED

Author: OMAR VIEIRA VILLELA

Adviser: DR. GERALDO JOSÉ APARECIDO DARIO

SUMMARY

The present work had as objective to evaluate the effects of four applied rates of N (0, 50, 100 and 150 kg/ha) to the soil surface, on the revenue of grain yield, yield components, grain and seed qualities of three irrigated rice cultivars (IAC 101, IAC 102 and IAC 242) planted by the method of pre-germinated seeds.

A series of studies was conducted at Pindamonhangaba Rice Research Station of the Agronomic Institute, in a low land Gley Humil Soil with latitude 22°55'S, longitude 47°27'W and altitude of 560 m. The N source was applied in a urea form split in three times: 1/3 in the panicle initiation. The experimental design was in a factorial with 12 treatments in a randomized complete block with three replications.

Plant height, grains per panicle, percent of head rice, 1000 grain weight, grain shape and yield production were influenced positively by the N rate.

The best yield component to estimate the effect of N rate was filled grains, and the best response to the N application occur between the rates 0 and 50 kg/ha, but rates over 100 kg/ha showed a reduction of nitrogen efficiency.

Cultivars growth duration and physiologic characteristics of the seeds were not influenced by the nitrogen fertilization.

1. INTRODUÇÃO

O arroz é o principal componente da alimentação de aproximadamente 40% da população mundial, sendo produzido em mais de uma centena de países.

Ocupa uma área global em torno de 150 milhões de hectares, estando seu plantio concentrado no continente asiático, tendo a Índia e a República Popular da China como principais produtores e consumidores mundiais.

A produção mundial de arroz, de 270 milhões de toneladas em 1965, saltou para 540 milhões em 1990, devido principalmente a seleção de cultivares de nova arquitetura, que caracterizam-se pelo porte reduzido, alto perfilhamento, colmos fortes, folhas eretas, de coloração verde-escuras.

Entretanto nos últimos dez anos, os ganhos mundiais de produtividade de arroz diminuíram, encontrando-se próximos de 1%, enquanto que a taxa de aumento das populações dos países consumidores de arroz é praticamente o dobro desse valor, indicando que no início do próximo século a demanda por arroz será maior que a produção. Assim, para inverter essa tendência é preciso cultivares com rendimentos mais elevados e práticas de manejo mais adequadas e dentre estas destaca-se o uso de fertilizantes nitrogenados.

No Brasil, segundo Chabarieberry & Martins (1998), a situação não é diferente, com produção média no período de 1995 a 1998, de 9,3 milhões de toneladas para um consumo médio de 11,59 milhões de toneladas.

Em São Paulo, de acordo com o Instituto de Economia Agrícola - IEA (1997), o arroz ocupa área de 80.000 hectares para uma produção de 170.000 toneladas, sendo desse total, 17.700 irrigados, produzindo 68.000 toneladas.

O Vale do Paraíba é o principal produtor de arroz irrigado do Estado de São Paulo, com 55.337 toneladas (safra de 1997/1998), produzidas em 13.500 hectares de várzea, distribuídos principalmente em áreas situadas às margens do Rio Paraíba. Nessas áreas predominam os métodos de semeadura mecanizada em solo drenado, utilizado desde o início do século quando o arroz foi introduzido na Região, e a semeadura de sementes pré-germinadas, amplamente adotada a partir dos meados da década de oitenta e que apresenta custos de produção mais reduzidos, maior eficiência no controle de plantas daninhas, e tem proporcionado ganhos de rendimento que podem ser ampliados pela utilização adequada de fertilizantes, pois observa-se com frequência em lavouras de arroz pré-germinado, sintomas de carência de nitrogênio como também áreas de acamamento, decorrentes do uso excessivo ou inadequado de fertilizantes nitrogenados.

É muito vasta a literatura sobre adubação nitrogenada, indicando que o arroz responde, quase que universalmente, às aplicações de nitrogênio, com incrementos no rendimento de grãos e na produção da matéria seca. Entretanto, no Estado de São Paulo, os poucos estudos que foram feitos nessa área, utilizaram cultivares de arroz de porte alto, com baixa capacidade de resposta à aplicação de nitrogênio, semeados em solo drenado, (Furlani et al., 1977; Hiroce et al., 1985; Leite et al., 1970a; Leite et al., 1970b; Leite et al., 1970c; Schmidt & Gargantini, 1963; Schmidt & Gargantini, 1966).

O uso de cultivares modernos de arroz irrigado, de porte baixo, folhas eretas e elevada capacidade de perfilhamento, em experimentos de adubação nitrogenada no Vale do Paraíba foi adotado somente por Cantarella et al. (1986) pelo método de transplântio manual de mudas e por Perpétuo et al. (1989), utilizando semeadura em linhas em solo drenado.

Diante da necessidade de estudos regionais mais atualizados, propôs-se verificar os efeitos de quatro níveis de nitrogênio aplicado ao solo, sobre os componentes de produção, rendimentos de grãos, qualidade de grãos e qualidade de sementes de três cultivares de arroz irrigado recomendados para o Estado de São Paulo, (IAC 101, IAC 102 e IAC 242) plantados pelo método de sementes pré-germinadas.

2. REVISÃO DE LITERATURA

A atmosfera, cuja composição o nitrogênio corresponde a aproximadamente 80%, é a fonte natural desse nutriente, que é transferido para o solo e para as plantas superiores através dos processos de fixação simbiótica e fixação industrial, principalmente. Na planta, o nitrogênio tem as funções de componente da molécula de clorofila, aminoácidos, proteínas, enzimas, bases nitrogenadas (púricas e pirimídicas), vitaminas, coenzimas e pigmentos. Também é essencial para utilização dos carboidratos e estimula o desenvolvimento e a atividade das raízes, beneficiando a absorção de outros nutrientes.

Plantas com deficiência de nitrogênio apresentam clorose generalizada das folhas, iniciando-se pelas mais velhas. Estas apresentam efeito mais intenso da deficiência pela função estrutural do N na molécula de clorofila, que é degradada pela planta e retransloca o nitrogênio para regiões de crescimento ativo, em situação de restrição do fornecimento via solo.

A coloração amarelada das plantas deficientes em N está associada com a menor produção de clorofila e com modificações na forma de cloroplastos.

Em arroz, além dos sintomas de deficiência de nitrogênio descritos, a lâmina da folha mais baixa morre da ponta para a base da folha, ficando o tecido morto com uma coloração chocolate.

O nitrogênio é o nutriente que apresenta melhores efeitos sobre os rendimentos do arroz, podendo ser considerado como determinante de uma boa produção. Segundo Fageria (1984) o arroz necessita de nitrogênio durante a fase vegetativa para aumentar o número de perfilhos e, conseqüentemente o número de panículas. Durante a fase reprodutiva o nitrogênio aumenta o número de espiguetas por panícula e na maturação é importante para manter as folhas verdes para o processo de fotossíntese, conseqüentemente aumentando a porcentagem de grãos granados.

Heeman & Bacon (1987) atribuem melhores rendimentos de colheita obtidos com aplicações mais tardias de N (iniciação da panícula) à maior porcentagem de grãos granados, comparados às produções resultantes de aplicações no início do ciclo, que causaram excesso de desenvolvimento vegetativo e auto-sombreamento.

De acordo com Furlani et al. (1977) e Hiroce et al. (1985), o nitrogênio é o terceiro nutriente mais absorvido pelo arroz, sendo no entanto o mais removido pela colheita, devido à maiores concentrações de N nos grãos em relação a colmos e folhas. Os autores observaram diferenças varietais para respostas aos níveis de N em relação à produção de grãos, acúmulo de matéria seca e quantidades absorvidas pelas plantas. Os percentuais de nitrogênio exportados pelas colheitas em relação ao N aplicado ao solo e absorvido pelas plantas, somados a outros fatores, evidenciam a necessidade de utilização de elevadas quantidades de N para obtenção de altos rendimentos de colheita.

2.1. Efeitos do N sobre os componentes da produção de grãos de arroz

Iglesias & Vargas (1980), em trabalho realizado na cidade de Palmira, Colombia, no qual foi testado o cultivar de arroz irrigado CICA 8, pelo método de transplântio manual de mudas, em quatro níveis de nitrogênio, de 0 a 200 kg/ha, observaram diferença significativa no rendimento de grãos entre os diferentes níveis de nitrogênio, com a maior produção para o nível máximo. O número de panículas por unidade de área e o número de grãos granados por panícula, foram os componentes do rendimento de grãos mais influenciados pela aplicação de nitrogênio, com respostas positivas para níveis crescentes de nitrogênio. O peso de 1000 grãos produziu resposta significativa com aplicação de 150 kg de N/ha.

Mueller (1980), estudando o efeito de 5 níveis de nitrogênio sobre os cultivares de arroz irrigado E.E.A.-406, Bluebelle e BR IRGA-409, não verificou aumentos significativos de produção de grãos para os dois últimos, com apenas o primeiro cultivar apresentando produção máxima para 45 kg de N/ha. Constatou-se que os acréscimos de níveis de N aplicados induziram aumentos em estatura das plantas dos três cultivares estudados. As diferenças observadas no número de panículas por metro quadrado foram significativas apenas para cultivares. O comprimento das panículas, o número de grãos por panícula e a porcentagem de grãos estéreis aumentaram com os acréscimos de nitrogênio. O peso de 100 grãos não apresentou nenhum efeito significativo para os cultivares Bluebelle e BR IRGA-409 em função da variação de níveis de nitrogênio, enquanto que o cultivar E.E.A.-406 mostrou efeito negativo para níveis crescentes de N. Analisando estes resultados o autor concluiu ter havido uma compensação numérica entre os componentes do rendimento nos três cultivares estudados.

Carvalho et al. (1995), estudando o efeito de 4 níveis de N sobre a produção de grãos e componentes da produção de 4 cultivares de arroz de sequeiro semeados em vaso em casa de vegetação, observaram que a estatura das plantas, comprimento das panículas, número de espiguetas por panícula e a produção de grãos, variou numa relação quadrática em função dos diferentes níveis de nitrogênio, havendo também diferenças significativas entre cultivares para essas variáveis. Os diferentes níveis de nitrogênio não influenciaram a porcentagem de grãos cheios, porém o peso 100 grãos apresentou um decréscimo linear com o aumento da dose de nitrogênio.

Andrade & Amorim Neto (1996), em experimento de campo com os cultivares de arroz irrigado, INCA e PESAGRO 104, e 5 níveis de nitrogênio, entre 0 e 160 kg de N/ha, na forma de uréia, observaram respostas similares para ambos os cultivares, com efeito quadrático positivo para produção de grãos. A altura de plantas, o número de panículas por metro quadrado e o número de grãos cheios por panícula, também apresentaram incremento de valores para níveis crescentes de nitrogênio.

2.2. Efeitos do N sobre o rendimento de arroz

Schmidt & Gargantini (1963), em estudo de diferentes épocas de aplicação do nitrogênio em arroz, no Vale do Paraíba, observaram grande reação da cultura, com aumento acentuado na estatura das plantas e produção de grãos. Os mesmos autores (1966), avaliando o efeito de 5 níveis de nitrogênio e 4 níveis de fósforo aplicados sobre o cultivar de arroz Iguape Agulha, verificaram aumentos lineares e significativos de produção de grãos somente para nitrogênio.

LEITE et al. (1970a), estudando o efeito de 3 níveis de nitrogênio e 3 tipos de fertilizantes nitrogenados, em arroz irrigado em solo argiloso de várzea no Vale do Paraíba, obtiveram resultados que mostram grande efeito da adubação nitrogenada no aumento da produção do arroz. Em outros estudos os mesmos autores (1970b), testando os níveis de 0,40 e 80 kg de N/ha, em cultivares utilizados na mesma região, conduziram 13 experimentos em diversas localidades, abrangendo a maioria dos solos utilizados para a cultura do arroz irrigado e concluíram que o efeito do nitrogênio sobre a produção de grãos foi linear positivo, tanto nos solos orgânicos como nos solos argilosos, porém somente os últimos apresentaram efeito altamente significativo.

Ainda, Leite et al. (1970c), estudando os efeitos da adubação nitrogenada sobre a cultura do arroz irrigado em solos de várzea tipicamente argilosos, conduziram 6 experimentos em diferentes localidades no Vale do Paraíba, concluindo que 4 experimentos apresentaram respostas altamente significativas em produção de grãos à adubação nitrogenada.

Alvarenga et al. (1979), trabalhando com os cultivares de arroz IAC 435 (de porte alto) e IR 841 (porte baixo e folhas eretas), em 4 níveis de nitrogênio, de 0 a 160 kg de N/ha, concluíram que o cultivar IR 841 respondeu melhor à adubação nitrogenada do que o IAC 435, situando-se em torno de 65 e 85 kg de N/ha respectivamente, os níveis de nitrogênio que propiciaram o máximo rendimento para os dois cultivares. Os autores observaram também que apenas o IAC 435 apresentou aumento da estatura das plantas, com incrementos dos níveis de nitrogênio, sendo que ambos os cultivares não apresentaram diferenças significativas quanto ao peso de 1000 grãos. O cultivar IR 841 mostrou efeito negativo de níveis crescentes de nitrogênio sobre o número de grãos por panícula, enquanto que o cultivar IAC 435 apresentou ganhos somente para 40 kg de N/ha.

Valdivieso et al. (1980), estudando os cultivares CICA 8 e IR 22, duas distâncias de transplântio de mudas (20 x 20 e 30 x 30 cm) e três níveis de nitrogênio (0,80 e 160 kg/ha) obtiveram resultados que mostraram efeitos positivos da adubação nitrogenada na produção de grãos. O cultivar CICA 8 foi superior ao IR 22 em todos os níveis de nitrogênio, porém ambos apresentaram drástica redução de ganhos de produção de grãos para níveis superiores a 80 kg de N/ha, nos dois espaçamentos estudados.

Hiroce et al. (1985) estudando os efeitos de 5 níveis de nitrogênio, fósforo e potássio sobre três cultivares de arroz, concluíram que o efeito da adubação nitrogenada na produção de grãos, de matéria seca da parte aérea nas diferentes fases de crescimento, e na concentração do respectivo nutriente nessas partes da planta, foi mais acentuado do que os efeitos isolados das adubações fosfatada e potássica, havendo também diferenças entre cultivares em relação as quantidades de nutrientes absorvidos.

Cantarella et al. (1986), utilizando cultivares modernos de arroz, de porte baixo e elevado perfilhamento, plantados pelo método de transplântio manual de mudas, verificaram ganhos significativos de produção de grãos para níveis de 0 a 180 kg de N/ha.

Perpétuo et al. (1989), em estudo de época de aplicação de nitrogênio sobre o cultivar de arroz irrigado IR 8-288-3, plantado pelo método de transplântio de mudas, durante 4 anos agrícolas, concluíram que a época mais adequada para aplicação do nitrogênio foi a distribuição de metade da dose no barro, junto com o fósforo e potássio, antes do transplântio das mudas de arroz, e outra metade no primórdio da panícula.

Dario et al. (1989), estudando os efeitos de doses e épocas de aplicação de nitrogênio sobre o cultivar de arroz irrigado INCA, semeado em duas áreas de várzea, obtiveram resposta positiva para produção de grãos, em solo com alto teor de matéria orgânica e boa fertilidade, apenas para dose mínima de N, não apresentando segundo os autores, viabilidade de adubação nitrogenada. Em outra área, submetida a grande movimentação de terra durante o processo de sistematização, os autores não encontraram significância entre os tratamentos para as variáveis: produção de grãos e componentes da produção.

Lopes (1989), utilizando 8 fertilizantes nitrogenados sólidos, na dose de 60 kg de N/ha aplicados logo após a irrigação e na diferenciação do primórdio floral, e dois fertilizantes líquidos com 5% N aplicado na dose de 8 litros/ha aos 45 dias da emergência, na diferenciação do primórdio floral e no florescimento do cultivar BR-IRGA 412, observou que as aplicações de nitrogênio favoreceram a produção de grãos, a estatura das plantas e o número de panículas/m², não havendo diferenças entre os produtos aplicados, para estas variáveis.

Lopes et al. (1993), em trabalho para estudar a influência de 4 níveis de nitrogênio (40, 70, 100 e 130 kg de N/ha), aplicados em 3 épocas, sobre o cultivar BR IRGA 416, encontraram respostas positivas no rendimento de grãos, somente para níveis de N.

Spanu & Pruneddu (1997), estudando o efeito de 6 níveis de nitrogênio entre 0 e 250 kg de N/ha, aplicados em diferentes combinações, nas fases de semeadura, perfilhamento e emissão de panículas, em arroz irrigado por aspersão, obtiveram aumento de produção de grãos de 5,4 ton/ha sem nitrogênio, para 10,3 ton/ha para o nível máximo de N. As maiores produções de grãos foram obtidas para níveis de nitrogênio acima de 150 kg/ha, aplicados nas três fases do ciclo do arroz.

2.3. Efeitos do N sobre a qualidade de grãos de arroz

Bernal et al. (1985), em estudo para determinar o efeito dos métodos de plantio de sementes pré-germinadas e transplantio manual de mudas de arroz, e de dois níveis de nitrogênio (0 e 150 kg de N/ha) sobre o rendimento de grãos de 6 cultivares encontraram diferenças significativas para todos os fatores estudados. A produção de grãos mostrando-se fortemente influenciada pela adubação nitrogenada, sendo observadas diferenças significativas para número de panículas/m², número de grãos por panícula, comprimento da panícula e estatura das plantas, para níveis de nitrogênio, cultivares e métodos de plantio.

Também observou-se que o rendimento industrial apresentou diferenças altamente significativas para níveis de nitrogênio, com 60,2% de grãos inteiros para o nível de 150 kg de N/ha e 57,8% sem aplicação de nitrogênio, não havendo diferenças para cultivares e para métodos de plantio.

Silva & Brandão (1987), em trabalho realizado para avaliar algumas características de grãos de seis cultivares de arroz irrigado, em função de níveis de nitrogênio, constataram que o N não teve efeito significativo sobre o comprimento, largura e relação comprimento x largura dos grãos, entretanto entre os genótipos foram encontradas diferenças significativas para essas características. Sendo o rendimento em grãos inteiros no beneficiamento influenciado pelo nitrogênio apenas para os cultivares "De Abril" e IR 665, diminuindo com níveis crescentes de adubação nitrogenada, para o "De Abril" e com aumento para o cultivar IR 665.

2.4. Efeitos do N sobre a qualidade de sementes de arroz

Costa (1978), em estudo da influência de 4 níveis de nitrogênio (30, 60, 90 e 120 kg de N/ha) aplicados em 4 épocas, sobre os cultivares E.E.A.-406 Formosa, IAC 12-9, Bluebelle e IRGA 408, constatou que níveis, épocas e interação níveis x épocas não exerceram influência significativa sobre a qualidade fisiológica das sementes, germinação e vigor, avaliado através do envelhecimento rápido e de velocidade de emergência.

2.5. Eficiência e utilização do N pelas plantas de arroz

Fageria & Barbosa Filho (1982), utilizando níveis de 25 e 80 kg de N/ha, avaliaram 60 cultivares de arroz irrigado para maior eficiência de utilização de nitrogênio, através do parâmetro EN (kg de grãos/kg N). Encontraram diferenças que permitiram a separação dos cultivares em quatro grupos quanto a eficiência de utilização de nitrogênio: eficientes não responsivos, eficientes responsivos, não eficientes responsivos e não eficientes não responsivos, devendo ser eliminados os cultivares pertencentes ao 3.º e 4.º grupo.

Furlani et al. (1986), avaliando cultivares e linhagens de arroz de sequeiro e irrigado quanto a eficiência na absorção e utilização de nitrogênio em solução nutritiva, aos 41 e 50 dias de idade, respectivamente, observaram que os materiais irrigados apresentaram maiores variações na produção de matéria seca da parte aérea e das raízes do que os materiais de sequeiro, entretanto, todos os materiais de arroz se mostraram eficientes na absorção de N, encontrando-se pequena variação entre eles quanto ao conteúdo total de N, que variou de 70 a 100% do N adicionado à solução nutritiva.

Quanto à utilização do N, os materiais de sequeiro se mostraram mais eficientes (46 a 115 mg MS/mg N) que os materiais de irrigado (26 a 84 mg MS/mg N), e os cultivares irrigados IAC 1278 e IAC 4440 classificaram-se como ineficiente e mediantemente eficiente, respectivamente.

Resultados obtidos por Sudjadi et al. (1987), revelam que a menor eficiência de utilização de N pelas plantas de arroz e a diminuição nos ganhos de produção de grãos, estão associados aos níveis crescentes de nitrogênio. Confirmam também que a alta porcentagem de grãos fanados está associada às elevadas concentrações de N na planta.

Fernandes et al. (1990), em experimento sob condições controladas de luminosidade e temperatura, estudou a absorção de assimilação de nitrogênio em dois cultivares de arroz usando-se NO_3^- ou NH_4^+ em doses de 5, 20 e 150 ppm. Observou que os tratamentos com NH_4^+ afetaram negativamente o peso fresco das plantas. Plantas sob NH_4^+ apresentaram níveis mais elevados de N-amino livre na parte aérea que plantas sob NO_3^- . Os níveis de açúcares solúveis foram mais elevados nas plantas que receberam NO_3^- que naquelas que receberam NH_4^+ . Observando-se correlações negativas entre peso fresco das plantas, e os teores de N-amino e NH_4^+ nos tecidos com queda exponencial do peso das plantas. Em circunstâncias de uso prolongado de fontes de N amoniacal, segundo o autor, exige um manejo que permita a compatibilização entre as disponibilidades de carbono e de nitrogênio nas plantas.

Silveira & Machado (1990), estudando a mobilização de fotossintetizados no desenvolvimento de panículas dos cultivares de arroz irrigado IAC 4440 e IAC 120, observaram senescência mais precoce do primeiro cultivar ter sido diretamente relacionada às maiores taxas de acúmulo de proteínas e de amido nas fases iniciais do crescimento das panículas, devido elevada intensidade de síntese protéica durante a

formação do embrião. O acúmulo de N na panícula mostrou-se contínuo, tendo sido mais intenso entre o 6.º e 25.º dia após o florescimento no "IAC 4440", e entre o 13.º e 35.º dia após o florescimento, no IAC 120.

Soares et al. (1994), em experimento conduzidos em casa de vegetação, com 5 cultivares de arroz de sequeiro, plantados em vasos, sob 4 níveis de nitrogênio, verificaram que ocorreu aumento no teor de nitrogênio da raiz, palha e grão, à medida que se aumentaram as doses de N e que a parte da planta que apresentou maior teor de N foi o grão, seguido pela palha e pela raiz. Em termos de N exportado pelos grãos os cultivares diferiram dentro de cada nível de N, com um percentual de exportação de nitrogênio que variou de 40 a 60%.

A medida que se aumentaram os níveis de N, as quantidades de nitrogênio extraídas reduziram proporcionalmente, embora tenham aumentado em valores absolutos, logo, as plantas utilizam mais o nitrogênio do solo quando baixos níveis de N foram aplicados, indicando que nem sempre o uso de maiores quantidades devem ser preferidas, e concluindo-se que existe um ponto de equilíbrio, no qual a quantidade ideal de N aplicado deve ser a que proporciona maior retorno econômico.

Lopes et al. (1996), estudando respostas de 2 cultivares e 2 linhagens promissoras de arroz irrigado com diferentes ciclos, sob 6 níveis de fertilização nitrogenada (0, 30, 60, 90, 120 e 150 kg de N/ha), constataram que todos os genótipos responderam positivamente, em produção de grãos, à aplicação de nitrogênio, encontrando-se diferentes valores de incremento na produção de grãos em casca para cada unidade de nitrogênio aplicado, que variaram de 23 a 14 para os genótipos estudados. Observaram também aumento significativos na estatura das plantas com o incremento dos níveis de nitrogênio, e o número de panículas/m² aumentou somente para o cultivar BR IRGA 416.

3. MATERIAL E MÉTODO

3.1. Local do experimento

O experimento foi instalado em solo de várzea da Estação Experimental de Agronomia, do Instituto Agronômico, localizada no município de Pindamonhangaba, região leste do Estado de São Paulo, cujas coordenadas geográficas são 22°55' de latitude Sul e 45°30' de longitude Oeste, com altitude de 560 m.

3.1.1. Solo

O solo utilizado foi identificado como Glei Pouco Húmico, de acordo com levantamento realizado pelo Pesquisador Científico Dr. Rinaldo de Oliveira Calheiros.¹

As análises da fertilidade do solo foram realizadas pelo laboratório de análises do Centro de Solos e Recursos Agroambientais do Instituto Agronômico de Campinas e revelaram os seguintes resultados:

P	MO	pH	K	Ca	Mg	H + Al	V
mg dm ⁻³	%		----- mmol _c dm ⁻³ -----				%
38	2,0	4,1	1,8	15	7,0	64	27

¹ Informação Pessoal. Pesq. Científico do Centro de Ecofisiologia e Biofísica, Instituto Agronômico, Campinas - SP.

3.1.2. Clima

O clima do município de Pindamonhangaba, segundo classificação climática internacional de Koeppen é do tipo CWA: clima tropical de altitude com temperatura média do mês mais quente superior a 22°C, temperatura média do mês mais frio inferior a 18°C, verão quente e úmido e inverno seco.

Na Tabela 1 são apresentadas normais climatológicas, colhidas no Posto Meteorológico da Estação Experimental de Agronomia de Pindamonhangaba, do Instituto Agrônômico, referentes ao período de 1961 a 1990.

Tabela 1. Normais climatológicas do município de Pindamonhangaba, período de 30 anos.

Meses	Temperaturas		Precipitações	VR Média	Insolação Médias diárias
	Máxima	Mínima			
			mm	%	horas
Jan	32,4	18,5	209,7	80,2	5,6
Fev	32,9	18,6	169,5	80,1	6,2
Mar	32,0	17,9	154,4	80,6	6,2
Abr	29,8	15,5	76,1	80,7	6,3
Mai	27,4	12,1	57,6	80,8	6,1
Jun	26,0	9,8	38,2	79,8	6,2
Jul	26,1	9,0	25,0	77,5	6,6
Ago	27,9	10,8	33,4	74,7	6,8
Set	28,6	13,4	62,8	74,4	5,9
Out	29,8	15,5	114,0	75,7	5,7
Nov	31,0	16,7	129,2	76,1	5,9
Dez	31,2	17,9	189,5	79,4	5,1
Média anual	29,6	14,6	1259,4	78,3	6,0

Fonte: Centro de Ecofisiologia e Biofísica - IAC

3.2. Tratamentos

3.2.1. Cultivares (Fator A)

A escolha dos cultivares IAC 101, IAC 102 e IAC 242, dentre os demais recomendados para plantio em condições de várzea irrigada no Estado de São Paulo, baseou-se em resultados de produção de qualidade industrial e culinária dos grãos obtidos em ensaios regionais de competição de arroz irrigado instalados pelo IAC.

As sementes pertencentes à classe genética foram obtidas na Estação Experimental de Agronomia de Pindamonhangaba, do Instituto Agrônomo de Campinas, e tiveram origem a partir de campos de multiplicação instalados pelo sistema de panícula por linha, fator fundamental para manutenção da pureza varietal em arroz.

As avaliações de germinação das amostras de sementes dos cultivares estudados foram realizadas no Núcleo de Produção de Sementes de Taubaté, da Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI), de acordo com as regras para análise de sementes (Brasil, 1992), cujo resultados obtidos foram: 84, 82 e 79% para os cultivares IAC 102, IAC 101 e IAC 242, respectivamente.

3.2.1.1. IAC-101

É a denominação comercial da linhagem CNA 5721, introduzida do Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) da Colômbia, pelo Centro Nacional de Arroz e Feijão (CNPAF/EMBRAPA), e corresponde à linhagem P3293-F₄27-1P-1M-1B, originária do cruzamento 5738/3224/Costa Rica. Avaliada pelo Instituto Agrônomo desde 1986, foi lançada em 1991 (Bastos et al., 1991).

Suas principais características são descritas abaixo:

Rendimento de grãos:

6302 kg/ha (média de 23 ensaios)

Características da planta:

Altura da planta	89 cm
Ciclo de maturação	145 dias
Floração	114 dias
Acamamento	resistente
Arista.....	ausente
Degrana.....	moderada
Cor das glumelas	amarelo-palha
Cor do apículo	amarelo-claro
Folhas.....	eretas e pubescentes
Glumelas.....	pubescentes
Reação à brusone na folha	moderadamente suscetível
Reação à brusone na panícula.....	resistente

Características de grãos:

Tipo de grão.....	longo fino
Peso de 100 grãos (com casca).....	3,4 g
Comprimento	7,92 mm
Largura.....	2,21 mm
Espessura	1,83 mm
Relação comprimento/largura.....	3,58
Rendimento no beneficiamento	58,3%

3.2.1.2. IAC-102

Cultivar de ciclo intermediário, é o nome comercial da linhagem 1085, proveniente do cruzamento P₂ S₁ 37-38/IAC 899, realizado no Núcleo Experimental de Campinas, em 1984 e lançado em 1993 (Bastos et al., 1993).

Rendimento de grãos:

6367 kg/ha (média de 27 ensaios)

Características da planta:

Altura da planta	96 cm
Ciclo de maturação	125 dias
Floração	92 dias
Acamamento.....	mediamente resistente
Arista.....	grão múltico ou microaristado
Degrana.....	moderada
Cor das glumelas	amarelo-palha
Cor do apículo	claro
Glumelas.....	pubescentes
Folhas.....	eretas e pubescentes
Comprimento da panícula.....	25 cm
Número de grãos por panícula.....	135
Reação à brusone na panícula.....	resistente
Reação à brusone na folha.....	moderadamente suscetível

Características de grãos:

Tipo de grão.....	longo fino
Peso de 100 grãos (com casca).....	3,25 g
Comprimento	7,98 mm
Largura.....	2,10 mm
Espessura	1,86 mm
Relação comprimento/largura.....	3,8
Rendimento de grãos inteiros	54,7% no beneficiamento

3.2.1.3. IAC-242

Descendente da linha P 3299-F₄33-2, obtida em 1984 pelo Instituto Agrônômico, e melhorada a partir de população segregante introduzida no Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) da Colômbia, com base no cruzamento 5685/3250/IRAT 8, foi lançada em 1988 (Schmidt et al., s.d.).

Rendimento de grãos:

6190 kg/ha (média de 13 ensaios)

Características da planta:

Altura da planta	105 cm
Ciclo de maturação	140 dias
Floração	110 dias
Acamamento.....	resistente
Arista.....	grão múltico ou microaristado

Degrana.....	moderada
Cor das glumelas	amarelo-palha
Cor do apículo	claro
Glumelas.....	pubescentes
Folhas.....	eretas e pubescentes
Comprimento da panícula.....	25 cm
Número de grãos por panícula.....	152
Reação à brusone na panícula.....	resistente
Reação à brusone na folha.....	resistente

Características de grãos:

Tipo de grão.....	longo fino
Peso de 100 grãos (com casca).....	3,4 g
Comprimento	7,25 mm
Largura.....	2,40 mm
Espessura	1,85 mm
Relação comprimento/largura.....	3,58
Rendimento em beneficiamento	57,9%

3.2.2. Níveis de nitrogênio (Fator B)

N_0 – 0 kg N/ha

N_1 – 50 kg N/ha

N_2 – 100 kg N/ha

N_3 – 150 kg N/ha

As doses do fertilizante nitrogenado, correspondentes aos níveis de nitrogênio adotados, foram aplicadas em três frações de pesos iguais, sendo o fertilizante distribuído manualmente à lanço. A primeira fração foi aplicada 14 dias após a emergência das plantas, 4 dias após a inundação permanente das parcelas; a segunda fração foi aplicada no início do estágio de desenvolvimento dos perfilhos, 39 dias após a emergência das plantas, e a terceira fração no estágio de diferenciação do primórdio floral, de acordo com os ciclos dos cultivares, correspondendo a 67, 63 e 67 dias após a emergência das plantas, para os cultivares IAC 101, IAC 102 e IAC 242, respectivamente.

3.2.2.1. Fonte de nitrogênio

O fertilizante utilizado como fonte de nitrogênio foi a uréia comercial perolada, que contém 45% de nitrogênio. Esta apresenta menor custo por unidade de nitrogênio, não produz resíduos ácidos e é de fácil manuseio, sendo obtida pela reação:

$$\text{NH}_3 + \text{CO}_2 \rightarrow (\text{CO NH}_2)_2$$

3.3. Delineamento Experimental

Para estudo dos efeitos dos níveis de fertilização nitrogenada sobre os cultivares de arroz irrigado adotou-se o esquema fatorial (4 níveis de N x 3 cultivares), com 12 tratamentos em blocos ao acaso em 3 repetições.

Das combinações possíveis entre os 3 cultivares e 4 níveis de nitrogênio resultaram os seguintes tratamentos:

1. C ₁ N ₀	4. C ₁ N ₁	7. C ₁ N ₂	10. C ₁ N ₃
2. C ₂ N ₀	5. C ₂ N ₁	8. C ₂ N ₂	11. C ₂ N ₃
3. C ₃ N ₀	6. C ₃ N ₁	9. C ₃ N ₂	12. C ₃ N ₃

As parcelas apresentaram 4 metros de largura e 5 metros de comprimento, com área total de 20 m², sendo considerado como área útil 10 m² (2,5 x 4,0 m).

As parcelas foram isoladas por taipas de terra, compactada para impedir a circulação da água entre as mesmas. Construiu-se condutores de água de irrigação e canais de drenagem para garantir o manejo independente da água entre as parcelas, conforme plano de campo (Figura 1).

3.4. Instalação e condução do experimento

3.4.1. Preparo do solo

O preparo do solo foi realizado com emprego de ferramentas manuais, com o objetivo de preservar a estrutura dos camalhões que separavam as parcelas, bem como os condutores de água de irrigação e os canais de drenagem.

Inicialmente o solo de cada parcela foi resolvido com auxílio de enxadões e destorroado com enxadas, simulando as operações de aração e gradagem, respectivamente, que compõem o preparo convencional do solo.

Com o solo previamente preparado, as parcelas foram inundadas, sendo solo e água misturados, empregando-se rastelos e enxadas para promover a formação do "barro".

As irregularidades na superfície do solo barrento foram corrigidas pela operação de aplainamento, realizada com a utilização de enxadas de tamanho grande, mas sempre tendo-se uma lâmina de água de 4-5 cm como referência de nível.

Concluído o preparo, e observando-se o efeito idêntico ao obtido pela utilização de máquinas, em lavouras comerciais de arroz pré-germinado, a espessura da lâmina de água foi ampliada para 10 cm e as parcelas consideradas prontas para as próximas operações.

PLANO DE CAMPO

Figura 1. Plano de campo.

3.4.2. Adubação de plantio

Constou da aplicação de 60 kg de P_2O_5 /ha e 80 kg de K_2O /ha, nas formas de superfosfato triplo e cloreto de potássio, respectivamente. A aplicação foi efetuada aos 14 dias após a emergência do arroz, juntamente com o primeiro terço da adubação nitrogenada.

3.4.3. Controle de plantas daninhas

As plantas daninhas de maior ocorrência na ocasião da instalação do experimento eram *Echinochloa crusgalli* e *Ischaemum rugosum*, controladas através do emprego conjunto de herbicida, manejo de água de irrigação e roguing.

Utilizou-se o herbicida Oxadiazon na dose de 2,5 litros/ha, aplicado em benzedura, sobre a lâmina de água 8 dias sem circulação de água, apenas com reposição. Um dia antes da semeadura, conforme recomendação do fabricante do herbicida foi feita a drenagem da água, para evitar efeitos fitotóxicos do produto sobre as sementes pré-germinadas de arroz.

Além da aplicação do herbicida a própria lâmina de água medida a 8 cm de espessura consistiu como um eficiente método de controle de plantas daninhas, devido, principalmente ao reduzido nível de oxigênio e acúmulo de dióxido de carbono produzido pela decomposição anaeróbica da matéria orgânica, que inibem a germinação das sementes das mesmas.

Também foi efetuada a eliminação manual, sempre que necessário, das plantas daninhas não controladas pelo herbicida e pela lâmina de água, evidenciando-se as plantas daninhas de multiplicação vegetativa, e algumas espécies aquáticas, além de misturas varietais de arroz oriundas de plantios anteriores todas com baixos níveis de infestação.

O emprego conjunto desses três métodos de controle garantiu a eliminação praticamente total das plantas daninhas, presentes na área do ensaio não permitindo sua influência sobre os resultados obtidos no experimento.

3.4.4. Semeadura

A semeadura manual e a lanço de sementes pré-germinadas sobre o "barro" ocorrida em 8 de dezembro de 1996, logo após a retirada da lâmina d'água das parcelas (drenagem superficial) garantiu boa emergência e enraizamento das plantas de arroz. Adotou-se a densidade de 550 sementes por metro quadrado, sendo que aos 5 dias após a semeadura, a emergência das plântulas havia sido completa para os três cultivares .

A pré-germinação das sementes é o processo mediante o qual as sementes de arroz são hidratadas e logo ao serem postas em condições favoráveis de ambiente, a radícula e o coleoptilo iniciam seu desenvolvimento Centro Internacional de Agricultura Tropical - CIAT (1978).

Para hidratação, as sementes correspondentes a cada parcela experimental, foram embaladas em pequenos sacos de pano e deixadas por 24 horas no interior de um recipiente com água. Após esse período, as sementes foram incubadas por 36 horas em local sombreado, tomando-se os cuidados para mantê-las sempre úmidas, sendo consideradas apropriadas para semeadura quando a radícula e o coleoptilo apresentavam aproximadamente 2 mm de comprimento.

3.4.5. Manejo de água

Nos 15 dias que sucederam a semeadura o solo foi mantido saturado, sendo após esse período, reinundado gradativamente conforme o desenvolvimento das plantas de arroz, até a lâmina d'água atingir 6 a 8 cm de espessura, para ser retirada somente aos 20 dias que antecederam a colheita.

Essa prática de manejo da água de irrigação proporcionou bom desenvolvimento inicial das plântulas de arroz, com estande adequado, complementou o controle inicial das plantas daninhas obtido pelo uso do herbicida, bem como, colaborou para redução de perdas de nitrogênio por volatilização, que ocorrem em consequência das reações de nitrificação e denitrificação.

3.4.6. Colheita e preparo de sementes

A colheita das parcelas, ocorreu 33 dias após o florescimento, quando as plantas de arroz apresentavam-se completamente maduras.

Inicialmente procedeu-se a demarcação da área útil das parcelas ($2,5 \times 4,0 \text{ m} = 10,0 \text{ m}^2$) com estacas de madeira e arame, para conferir exatidão aos trabalhos.

Da área útil foram colhidas 4 subamostras ao acaso, usando-se um quadrado de madeira de $0,25 \text{ m}^2$ ($0,5 \times 0,5 \text{ m}$) para determinação do número de panículas/ m^2 , comprimento de panícula, número e peso de grãos granados e fanados por panícula.

Os remanescentes, 9 m^2 da área útil foram colhidos manualmente, cortando-se as plantas a 30-35 cm de altura do solo e colocadas no interior de sacos de polipropileno trançado.

As plantas de arroz foram trilhadas em uma pequena máquina de acionamento elétrico projetada e construída pelo Centro de Mecanização Agrícola, do Instituto Agrônômico, Campinas-SP. O equipamento, na sua parte superior é dotado de um cilindro batedor semelhante ao encontrado em colhedoras automotrizes e na porção inferior uma caixa metálica para receber os grãos de arroz contendo impurezas, que foram separadas por peneiramento e ventilação manuais, em peneiras de malha apropriada.

As sementes, no interior de sacos de polipropileno trançados e devidamente identificados, foram secas ao sol, em terreiro de concreto, até atingirem 13% de umidade, determinada em aparelho da marca Eaton modelo Dole 400, de leitura direta em disco com escala.

Após o preparo, pesagem em balança da marca Gehaka, modelo BG 2000 e homogenização, o material foi embalado em sacos de papel pardo tipo kraft de 10 e 15 kg, identificados com o número da parcela correspondente e armazenados em local seco e ventilado.

Desta forma garantiu-se a disponibilidade de arroz em casca para avaliações da qualidade de sementes e de grãos.

3.4.7. Análises Estatísticas

As análises estatísticas dos resultados seguiu o modelo experimental adotado, fatorial A x B, delineado em blocos ao acaso, compostos de doze tratamentos e três repetições.

Utilizou-se o teste de Tukey para comparar as médias dos tratamentos A (cultivares) e as médias dos mesmos dentro de cada nível do fator B, quando houve interação A x B. A análise de regressão polinomial foi aplicada para as médias dos tratamentos B (níveis de N). O estudo da equação de regressão polinomial para cada cultivar foi efetuado quando houve significância da interação A x B (cultivares x níveis de N).

Nos casos em que não se verificou significância estatística da interação A x B foram determinadas equações polinomiais, tomando-se a média dos três cultivares.

O esquema da análise da variância, com aplicação do Teste F para os cultivares (fator qualitativo), níveis de nitrogênio (fator quantitativo) e interação cultivares x nitrogênio, para o experimento em questão, está descrito no Quadro 1 e o esquema da análise de regressão polinomial para níveis de nitrogênio com aplicações do Teste F, está descrito no Quadro 2.

Quadro 1. Esquema da análise da variância.

Causas de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.> F
Blocos	2				
Variedade	2				
Nitrogênio	3				
Variedades x Nitrogênio	6				
Resíduo	22				
Total	35				

Quadro 2. Esquema da análise da regressão polinomial.

Causas da Variação	GL	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob. > F
Regressão linear	1				
Regressão quadrática	1				
Desvios de regressão	1				
Resíduo	22				

Para garantir a homogeneidade de variâncias e consequentemente a validade do teste F e dos testes de comparações múltiplas, adotou-se as funções de transformação de dados: arco seno da raiz de $x/100$ e raiz de $(x + 0,5)$.

3.5. Variáveis estudadas

3.5.1 Ciclo

Foi considerado como ciclo o número de dias contados da emergência das plântulas até o florescimento. No período de emissão das panículas todas as parcelas foram inspecionadas para determinação da data do florescimento, isto é, do estágio de antese, em aproximadamente 50% das espiguetas.

3.5.2. Estatura das plantas

Medida desde a superfície do solo até o ápice da panícula mais alta, excluindo-se as aristas, tomada ao acaso de 10 plantas da área útil das parcelas, após completada a maturação ou estágio 9 no ciclo vegetativo (CIAT, 1983). Os dados são expressos em centímetros usando-se somente números inteiros.

3.5.3. Número de panículas/m²

Obtido pela soma dos resultados da contagem direta das 40 panículas colhidas em 4 subamostras de 0,25 m² demarcadas na área útil das parcelas.

3.5.4. Comprimento da panícula

Medida tomada em centímetros, da base ou nó ciliar até o ápice da panícula. (CIAT, 1983), correspondendo a média de 40 medições por parcela, realizadas em grupos de 10 panículas tomadas ao acaso das 4 subamostras demarcadas na área útil das parcelas.

3.5.5. Número de espiguetas por panícula

Média do número de espiguetas das 40 panículas amostradas para avaliar o comprimento.

3.5.6. Número de grãos granados por panícula

Média do número de granadas, separadas e contadas manualmente, das 40 panículas utilizadas para avaliar o comprimento.

3.5.7. Número de grãos fanados por panícula

Média do número de espiguetas fanadas, separadas e contadas manualmente, das 40 panículas utilizadas para avaliar o comprimento.

3.5.8. Peso de grãos por panícula

Média dos pesos, em gramas, das espiguetas, das 40 panículas utilizadas para avaliar o comprimento.

3.5.9. Peso de grãos granados por panícula

Média dos pesos, em gramas, das espiguetas granadas, separadas manualmente, das 40 panículas utilizadas para avaliar o comprimento.

3.5.10. Peso de grãos fanados por panícula

Média dos pesos, em gramas, das espiguetas fanadas, separadas manualmente, das 40 panículas utilizadas para avaliar o comprimento.

3.5.11. Peso de 1000 grãos

Média dos pesos, em gramas, de 4 lotes de mil grãos granados, contados manualmente, dos grupos de 10 panículas tomadas ao acaso das subamostras de 0,25 m².

3.5.12. Dimensões dos grãos

Comprimento, largura e espessura, em milímetros, determinados em 100 grãos com casca por parcela, por meio de paquímetro, com leitura para duas casas decimais.

3.5.13. Produção de grãos em casca

Conversão, para quilos por hectare, dos resultados de pesagem das produções da área útil (10 m²) das parcelas.

3.5.14. Rendimento de grãos no beneficiamento

Obtido 50 dias após o armazenamento. As amostras de 100 gramas de arroz em casca, foram pesadas em balança eletrônica de precisão de duas casas decimais

da marca Gehaka, modelo BG 2000, e beneficiadas em moinho de provas da marca Suzuki modelo MT-87. O tempo de permanência de cada amostra no órgão brunidor foi de 1 minuto, conforme especificação do fabricante, sendo a separação de grãos inteiros e grãos quebrados feita em cilindro "Trier" acoplado ao equipamento. Foram determinados o peso de grãos inteiros e de grãos quebrados no beneficiamento e a renda do beneficiamento que compreende a soma do peso de grãos inteiros e grãos quebrados.

3.5.15. Produção de grãos inteiros beneficiados

É o produto do peso de grãos inteiros beneficiados, em porcentagem, pela produção em quilos por hectare de grãos em casca, sendo os resultados expressos em quilos por hectare.

3.5.16. Produção de grãos quebrados beneficiados

É o produto do peso de grãos quebrados beneficiados, dado em porcentagem, pela produção em quilos por hectare de grãos em casca, sendo os resultados expressos em quilos por hectare.

3.5.17. Germinação das Sementes

As avaliações de germinação foram realizadas com 100 sementes e 4 repetições distribuídas em dois rolos com 50 sementes cada (Brasil, 1992). As sementes contidas em rolo de papel especial e mantidas em germinador a temperaturas alternadas de 20°C por 16 horas e 30°C por 8 horas. A primeira avaliação foi feita aos cinco dias e a segunda aos quatorze dias após a instalação do teste.

3.5.18. Vigor das sementes

As determinações de vigor foram conduzidas também com 100 sementes e 4 repetições e consistiram no envelhecimento acelerado, de acordo com métodos e técnicas descritos por Delouche & Baskin (1973) e Marcos Filho et al. (1987), utilizando caixas tipo gerbox, mantida em câmara especial a 42°C e 100% de umidade relativa por 168 horas, e posteriormente as sementes foram colocadas para germinar à semelhança a descrita em 3.5.17 (Wetzel, 1972 e Razera et al., 1986).

3.5.19. Massa seca de 100 sementes

As medições de massa seca de 100 sementes foram feitas utilizando-se 200 sementes por parcela, mantidas em estufa a 105°C, sem circulação forçada de ar, por 24 horas (Brasil, 1992).

3.5.20. Peso hectolítrico

Foi determinado em balança hectolétrica especial, marca Marte, de um quarto de litro, utilizando-se para essa análise duas subamostras de 250 ml, retiradas da amostra média de cada parcela e enviada ao laboratório em recipiente hermético. As determinações, conforme as regras de análise de sementes (Brasil, 1992), foram realizadas simultaneamente para evitar efeito da variação de umidade sobre o peso hectolétrico.

4. RESULTADOS

4.1. Ciclo

Através da análise da variância constata-se valores de F significativos para o fator A (cultivares) e altamente significativos para o fator B (níveis de nitrogênio). As médias dos ciclos, em dias, para os três cultivares, o coeficiente de variação e a diferença mínima significativa são encontradas no Quadro 3.

Verifica-se pelas médias de ciclo exibidas no quadro 3, que os cultivares IAC 101 e IAC 242 foram iguais entre si e superiores ao IAC 102 pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$).

Os resultados revelam efeito de níveis de nitrogênio apenas para o cultivar IAC 242 com diminuição de ciclo para níveis crescentes de nitrogênio.

A análise de regressão polinomial para os níveis de nitrogênio revelou efeito linear significativo dado pela equação:

$$Y = 2,67522 + 0,0002556x, \text{ com } r^2 = 0,98 \quad (1)$$

onde:

Y é a variável dependente (ciclo); e

x é a variável independente (níveis de nitrogênio).

Quadro 3. Dados médios de ciclo, em dias.

Níveis de N	Cultivares			Médias
	IAC 101	IAC 102	IAC 242	
kg/ha	----- dias -----			
0	84 a	79 a	87 a	83
50	84 a	79 a	84 b	82
100	84 a	79 a	84 b	82
150	84 a	79 a	85 b	82
Médias	84 a	79 a	85 a	
CV%	1,22	79 b		
D.M.S. (5%) cultivar 1,04				
D.M.S. (5% níveis de nitrogênio dentro de cultivares) 2,30				

4.2. Estatura das plantas

A análise da variância para estatura revelou valores de F significativos para cultivares, níveis de nitrogênio e interação de cultivares x níveis de nitrogênio.

No Quadro 4 são apresentados as médias de estatura das plantas em metros, o coeficiente de variação e a diferença mínima significativa.

Observando-se no quadro 4, as médias de estatura das plantas dos três cultivares, verifica-se que os cultivares IAC 102 e IAC 242 não diferiram entre si, porém superaram o cultivar IAC 101, pelo teste dá-se que os cultivares apresentaram aumento de estatura para níveis crescentes de nitrogênio, porém com comportamentos distintos.

A análise de regressão polinomial para níveis de nitrogênio revelou valor de F significativo para regressão quadrática, dado pela equação polinomial:

$$Y = 0,647667 + 0,0024867 - 0,00000733x^2, \quad (2)$$

com $r^2 = 1,0$

onde:

Y é a variável dependente (estatura das plantas), e

X é a variável independente (níveis de nitrogênio).

Quadro 4. Médias de estatura das plantas, em cm, para 12 tratamentos.

Cultivares				
Níveis de N	IAC 101	IAC 102	IAC 242	Médias
kg/ha	cm			
0	63,3 a	65,0 a	66,0 a	65,0
50	69,6 b	83,3 a	73,0 b	75,3
100	72,0 b	86,6 a	88,3 a	82,3
150	80,0 b	90,6 a	85,3 ab	85,5
Médias	71,2 b	81,3 a	78,1 a	
CV%	5,02			
D.M.S. (5%) cultivar 4,0				
D.M.S. (5%) cultivar dentro de níveis de nitrogênio 8,0				

Em decorrência da significância apresentada pela interação cultivar x nitrogênio, foi realizada análise da regressão polinomial da estatura das plantas de arroz em relação aos níveis de nitrogênio, para os cultivares individualmente, sendo que para o cultivar IAC 101 obteve-se valor de F significativo para regressão linear conforme a equação polinomial:

$$Y = 0,632667 + 0,0010867x, \text{ com } r^2 = 0,96 \quad (3)$$

Para o cultivar IAC 102 a análise mostrou efeito de F significativo para regressão linear dada pela equação polinomial:

$$Y = 0,693667 + 0,0016067x, \text{ com } r^2 = 0,96 \quad (4)$$

E a análise de regressão polinomial para o cultivar IAC 242 mostrou valor de F significativo para efeito quadrático dado pela equação polinomial:

$$Y = 0,646667 + 0,0029667x - 0,0000100x^2 \text{ com } r^2 = 0,89 \quad (5)$$

A Figura 2 mostra as curvas de resposta da estatura dos três cultivares IAC 101, IAC 102 e IAC 242 à níveis crescentes de nitrogênio.

Nota-se para o cultivar IAC 242 maior efeito quadrático entre os níveis 0 e 100 kg/ha, sendo mais acentuado entre 50 e 100 kg de N/ha e com tendência de estabilidade da estatura para o nível de 150 kg de N/ha.

Figura 2. Curvas de resposta em estatura, dos cultivares estudados.

4.3. Número de panículas/m²

Na análise da variância foi encontrado valor de F significativo apenas para cultivares.

Os dados obtidos foram transformados, na análise estatística, em $\sqrt{(x + 0,5)}$, estando no Quadro 5 as médias originais, o coeficiente de variação e a diferença mínima significativa.

Quadro 5. Médias de número de panículas/m², para 12 tratamentos.

Níveis de N	Cultivares			Médias (1)
	IAC 101	IAC 102	IAC 242	
kg/ha	----- n.º -----			
0	634	661	793	696
50	732	701	756	729
100	686	650	824	720
150	667	766	796	726
Médias (2)	680 b	694 b	780 a	
CV%	11,52			
D.M.S. (5%)	84,94			

O teste de Tukey ($\alpha = 0,05$) aplicado às médias de número de panículas/m² dos três cultivares permitiu constatar que o cultivar IAC 242 superou os demais que não diferiram entre si.

A análise da variância da regressão polinomial para níveis de nitrogênio não mostrou valores de F significativos para todas as causas de variação.

4.4. Comprimento da panícula

Na análise da variância encontrou-se valores de F significativos para cultivares e níveis de nitrogênio.

No Quadro 6 estão expostas as médias de comprimento da panícula, em centímetros, coeficiente de variação e diferença mínima significativa.

As médias comprimento de panícula apresentadas no quadro 6 mostram que o cultivar IAC 102 superou, os cultivares IAC 101 e IAC 242 que não diferiram entre si, pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$).

Quadro 6. Médias de comprimento de panícula, em cm, para 12 tratamentos.

Níveis de N	Cultivares			Médias
	IAC 101	IAC 102	IAC 242	
kg/ha	cm			
0	16,33	17,66	16,33	16,77
50	18,33	22,33	18,66	19,77
100	18,66	24,00	20,66	21,11
150	19,66	24,33	21,66	21,88
Médias	18,25 b	22,08 a	19,33 b	
CV%	5,46			
D.M.S. (5%)	1,11			

A análise de regressão polinomial para nível de nitrogênio revelou valor de F significativo para regressão quadrática, dado pela equação polinomial:

$$Y = 16,833333 + 0,0666667x - 0,00022222x^2, \text{ com } r^2 = 0,99 \quad (6)$$

onde:

Y é a variável dependente (comprimento de panícula); e

X é a variável independente (níveis de nitrogênio).

A Figura 3 exibe a curva de resposta do comprimento de panícula dos cultivares IAC 101, IAC 102 e IAC 242, submetidos à 4 níveis de nitrogênio.

Observa-se na figura 3, maiores ganhos entre os níveis 0 e 50 kg de N/ha. A partir desse patamar os cultivares de arroz estudados apresentaram menores variações no comprimento de panícula.

Figura 3. Curva de resposta do comprimento médio de panícula dos três cultivares de arroz irrigado aos quatro níveis de nitrogênio.

4.5. Número de espiguetas por panícula

A análise da variância para o número de espiguetas por panícula acusou valores de F significativos para cultivares e níveis de nitrogênio.

Na análise estatística as observações foram transformadas em $\sqrt{x + 0,5}$, porém no Quadro 7 estão expostas as médias originais dos tratamentos, o coeficiente de variação e diferença mínima significativa.

Quadro 7. Médias de número de espiguetas por panícula, para 12 tratamentos.

Níveis de N	Cultivares			Médias
	IAC 101	IAC 102	IAC 242	
kg/ha	n.º			
0	33,33	37,33	37,00	35,88
50	45,00	70,33	50,66	55,33
100	53,33	79,00	66,00	66,11
150	66,00	85,00	76,66	75,88
Médias	49,41 Bb	67,91 Aa	57,58 b	
CV%	14,82			
D.M.S. (5%)	8,87			

Examinando-se as médias de número de espiguetas por panícula dos três cultivares no quadro 7, nota-se que o cultivar IAC 102 superou os demais, que não diferiram entre si pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$).

As médias mostram aumento do número de espiguetas por panícula para níveis crescentes de nitrogênio, com maior variação para entre os níveis 0 e 50 kg de N/ha.

Na análise da variância da regressão polinomial para níveis de nitrogênio, constatou-se valor de F significativo para regressão quadrática, conforme a equação polinomial:

$$Y = 36,272222 + 0,4065556x - 0,00096667x^2, \text{ com } r^2 = 0,99 \quad (7)$$

onde:

Y é a variável dependente (número de espiguetas por panícula): e

X é a variável independente (níveis de nitrogênio).

As respostas dos cultivares IAC 101, IAC 102 e IAC 242 em número de espiguetas por panícula, para níveis de nitrogênio, podem ser observadas pela curva de resposta da figura 4.

A Figura 4 revela maior incremento do número de espiguetas por panícula entre os níveis 0 e 50 kg de N/ha, observando-se menor tendência para níveis acima de 100 kg de N/ha, mas que persiste até o nível de 150 kg de N/ha.

Derivando-se a equação de regressão polinomial (7) obteve-se o nível de 210 kg de N/ha como a de máxima resposta para número de espiguetas por panícula, que contribui para o número máximo de 79 espiguetas por panícula.

Figura 4. Curva de resposta do número de espiguetas por panícula dos três cultivares aos quatro níveis de nitrogênio.

4.6. Número de grãos granados por panícula

Na análise da variância encontrou-se valores de F significativos para cultivares, nitrogênio e interação nitrogênio x cultivares.

Na análise estatística as observações foram transformadas em $\sqrt{x + 0,5}$ porém, no Quadro 8 são apresentadas as médias originais, o coeficiente de variação e a diferença mínima significativa.

Quadro 8. Médias de número de grãos granados por panícula para 12 tratamentos.

Níveis de N	Cultivares			Médias (1)
	IAC 101	IAC 102	IAC 242	
kg/ha	----- n.º -----			
0	27,33 a	31,66 a	26,33 a	28,44
50	32,66 b	56,00 a	34,66 b	41,11
100	36,33 b	63,66 a	45,00 b	48,33
150	45,66 b	68,66 a	48,33 b	54,22
Médias (2)	35,49 b	54,99 a	38,58 b	
CV%	12,56			
D.M.S. (5%)	5,54			
D.M.S. (5%)	Cultivares dentro de nitrogênio (11,09)			

Verifica-se pelas médias dos três cultivares no quadro 8, que o cultivar IAC 102 apresentou maior média de grãos granados por panícula, superando os demais cultivares, que não diferiram entre si, pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$).

Pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$) aplicado às médias de número de grãos granados por panícula dos cultivares dentro de cada nível do fator nitrogênio, verificou-se que para o nível zero os três cultivares não diferiram entre si. Para os demais níveis de nitrogênio o cultivar IAC 102 superou os cultivares IAC 101 e IAC 242 que não diferiram entre si.

A análise da variância da regressão polinomial para os níveis de nitrogênio, revelou valor de F significativo para regressão quadrática, conforme a equação polinomial:

$$Y = 28,65 + 0,2707778x - 0,0006778x^2 \quad (8)$$

Efeitos dos níveis de nitrogênio sobre a variável, número de grãos granados por panícula, para os cultivares IAC 101, IAC 102 e IAC 242 podem ser observados pela curva de resposta apresentada na Figura 5.

Figura 5. Curva de resposta do número de grãos granados por panícula de três cultivares de arroz irrigado à quatro níveis de nitrogênio.

4.7. Número de grãos fanados por panícula

A análise da variância revelou valores de F significativos para cultivares e níveis de nitrogênio.

Na análise estatística as observações foram transformadas em $\sqrt{x + 0,5}$, estando no Quadro 9 as médias originais dos tratamentos o coeficiente de variação e a diferença mínima significativa.

Quadro 9. Médias de número de grãos fanados por panícula, para 12 tratamentos.

Cultivares				
Níveis de N	IAC 101	IAC 102	IAC 242	Médias (1)
kg/ha	----- n.º -----			
0	5,66	4,00	10,00	6,55
50	11,33	13,66	15,00	13,33
100	16,00	14,66	20,00	16,88
150	19,33	15,66	27,66	20,88
Médias (2)	13,08 b	11,99 b	18,16 a	
CV%	28,08			
D.M.S. (5%)	4,15			

Através do teste de Tukey ($\alpha = 0,05$) aplicado às médias de número de grãos fanados por panícula do quadro 9, constatou-se que o cultivar IAC 242 superou os demais cultivares, que não diferiram entre si.

A análise da variância da regressão polinomial para níveis de nitrogênio apresentou valor de F significativo para regressão linear, com efeito positivo conforme a equação polinomial:

$$Y = 7,433333 + 0,0931111x \text{ com } r^2 = 0,99 \quad (9)$$

onde:

Y é a variável dependente (número de grãos fanados p/panícula); e

X é a variável independente (níveis de nitrogênio).

Os efeitos dos níveis de nitrogênio sobre os cultivares IAC 101, IAC 102 e IAC 242, em número de grãos fanados por panícula, podem ser observados pela curva de resposta da Figura 6.

Figura 6. Curva de resposta de grãos fanados por panícula de três cultivares de arroz irrigado, submetidos a quatro níveis de fertilização nitrogenada.

4.8. Peso de grãos por panícula

A análise da variância mostrou valores de F significativos para cultivares e níveis de nitrogênio.

O Quadro 10 apresenta as médias de peso em gramas de grãos por panícula, o coeficiente de variação e diferença mínima significativa.

Quadro 10. Médias de peso de grãos por panícula, para 12 tratamentos.

Níveis de N	Cultivares			Médias (2)
	IAC 101	IAC 102	IAC 242	
kg/ha	g			
0	0,66	0,33	0,66	0,55
50	1,00	1,33	1,00	1,11
100	1,00	2,00	1,33	1,55
150	1,33	2,00	1,33	1,55
Médias (1)	1,00 a	1,41 a	1,00 a	
CV%	37,18			
D.M.S. (5%)	0,43			

Verifica-se pelas médias apresentadas no quadro 10 que os três cultivares não diferiram significativamente entre si, pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$), embora o cultivar IAC 102 tenha apresentado maior peso médio de grãos por panícula que os demais.

No nível zero de nitrogênio o cultivar IAC 102 que apresentou menor média, superou os cultivares IAC 101 e IAC 242 nos demais níveis.

Na análise de regressão polinomial para níveis de nitrogênio foi encontrado valor de F significativo para regressão linear dado pela equação polinomial:

$$Y = 0,655556 + 0,0064444x, \text{ com } r^2 = 0,99 \quad (10)$$

onde:

Y é a variável dependente (peso de grãos por panícula); e

X é a variável independente (níveis de nitrogênio).

Na Figura 7 encontra-se a curva de resposta do peso de grãos por panícula, dos cultivares IAC 101, IAC 102 e IAC 242, submetidos a quatro níveis de adubação nitrogenada.

Figura 7. Curva de resposta do peso médio de grãos por panícula de três cultivares aos quatro níveis de nitrogênio.

4.9. Peso de grãos granados por panícula

Na análise da variância foram encontrados valores de F significativos para cultivares, níveis de nitrogênio e interação cultivares x nitrogênio.

No Quadro 11 estão expostas as médias de três repetições de peso de grãos granados por panícula, em gramas, o coeficiente de variação e a diferença mínima significativa.

Quadro 11. Médias de peso de grãos granados por panícula, em gramas, para 12 tratamentos.

Cultivares				
Níveis de N	IAC 101	IAC 102	IAC 242	Médias (1)
kg/ha	----- g -----			
0	0,66 a	0,33 a	0,00 a	0,33
50	1,00 a	1,00 a	0,66 a	0,89
100	1,00 a	1,66 a	1,00 a	1,22
150	1,00 b	2,33 a	1,00 b	1,44
Médias (2)	0,91 b	1,33 a	0,66 b	
CV%	39,70			
D.M.S. (5%) (cult)	0,40			
D.M.S. (5%) (cultivares dentro de nitrogênio)	0,79			

A comparação das médias de peso de grãos granados por panícula dos três cultivares no quadro 11 pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$) permitiu constatar, que o cultivar IAC 102 foi superior aos demais cultivares, que não diferiram entre si.

O teste de Tukey ($\alpha = 0,05$) aplicado às médias de peso de grãos granados por panícula, dos cultivares dentro de cada nível do fator nitrogênio, revelou que apenas para 150 kg de N/ha houve diferença significativa para cultivares, com o IAC 102 superando os cultivares IAC 101 e IAC 242, que não diferiram entre si.

A análise da variância da regressão polinomial para os níveis de nitrogênio, mostrou valor de F significativo para regressão linear conforme equação polinomial:

$$Y = 0,422222 + 0,0073333x, \text{ com } r^2 = 1,00 \quad (11)$$

onde:

Y é a variável dependente (peso de grãos granados por panícula);

X é a variável independente (níveis de nitrogênio).

Tendo em vista a significância apresentada pela interação cultivar x nitrogênio foi feito estudo da análise de regressão polinomial do peso de grãos granados por panícula em relação aos níveis de nitrogênio, para os cultivares separadamente.

Para o cultivar IAC 102 obteve-se valor de F significativo para regressão linear conforme a equação polinomial:

$$Y = 0,333333 + 0,0133333x, \text{ com } r^2 = 1,00 \quad (12)$$

Em relação ao IAC 242, verificou-se valor de F significativo para regressão quadrática conforme a equação polinomial:

$$Y = 0 + 0,0166667 - 0,00006667x^2, \text{ com } r^2 = 1,0 \quad (13)$$

Os efeitos de níveis de nitrogênio sobre a variável, peso de grãos granados por panícula, para os cultivares IAC 102 e IAC 242 encontram-se representados pelas curvas de respostas da Figura 8.

Figura 8. Curvas de resposta do peso de grãos granados por panícula dos cultivares IAC 102 e IAC 242.

4.10. Peso de grãos fanados por panícula

A análise da variância para o peso de grãos fanados por panícula revelou valores de F significativos para cultivares e níveis de nitrogênio.

O Quadro 12 apresenta as médias de 3 repetições de grãos fanados por panícula, em gramas, o coeficiente de variação e a diferença mínima significativa.

Quadro 12. Médias de peso de grãos fanados por panícula, em gramas, para 12 tratamentos.

Níveis de N	Cultivares			Médias (1)
	IAC 101	IAC 102	IAC 242	
kg/ha	----- g -----			
0	0,06	0,04	0,11	0,07
50	0,12	0,12	0,13	0,13
100	0,17	0,13	0,22	0,17
150	0,20	0,15	0,28	0,21
Médias (2)	0,14 b	0,11 b	0,20 a	
CV%	25,50			
D.M.S. (5%)	0,39			

Constata-se pelas médias de peso de grãos fanados por panícula dos três cultivares no quadro 12, que o cultivar IAC 242 superou os cultivares IAC 101 e IAC 102, que não diferiram entre si, pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$).

As médias mostram efeito positivo de níveis crescentes de nitrogênio sobre o peso de grãos fanados por panícula.

Na análise da variância da regressão polinomial para níveis de nitrogênio verifica-se valor de F significativo para regressão linear, conforme a equação polinomial:

$$Y = 0,081222 + 0,0009244x, \text{ com } r^2 = 0,99 \quad (14)$$

onde:

Y é a variável dependente (peso de grãos fanados por panícula); e

X é a variável independente (níveis de nitrogênio).

Os efeitos dos níveis de nitrogênio sobre a variável, peso de grãos fanados por panícula, para os cultivares IAC 101, IAC 102 e IAC 242 podem ser observados pela curva de resposta da Figura 9.

Figura 9. Curva de resposta do peso de grãos fanados por panícula dos três cultivares estudados.

4.11. Peso de 1000 grãos

Na análise da variância foram encontrados valores de F significativos para cultivares e níveis de nitrogênio.

No Quadro 13 estão expostas as médias de peso de 1000 grãos em gramas, o coeficiente de variação e a diferença mínima significativa.

Quadro 13. Médias de peso de 1000 grãos, em gramas, para 12 tratamentos.

Níveis de N	Cultivares			Médias (1)
	IAC 101	IAC 102	IAC 242	
kg/ha	g			
0	35,00	29,00	30,66	31,55
50	35,00	31,00	31,66	32,55
100	36,33	31,33	31,66	33,11
150	36,33	30,68	31,66	32,88
Médias (2)	35,66 a	30,50 c	31,41 b	
CV%	1,96			
D.M.S. (5%)	0,65			

O teste de Tukey ($\alpha = 0,05$) aplicado às médias de peso de 1000 grãos permitiu constatar que o cultivar IAC 101 superou os demais. O cultivar IAC 242, com média intermediária, foi significativamente superior ao IAC 102.

Todos os cultivares mostraram aumento do peso de 1000 grãos para níveis de nitrogênio.

A análise da variância da regressão polinomial para níveis de nitrogênio mostrou valor de F significativo para regressão quadrática, conforme a equação polinomial:

$$Y = 31,538889 + 0,0274444x - 0,00012222x^2, \text{ com } r^2 = 0,99 \quad (15)$$

onde:

Y é a variável dependente (peso de 1000 grãos); e

X é a variável independente (níveis de nitrogênio).

A curva de resposta exibida na Figura 10 mostra os efeitos dos níveis de nitrogênio sobre o comportamento dos 3 cultivares em peso de 1000 grãos.

Observa-se que maiores ganho de peso de 1000 grãos ocorreram entre os níveis 0 e 50 kg de N/ha, estabilizando-se em 100 kg de N/ha, com tendência de diminuição para aplicação de quantidades maiores de nitrogênio.

Figura 10. Curva de resposta, em peso de 1000 grãos, de três cultivares de arroz irrigado, submetidos a diferentes níveis de nitrogênio.

4.12. Dimensões dos grãos

4.12.1. Comprimento de grãos

Na análise da variância encontrou-se valores de F significativos para cultivares e níveis de nitrogênio.

No Quadro 14, encontram-se as médias de comprimento de grãos, coeficiente de variação e diferença mínima significativa.

Quadro 14. Médias de comprimento de grãos, em milímetros, para 12 tratamentos

Níveis de N	Cultivares			Médias (1)
	IAC 101	IAC 102	IAC 242	
kg/ha	----- mm -----			
0	11,24	10,75	10,12	10,70
50	11,40	11,24	10,29	10,98
100	11,54	11,00	10,33	10,95
150	11,48	11,00	10,33	10,93
Médias (2)	11,41 a	11,00 b	10,27 c	
CV%	1,72			
D.M.S. (5%)	0,19			

Comparando-se as médias de comprimento de grãos do quadro 14 pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$) verificou-se que os dois cultivares diferiram do IAC 101, que superou os demais, e o cultivar IAC 102, com média intermediária, foi significativamente superior ao IAC 242.

A análise de regressão polinomial para níveis de nitrogênio mostrou valor de F significativo para regressão quadrática dado pela equação polinomial:

$$Y = 10,7215 + 0,005722x - 0,00002944x^2, \text{ com } r^2 = 0,90 \quad (16)$$

onde:

Y é a variável dependente (comprimento de grãos); e

X é a variável independente (níveis de nitrogênio).

A Figura 11 exibe a curva de resposta do comprimento de grãos dos três cultivares, para níveis crescentes de nitrogênio.

Nota-se, pela figura 11, que os maiores ganhos para comprimento de grãos estão entre os níveis 0 e 50 kg de N/ha, com tendência de diminuição para nível de 100 kg de N/ha, a partir do qual a curva passa a exibir um declínio.

Figura 11. Curva de resposta dos cultivares IAC 101, IAC 102 e IAC 242 aos quatro níveis de nitrogênio.

4.12.2. Largura de grãos

A análise da variância apresentou valores de F significativos para cultivares e níveis de nitrogênio.

Encontram-se no Quadro 15, as médias de largura de grãos em milímetros, o coeficiente de variação e diferença mínima significativa.

Observa-se pelo Quadro 15, que as médias de largura de grãos dos três cultivares, diferiram entre si pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$), sendo que o IAC 242 superou os demais e o IAC 101, com média intermediária, foi significativamente superior ao IAC 102.

Quadro 15. Médias de largura de grãos, em milímetros, para 12 tratamentos.

Níveis de N	Cultivares			Médias (2)
	IAC 101	IAC 102	IAC 242	
kg/ha	mm			
0	2,71	2,50	2,80	2,67
50	2,72	2,55	2,78	2,68
100	2,72	2,54	2,83	2,70
150	2,74	2,55	2,80	2,70
Médias (2)	2,72 b	2,53 c	2,80 a	
CV%	1,10			
D.M.S. (5%)	0,30			

A análise de regressão polinomial mostrou efeito linear significativo para níveis de nitrogênio dado pela equação polinomial:

$$Y = 2,675222 + 0,0002156x, \text{ com } r^2 = 0,98 \quad (17)$$

onde:

Y é a variável dependente (largura de grãos); e

X é a variável independente (níveis de nitrogênio).

4.12.3. Espessura de grãos

A análise da variância revelou valor de F significativo para cultivares.

No Quadro 16 são apresentadas as médias de espessura de grãos, coeficiente de variação e diferença mínima significativa.

Quadro 16. Médias de espessura de grãos, em milímetros, para 12 tratamentos.

Níveis de N	Cultivares			Médias (2)
	IAC 101	IAC 102	IAC 242	
kg/ha	----- mm -----			
0	2,20	2,10	2,08	2,13 a
50	2,18	2,14	2,12	2,15
100	2,21	2,11	2,13	2,15
150	2,21	2,12	2,09	2,14
Médias (2)	2,20 a	2,11 b	2,10 b	
D.M.S. (5%)	0,28			

As médias de espessura de grãos apresentadas no quadro 16 revelam que o cultivar IAC 101 superou os demais cultivares que não diferiram significativamente entre si, pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$).

4.13. Produção de grãos

A análise da variância revelou valores significativos de F para níveis de nitrogênio.

No Quadro 17 são apresentados os resultados de produção em kg/ha de arroz, com 13% de umidade, o coeficiente de variação e a diferença mínima significativa.

Quadro 17. Produção de arroz, em kg/ha, para 12 tratamentos.

Cultivares				
Níveis de N	IAC 101	IAC 102	IAC 242	Médias
----- kg/ha -----				
0	3193	2767	3368	3109
50	4310	4482	4186	4326
100	5404	4877	5377	5219
150	5942	5783	5809	5845
Médias	4712 a	4477 a	4685 a	
CV %	9,29			
D.M.S. (5%)	441,25			

O teste de Tukey ($\alpha = 0,05$) aplicado sobre as médias de produção de grãos permitiu constatar que os cultivares estudados não diferiram significativamente entre si.

A análise da variância da regressão polinomial para níveis de nitrogênio, mostrou valor de F significativo para regressão quadrática, conforme equação polinomial:

$$Y = 3112,477778 + 27,0662222x - 0,05911111x^2, \text{ com } r^2 = 1,0 \quad (18)$$

onde:

Y é a variável dependente (produção de grãos/ha); e

X é a variável independente (níveis de nitrogênio).

A curva de resposta da Figura 12, mostra o efeito de quatro níveis de nitrogênio sobre o rendimento de grãos, em kg/ha, dos cultivares de arroz IAC 101, IAC 102 e IAC 242.

Figura 12. Curva de resposta de produção de grãos em casca dos cultivares aos quatro níveis de nitrogênio.

Os efeitos dos níveis de nitrogênio sobre a produção de arroz dos 3 cultivares, observadas na curva de resposta da figura 12, revelam maiores ganhos entre os níveis 0 e 100 kg de N/ha, embora para 150 kg de N/ha a curva ainda se encontra em ascensão, mostrando tendência de estabilidade da produção de grãos para níveis de nitrogênio, superior ao nível máximo estudado.

Derivando-se a equação de regressão polinomial (18), calculou-se que o nível de nitrogênio de máxima resposta é de 229 kg de N/ha, com o qual através da equação (18) obteve-se produção máxima de 6212 kg de grãos/ha.

4.14. Rendimento de grãos no beneficiamento

4.14.1. Peso de grãos inteiros beneficiados

A análise da variância mostrou valores de F significativos para cultivares e níveis de nitrogênio.

Na análise estatística os dados obtidos em porcentagem foram transformados em arco seno $\sqrt{x}/100$, porém, no Quadro 18, estão expostos os dados originais do coeficiente de variação e diferença mínima significativa.

As médias de peso de grãos inteiros no beneficiamento (quadro 18), revelam que o cultivar IAC 242 superou os demais cultivares, que não diferiram significativamente entre si pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$).

A análise de regressão polinomial revelou efeito linear significativo para os níveis de nitrogênio dado pela equação polinomial:

$$Y = 45,700000 + 0,0751111x, \text{ com } r^2 = 0,99 \quad (22)$$

onde:

Y é a variável dependente (rendimento industrial); e

X é a variável independente (níveis de nitrogênio).

Os efeitos dos níveis crescentes de nitrogênio sobre os cultivares IAC 101, IAC 102 e IAC 242, conforme as médias de peso de grãos inteiros beneficiados expostas no quadro 18, encontram-se representados pela curva de resposta na Figura 13.

Quadro 18. Médias do peso de grãos inteiros beneficiados, em gramas, para 12 tratamentos.

Cultivares				
Níveis de N	IAC 101	IAC 102	IAC 242	Médias (1)
kg/ha	----- g -----			
0	39,00	45,33	52,00	45,44
50	45,00	48,33	55,33	49,55
100	53,00	52,66	55,66	53,77
150	54,00	55,66	60,00	56,55
Médias (2)	47,75 b	50,50 b	55,75 a	
CV %	9,00			
D.M.S. (5%)	4,74

Figura 13. Curva de resposta do peso de grãos inteiros beneficiados dos três cultivares de arroz aos quatro níveis de nitrogênio.

4.14.2. Peso de grãos quebrados beneficiados

Na análise da variância foram encontrados valores de F significativos para cultivares e níveis de nitrogênio.

Os dados obtidos em porcentagem, na análise estatística, foram transformados em arco seno $\sqrt{x/100}$ porém, no Quadro 19 abaixo estão expostos os dados originais, o coeficiente de variação e diferença mínima significativa.

Quadro 19. Médias de peso de grãos quebrados beneficiados, em gramas, para 12 tratamentos.

Níveis de N	Cultivares			Médias (2)
	IAC 101	IAC 102	IAC 242	
kg/ha	----- g -----			
0	32,33	24,66	18,00	25,00
50	25,00	22,00	14,33	20,44
100	15,66	17,66	14,33	15,88
150	15,00	15,66	10,00	13,55
Médias (1)	22,00 a	20,00 a	14,16 b	
CV %	23,50			
D.M.S. (5%)	4,51			

O teste de Tukey ($\alpha = 0,05$) aplicado sobre as médias de peso de grãos quebrados beneficiados permitiu constatar que os cultivares IAC 101 e IAC 102 foram iguais entre si e superiores ao IAC 242.

A análise de regressão polinomial revelou efeito linear significativo para os níveis de nitrogênio, conforme a equação polinomial:

$$Y = 24,555556 - 0,0777778x, \text{ com } r^2 = 0,99 \quad (20)$$

onde:

Y é a variável dependente (peso de grãos quebrados); e

X é a variável independente (níveis de nitrogênio).

Os efeitos dos níveis crescentes de nitrogênio sobre as médias de peso de grãos quebrados beneficiados expostas no quadro 19, estão representados pela curva de resposta na Figura 14.

Figura 14. Curva de resposta dos pesos de grãos quebrados beneficiados dos cultivares de arroz aos níveis crescentes de nitrogênio.

4.14.3. Renda do beneficiamento

A análise da variância acusou valor de F significativo para interação cultivares x nitrogênio.

Na análise estatística os dados obtidos em porcentagem foram transformados em arco seno $\sqrt{x}/100$, estando expostos no Quadro 20, os dados originais, o coeficiente de variação e diferença mínima significativa.

As médias da renda do beneficiamento do quadro 20 mostram que não houve diferenças significativas entre cultivares, todavia pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$), aplicado para médias da renda do beneficiamento dos cultivares dentro de cada nível do fator nitrogênio, verificou-se que para o nível 0 de nitrogênio, o cultivar IAC 101 foi superior ao IAC 102 e não diferiu do IAC 242, o qual foi estatisticamente igual ao IAC 102.

Para o nível de 150 kg de N/ha, o cultivar IAC 102 foi superior ao IAC 101 e não diferiu do IAC 242, o qual foi estatisticamente igual ao IAC 101.

Nos níveis intermediários de nitrogênio, 50 e 100 kg de N/ha os três cultivares não diferiram significativamente entre si.

A análise de regressão polinomial para níveis de nitrogênio mostrou valor de F significativo para regressão quadrática, dado pela equação polinomial:

$$Y = 71,000000 - 0,0255556X + 0,0005556x^2 \quad (21)$$

$$\text{com } r^2 = 1,00$$

onde:

Y é a variável dependente (renda); e

X é a variável independente (níveis de nitrogênio).

Tendo em vista a significância apresentada pela interação cultivar x nitrogênio aplicou-se a análise de regressão polinomial em relação aos níveis de nitrogênio dentro do fator cultivar, individualmente.

No cultivar IAC 101 obteve-se valor de F significativo, com efeito quadrático negativo dado pela equação polinomial:

$$Y = 71,933333 - 0,0546667x + 0,0026667x^2 \text{ com } r^2 = 0,98 \quad (22)$$

onde:

Y é a variável dependente (renda); e

X é a variável independente (níveis de nitrogênio).

Para o cultivar IAC 102 obteve-se valor de F significativo para efeito linear conforme a equação polinomial:

$$Y = 70,000000 + 0,0100000x, \text{ com } r^2 = 0,88 \quad (23)$$

Quadro 20. Médias da renda do beneficiamento (peso de grãos inteiros mais peso de grãos quebrados), em gramas, para 12 tratamentos.

Níveis de N	Cultivares			Médias (1)
	IAC 101	IAC 102	IAC 242	
kg/ha	g			
0	72,00 a	70,00 b	71,00 ab	71,00
50	69,66 a	70,66 a	70,00 a	70,10
100	69,33 a	70,66 a	70,00 a	70,00
150	69,66 b	71,66 a	70,66 ab	70,66
Médias (2)	70,16 a	70,74 a	70,41 a	
CV %	1,27			
D.M.S. (5%)*	0,92			
D.M.S. (5%)**	1,83			

* cultivares

** cultivares dentro de nitrogênio

4.15. Produção de grãos inteiros beneficiados

A análise da variância mostrou valores de F significativos para cultivares e níveis de nitrogênio.

As médias de produção de grãos inteiros de arroz beneficiado, em kg/ha, o coeficiente de variação e a diferença mínima significativa, encontram-se no Quadro 21.

Quadro 21. Produção de grãos inteiros de arroz, em kg/ha, para 12 tratamentos.

Níveis de N	Cultivares			Médias (1)
	IAC 101	IAC 102	IAC 242	
	kg/ha			
0	1244	1262	1768	1425
50	1963	2200	2330	2164
100	2894	2599	3022	2838
150	3250	3262	3523	3345
Médias (2)	2338 a	2331 a	2661 a	
CV %	13,29			
D.M.S. (5%)	333,28			

As médias de produção de grãos inteiros apresentadas permitem constatar no quadro 21, que os cultivares não diferiram significativamente entre si, pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$), embora o cultivar IAC 242 apresentou maiores médias que os demais cultivares estudados.

Tendo em vista a significância apresentada para nitrogênio, foi feita a análise da variância da regressão polinomial para níveis de nitrogênio, que revelou valor de F significativo para regressão linear, conforme a equação polinomial:

$$Y = 1477,711111 + 12,8708889x \text{ com } r^2 = 0,99 \quad (24)$$

onde:

Y é a variável dependente (produção de grãos inteiros/ha); e

X é a variável independente (níveis de nitrogênio).

A Figura 15 mostra a curva de resposta dos cultivares IAC 101, IAC 102 e IAC 242, em grãos inteiros beneficiados por hectare, à 4 níveis de adubação nitrogenada.

Figura 15. Curva de resposta de produção de grãos inteiros beneficiados dos três cultivares aos quatro níveis de nitrogênio.

4.16. Produção de grãos quebrados beneficiados

A análise da variância acusou valor de F significativo somente para cultivares.

No Quadro 22 são apresentados as produções médias de grãos de arroz quebrados, em kg/ha, após a operação de beneficiamento, bem como o coeficiente de variação e a diferença mínima significativa.

Quadro 22. Médias de produção de grãos quebrados beneficiados, em kg/ha, para 12 tratamentos.

Níveis de N	Cultivares			Médias (1)
	IAC 101	IAC 102	IAC 242	
	----- kg/ha -----			
0	1068	692	629	796
50	1093	998	629	907
100	872	872	779	845
150	907	915	593	805
Médias (2)	985 a	872 a	657 b	
CV %	24,22			
D.M.S. (5%)	208,41			

Aplicando-se o teste de Tukey ($\alpha = 0,05$) sobre as médias de produção de grãos quebrados do quadro 22, observou-se que os cultivares IAC 101 e IAC 102 foram iguais entre si e superiores ao cultivar IAC 242.

As produções médias de grãos quebrados, em kg/ha, dos cultivares IAC 101, IAC 102 e IAC 242, após o beneficiamento, encontram-se representadas na Figura 16.

Figura 16. Produções de grãos quebrados de três cultivares de arroz no beneficiamento.

4.17. Germinação

4.17.1. Plântulas normais

A análise da variância acusou valores de F significativo para cultivares.

No Quadro 23 encontram-se as médias de germinação obtidas em porcentagem e transformadas em arco seno da raiz de $x/100$, coeficientes de variação e diferença mínima significativa.

Quadro 23. Porcentagens médias de plântulas normais para 12 tratamentos transformados em arco seno $\sqrt{x/100}$.

Níveis de N	Cultivares			Médias (1)
	IAC 101	IAC 102	IAC 242	
kg/ha	----- % -----			
0	71	76	65	70,66
50	71	76	70	72,33
100	72	71	73	72,00
150	71	75	69	71,66
Médias (2)	71,25 ab	74,50 a	69,25 b	
CV %	4,98			
D.M.S. (5%)	3,68			

Pelas médias de plântulas normais apresentadas no quadro 23, observa-se que o cultivar IAC 102 foi superior ao IAC 242 e não diferiu do IAC 101, o qual foi estatisticamente igual ao IAC 242 pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$).

As médias de plântulas normais originais de tratamentos referentes aos cultivares IAC 101, IAC 102 e IAC 242 estão expostas na Figura 17.

Figura 17. Médias de plântulas normais apresentadas pelos cultivares de arroz estudados.

4.17.2. Plântulas anormais

Na análise da variância foi encontrado valor de F significativo ao nível de 5% de probabilidade para cultivares.

No Quadro 24 são apresentadas as médias de plântulas anormais obtidas em porcentagem e transformadas em arco seno da raiz de $x/100$, o coeficiente de variação e a diferença mínima significativa.

Quadro 24. Porcentagens médias de plântulas anormais para 12 tratamentos, transformadas em arco seno $\sqrt{x/100}$.

Níveis de N	Cultivares			Médias (1)
	IAC 101	IAC 102	IAC 242	
kg/ha	----- % -----			
0	1,91	3,82	8,13	4,62
50	3,82	2,71	3,82	3,45
100	2,71	5,23	7,15	5,03
150	1,91	1,91	7,33	3,71
Médias (2)	2,59 b	3,42 ab	6,61 a	
CV %	83,05			
D.M.S. (5%)	3,58			

Pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$) aplicado sobre as médias de plântulas anormais exibidas no quadro 24, verifica-se que o cultivar IAC 242 foi superior ao IAC 101 e não diferiu do IAC 102, o qual foi estatisticamente igual ao IAC 101.

4.17.3. Plântulas infectadas

A análise da variância revelou valor de F significativo para cultivares.

No Quadro 25 estão expostas as médias de plântulas infectadas obtidas em porcentagem e transformadas em arco seno da raiz de $x/100$, o coeficiente de variação e a diferença mínima significativa.

Quadro 25. Porcentagens médias de plântulas infectadas para 12 tratamentos, transformadas em arco seno $\sqrt{x/100}$.

Níveis de N	Cultivares			Médias (1)
	IAC 101	IAC 102	IAC 242	
kg/ha	----- % -----			
0	11,87	6,53	17,30	11,98
50	12,35	5,76	13,91	10,69
100	9,35	11,89	9,88	10,37
150	11,48	8,93	9,73	10,04
Médias (2)	11,26 ab	8,27 b	12,70 a	
CV %	33,42			
D.M.S. (5%)	3,69			

Verifica-se pelo quadro 25 que o cultivar IAC 242 superou o IAC 102 e não diferiu do IAC 101, que foi estatisticamente igual ao IAC 102 pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$).

Na Figura 18 encontram-se representadas as médias originais de plântulas infectadas, referentes aos cultivares de arroz IAC 101, IAC 102 e IAC 242.

Figura 18. Médias de plântulas infectadas, apresentadas pelos cultivares estudados.

4.17.4. Sementes mortas

A análise da variância não revelou valores de F significativos para todas as causas de variação.

No Quadro 26 são apresentadas as médias de sementes mortas obtidas em porcentagem e transformadas em arco seno da raiz de $x/100$, o coeficiente de variação e a diferença mínima significativa.

Quadro 26. Porcentagens médias de sementes mortas para 12 tratamentos transformadas em arco seno $\sqrt{x/100}$

Níveis de N	Cultivares			Médias (1)
	IAC 101	IAC 102	IAC 242	
kg/ha	----- % -----			
0	13,34	10,30	14,85	12,83
50	12,46	10,95	12,93	12,11
100	13,72	12,87	11,74	12,77
150	13,52	10,86	15,31	13,33
Médias (2)	13,26 a	11,24 a	13,70 a	
CV %	26,11			
D.M.S. (5%)	3,41			

4.18. Vigor

4.18.1. Plântulas normais

Na análise da variância não foi encontrada significância para nenhuma causa de variação.

As médias de plântulas normais obtidas em porcentagem e transformadas em arco seno da raiz de $x/100$, o coeficiente de variação e a diferença mínima significativa, encontram-se no Quadro 27.

Quadro 27. Porcentagens médias de plântulas normais para 12 tratamentos, transformadas em arco seno $\sqrt{x/100}$.

Cultivares				
Níveis de N	IAC 101	IAC 102	IAC 242	Médias (1)
kg/ha	----- % -----			
0	68	63	63	64,66
50	66	62	62	63,33
100	63	61	64	62,66
150	70	68	63	67,00
Médias (2)	66,75 a	65,5 a	63,00 a	
CV %	6,57			
D.M.S. (5%)	4,36			

4.18.2. Plântulas anormais

A análise da variância revelou valores de F significativos para níveis de nitrogênio.

No Quadro 28 estão expostas as médias de plântulas anormais obtidas em porcentagem e transformadas em arco seno da raiz de $x/100$, o coeficiente de variação e a diferença mínima significativa.

Quadro 28. Porcentagens médias de plântulas anormais para 12 tratamentos transformadas em arco seno $\sqrt{x/100}$.

Níveis de N	Cultivares			Médias (1)
	IAC 101	IAC 102	IAC 242	
kg/ha	----- % -----			
0	5,73	7,33	7,94	7,00
50	5,23	1,91	1,91	3,02
100	0,00	3,82	3,82	2,54
150	1,91	3,32	3,24	2,82
Médias (2)	3,21 a	4,09 a	4,22 a	
CV %	94,28			
D.M.S. (5%)	3,73			

Verifica-se pelas médias do quadro 28, que houve drástica diminuição de plântulas anormais entre os níveis 0 e 50 kg de N/ha, mantendo-se constante para doses mais elevadas. A análise de regressão polinomial revelou efeito quadrático significativo para os níveis de nitrogênio dado pela equação polinomial:

$$Y = 6,869667 - 0,0901889x + 0,00042888x^2, \text{ com } r^2 = 0,97 \quad (25)$$

onde:

Y é a variável dependente (plântulas normais); e

X é a variável independente (níveis de nitrogênio).

4.18.3. Plântulas infectadas

Através da análise da variância não foi constatada significância para nenhuma causa da variação.

Encontram-se expostas no Quadro 29, as médias de plântulas anormais, obtidas em porcentagens e transformadas em arco seno da raiz de $x/100$, o coeficiente de variação e a diferença mínima significativa.

Quadro 29. Porcentagens médias de plântulas anormais para tratamentos transformadas em arco seno $\sqrt{x/100}$.

Níveis de N	Cultivares			Médias (1)
	IAC 101	IAC 102	IAC 242	
kg/ha	----- % -----			
0	1,91	8,13	6,53	2,52
50	2,71	5,23	1,91	3,28
100	9,73	6,22	2,71	6,22
150	9,36	3,82	7,94	7,04
Médias (2)	5,93 a	5,85 a	4,77 a	
CV %	69,13			
D.M.S. (5%)	3,91			

4.18.4. Sementes mortas

A análise da variância revelou valores de F significativos para os níveis de nitrogênio.

O Quadro 30 apresenta as médias de plântulas mortas obtidas em porcentagem e transformadas em arco seno da raiz de $x/100$, o coeficiente de variação e a diferença mínima significativa.

Quadro 30. Porcentagens médias de sementes mortas para tratamentos, transformadas em arco seno $\sqrt{x/100}$.

Níveis de N kg/ha	Cultivares			Médias (1)
	IAC 101	IAC 102	IAC 242	
	----- % -----			
0	21,12	24,29	19,32	21,57
50	22,42	26,28	27,02	25,24
100	24,40	27,06	25,30	25,58
150	16,88	20,18	24,20	20,42
Médias (2)	21,20 a	24,45 a	23,96 a	
CV %	23,80			
D.M.S. (5%)	5,67			

As médias apresentadas no quadro 30, revelam aumento de sementes mortas entre os níveis 0 e 50 kg de N/ha, estabilizando-se até o nível de 100 kg de N/ha, a partir do qual ocorreu diminuição. A análise de regressão polinomial revela efeito quadrático significativo para os níveis de nitrogênio dado pela equação polinomial:

$$Y = 21,469350 + 0,1262187x - 0,00088308x^2, \text{ com } r^2 = 0,98 \quad (26)$$

onde:

Y é a variável dependente (plântulas mortas); e

X é a variável independente (níveis de nitrogênio).

4.19. Massa seca de 100 sementes

A análise da variância mostra valores de F significativos para cultivares e níveis de nitrogênio.

No Quadro 31 estão expostos as médias de massa seca de 100 sementes, o coeficiente de variação e a diferença mínima significativa.

Quadro 31. Médias de massa seca de 100 sementes, em gramas, para 12 tratamentos.

Níveis de N	Cultivares			Médias (1)
	IAC 101	IAC 102	IAC 242	
kg/ha	g			
0	2,94	2,53	2,65	2,71
50	2,95	2,64	2,66	2,75
100	2,96	2,64	2,60	2,73
150	3,05	2,61	2,60	2,75
Médias (2)	2,97 a	2,60 b	2,62 b	
CV %	1,37			
D.M.S. (5%)	0,39			

As médias de massa seca de 100 sementes apresentadas no quadro 31 revelam que o cultivar IAC 101 superou os cultivares IAC 102 e IAC 242, que não diferiram significativamente entre si pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$).

A análise de regressão polinomial revelou efeito linear significativo para níveis de nitrogênio, dado pela equação polinomial:

$$Y = 2,721889 + 0,0002378x, \text{ com } r^2 = 0,53 \quad (27)$$

onde:

Y é a variável dependente (massa seca de 100 sementes); e

X é a variável independente (níveis de nitrogênio).

Na Figura 19 encontram-se representadas as médias de massa seca de 100 sementes, em gramas, dos cultivares IAC 101, IAC 102 e IAC 242.

Figura 19. Médias de massa seca de 100 sementes apresentadas pelos três cultivares de arroz estudados.

4.20. Peso hectolítico

Através da análise da variância foi encontrado valor de F significativo para os níveis de nitrogênio.

O Quadro 32 apresenta as médias de peso hectolítico, em gramas, coeficiente de variação e diferença mínima significativa.

A análise de regressão polinomial mostrou efeito quadrático significativo para níveis de nitrogênio, dado pela equação polinomial:

$$Y = 53,544444 - 0,0313333x + 0,00011111x^2, \text{ com } r^2 = 0,99 \quad (28)$$

onde:

Y é variável dependente (peso hectolítico); e

X é a variável independente (níveis de nitrogênio).

Quadro 32. Médias de peso hectolítico, em gramas, para 12 tratamentos.

Níveis de N	Cultivares			Médias (1)
	IAC 101	IAC 102	IAC 242	
kg/ha	----- g -----			
0	53,66	53,00	54,00	53,55
50	52,00	52,00	52,66	52,22
100	51,66	51,66	51,33	51,55
150	51,33	52,00	50,66	51,33
Médias (2)	52,16 a	52,16 a	52,16 a	
CV %	1,26			
D.M.S. (5%)	0,67			

Os efeitos dos níveis crescentes de nitrogênio sobre o peso hectolítrico dos três cultivares, conforme as médias, encontram-se representados pela curva de resposta na Figura 20.

Observa-se pela figura 20, que o peso hectolítrico variou inversamente aos níveis crescentes de nitrogênio, verificando-se decréscimos mais acentuados entre os níveis de 0 a 100 kg de N/ha, com tendência à estabilidade para níveis de nitrogênio superiores.

Figura 20. Curva de resposta do peso hectolítico dos três cultivares aos quatro níveis de nitrogênio.

5. DISCUSSÃO

Pela literatura consultada observou-se, de uma forma geral, que o arroz responde positivamente à fertilização nitrogenada em relação a produção de grãos, componentes da produção e estatura das plantas, encontrando-se poucas informações quanto a influência do nitrogênio sobre o ciclo do arroz, qualidade das sementes e qualidade de grãos.

Os ciclos dos três cultivares de arroz estudados, mostraram-se pouco influenciados pela fertilização nitrogenada, e os valores médios de ciclo dos cultivares, obtidos neste trabalho, são bastante inferiores aos apresentados na descrição de cultivares (Bastos et al., 1991; Bastos et al., 1993 e Schmidt et al., s.d.), provavelmente devido à fatores climáticos ocorridos nos diferentes anos em que foram realizadas as respectivas observações, ou também como efeito de diferenças entre épocas de plantio, que segundo Villela et al.,² (1987), em condições edafoclimáticas semelhantes às deste trabalho, observaram que plantios tardios (novembro-dezembro) induziram redução de ciclo aos cultivares.

Os resultados obtidos no experimento revelam que a estatura das plantas foi fortemente influenciada pela fertilização nitrogenada, confirmando a literatura consultada (Alvarenga et al., 1979; Mueller, 1980; Lopes, 1989 e Lopes et al., 1996).

² VILLELA, O.V.; SCHMIDT, N.C. & TISSELLI FILHO, O. Comportamento de cultivares de arroz irrigado no Vale do Paraíba em diferentes épocas de plantio. III Reunião Nacional de Pesquisa de Arroz. Goiânia-GO, 1989.

Os três cultivares estudados responderam positivamente em estatura, às aplicações crescentes de nitrogênio, porém apenas o cultivar IAC 102 atingiu estatura semelhante à relatada na descrição de cultivares por Bastos et. al. (1993).

A interação cultivares x níveis de nitrogênio revela comportamento distinto entre os cultivares dentro dos níveis N_1 e N_2 de nitrogênio.

Quanto ao número de panículas/m², não se observou nenhum efeito da fertilização nitrogenada, contrariando os resultados encontrados na literatura (Iglesias & Vargas, 1980; Andrade & Amorim Neto, 1996) obtidos em experimentos de campo instalados pelos métodos de semeadura em linha em solo drenado e transplântio manual de mudas, que contribuem para existência de espaços vazios no início do desenvolvimento das plantas.

No experimento em questão, provavelmente a distribuição uniforme das sementes pré-germinadas sobre o solo e a elevada densidade de sementes por unidade de área adotada, suprimiram a formação de perfilhos produtivos.

As variáveis comprimento de panícula, número de grãos por panícula, número de grãos granados por panícula e número de grãos fanados por panícula, foram influenciadas positivamente nos três cultivares estudados, pelos acréscimos de níveis de nitrogênio aplicados, conforme se constata através da literatura consultada (Iglesias & Vargas, 1980; Carvalho et al., 1995; Lopes et al. 1996; Bernal et. al., 1985 e Mueller, 1980).

Comparando os resultados apresentados nos quadros 6, 7, 8 e 9, verificou-se que houve correspondência entre comprimento de panícula e número de grãos por panícula. Como exemplo o cultivar IAC 102, com maior comprimento de

panícula que os demais cultivares, também apresentou maior número de grãos por panícula, número de grãos granados por panícula e número de grãos fanados por panícula.

O peso de grãos por panícula, peso de grãos granados por panícula e peso de grãos fanados por panícula foram influenciados positivamente pelos acréscimos de níveis de nitrogênio, revelando comportamento semelhante ao apresentado pelas variáveis número de grãos por panícula, número de grãos granados por panícula e número de grãos fanados por panícula, incluindo-se as comparações entre as médias dos três cultivares.

O peso de 100 grãos mostrou-se influenciado positivamente pela fertilização nitrogenada, principalmente para os níveis de nitrogênio entre 0 e 50 kg de N/ha, sendo que a partir de 150 kg de N/ha observou-se decréscimo para esta variável. Esses dados estão conflitantes com os resultados obtidos por (Iglesias & Vargas, 1980), que encontraram resposta positiva em peso de 100 grãos somente para aplicação de 150 kg de N/ha, com os obtidos por Dario et al. (1989), que não constataram qualquer efeito, e por outros autores, que observaram decréscimo no peso de 100 grãos com o incremento de níveis de nitrogênio (Carvalho et al., 1995; Mueller, 1980).

Observou-se maiores variações no peso de 100 grãos, nas médias dos cultivares do que nos níveis de nitrogênio, sugerindo que esta característica está mais fortemente ligada ao cultivar, conforme se observa na descrição dos cultivares (Bastos et al., 1991; Bastos et al., 1993 e Schmidt et al., s.d.).

Quanto ao efeito da fertilização nitrogenada sobre as dimensões dos grãos de arroz, verificou-se que o comprimento mostrou efeito quadrático com as maiores variações ocorridas entre os níveis N_0 e N_1 de nitrogênio e a largura com efeito linear, não sendo observado qualquer efeito do nitrogênio sobre a espessura dos grãos dos cultivares estudados.

Os ganhos obtidos no comprimento e largura dos grãos revelaram-se modestos e discordantes da literatura consultada, na qual se constatou não haver efeito significativo de acréscimos de níveis de nitrogênio sobre as dimensões dos grãos (Silva & Brandão, 1987) e as diferenças observadas entre as médias, praticamente foram devido aos cultivares.

Os efeitos positivos da adubação nitrogenada sobre o rendimento de grãos do arroz irrigado no Vale do Paraíba, têm sido demonstrados a partir dos primeiros experimentos instalados na região utilizando adubos químicos sintéticos (Leite et al., 1970a; Leite et al., 1970b; Leite et al., 1970c; Schmidt & Gargantini, 1963 e Hiroce et al., 1985).

Neste estudo o rendimento de grãos apresentou alta significância para os níveis de nitrogênio, não se observando diferenças significativas entre cultivares, cujas médias contidas no quadro 17 são inferiores àquelas apresentadas na descrição de cultivares (Bastos et al., 1991; Bastos et al., 1993 e Schmidt et al., s.d.).

O comportamento produtivo dos cultivares estudados foi bastante influenciado por níveis crescentes de nitrogênio, com a maior produção de grãos correspondendo ao nível máximo (150 kg de N/ha), embora se tenha observado na literatura (Lopes et al., 1996 e Spanu & Pruneddu, 1997), que valores máximos de

produção de grãos tenham sido atingidos com níveis inferiores à 100 kg de N/ha (Alvarenga et al., 1979 e Mueller, 1980).

Pela análise dos componentes da produção estudados, verificou-se que o número de grãos granados por panícula foi o componente da produção que mais contribuiu para os incrementos de produção de grãos, obtidos com os acréscimos de níveis de nitrogênio, entretanto, dividindo-se as médias de grãos granados por panícula, referentes aos 4 níveis de nitrogênio do quadro 8, pelas respectivas médias de grãos fanados por panícula do quadro 9, verificou-se que houve aumento de grãos fanados por panícula em relação aos grãos granados, para incremento de níveis de nitrogênio o que deve ter contribuído para as reduções de ganhos de rendimento de grãos para níveis crescentes de nitrogênio, observadas tanto no quadro 17, como na figura 10, cuja curva mostra tendência de estabilidade de produção de grãos para nível de nitrogênio superior ao nível máximo estudado.

A redução na eficiência de utilização de nitrogênio, semelhante entre os três cultivares estudados para tratamentos superiores a 100 kg de N/ha, representada pelo parâmetro E_N (kg de grãos/kg N) também foi constatada por diversos autores (Soares et al., 1994; Sudjadi et al., 1987 e Valdivieso et al., 1980).

O rendimento de grãos no beneficiamento, um dos mais relevantes fatores de qualidade do arroz para consumo, mostrou ser influenciado tanto pela fertilização nitrogenada como também pela característica varietal. Os efeitos lineares positivos do peso de grãos inteiros beneficiados e linear negativo do peso de grãos quebrados beneficiados, obtidos pelos incrementos nos níveis de nitrogênio aplicados ao experimento são discordantes dos encontrados na literatura consultada (Bernal et al.,

1985 e Silva & Brandão, 1987), cujos resultados de grãos inteiros no beneficiamento, revelam modestos ganhos de qualidade, como também diferenças não significativas para nível crescentes de nitrogênio.

Observa-se no quadro 18 que, nos níveis N_0 e N_1 de nitrogênio, os cultivares IAC 101 e IAC 102 apresentam pesos de grãos inteiros no beneficiamento inferiores ao IAC 242, mostrando resultados mais próximos nos níveis N_2 e N_3 , concordando com aqueles apresentados na descrição dos cultivares (Bastos et al., 1991; Bastos et al., 1993 e Schmidt et al., s.d.).

Os resultados de peso de grãos quebrados no beneficiamento, contidos no quadro 19, cujos comportamentos estão inversamente associados ao peso de grãos inteiros no beneficiamento, também refletem efeito positivo de acréscimos de níveis de nitrogênio sobre a qualidade industrial do arroz. Os cultivares IAC 101 e IAC 102 que apresentaram maiores médias de peso de grãos quebrados nos níveis N_0 e N_1 de nitrogênio, apresentaram maiores reduções para acréscimos de níveis de nitrogênio que o cultivar IAC 242.

As produções de grãos inteiros e quebrados no beneficiamento, apresentadas nos quadros 21 e 22, respectivamente, refletem o comportamento das variáveis peso de grãos inteiros e peso de grãos quebrados no beneficiamento, respectivamente. Dessa forma o peso de grãos inteiros no beneficiamento e a produção de grãos em casca, por unidade de área, são componentes importantes para o sucesso econômico da cultura do arroz.

As médias de plântulas normais, plântulas anormais e plântulas infectadas, apresentadas nos quadros 23, 24 e 25 respectivamente, revelam que a germinação não

foi influenciada pelo nitrogênio, havendo diferenças significativas apenas entre cultivares.

Na análise do vigor das sementes, pelo teste de envelhecimento rápido, não foi constatada significância para qualquer causa de variação em relação às médias de plântulas normais e plântulas infectadas (quadros 27 e 29 respectivamente). As médias de plântulas anormais e plântulas mortas, (quadro 28 e 30) apresentaram significância variando inversamente em relação à níveis crescentes de nitrogênio. Comparando-se as médias do quadro 29 com as dos quadros 28 e 30, verifica-se que houve uma compensação numérica dos efeitos observados sobre as médias, resultando na não influência do nitrogênio sobre o vigor das sementes.

Dessa maneira os resultados da avaliação fisiológica das sementes, germinação e vigor, estão de acordo com os observados na literatura por (Costa, 1978).

A massa de 100 sementes apresentou efeito altamente significativo, revelando ser componente de qualidade física das sementes, com forte influência de origem genética. De comportamento semelhante ao peso de 100 grãos, apresenta relação positiva com acréscimos de níveis de nitrogênio, não tendo sido encontrada na literatura consultada nenhuma referência a este parâmetro estudado.

O peso hectolítrico das sementes mostrou ser inversamente influenciado por níveis crescentes de nitrogênio, apresentando efeito quadrático. Não se encontrando qualquer citação referente à esta variável na literatura consultada, considera-se que a explicação mais plausível para esse comportamento seja dada pelo aumento nas dimensões, comprimento e largura dos grãos, que resultou em maiores espaços vazios entre os grãos.

Os resultados obtidos neste trabalho sugerem que sejam realizadas as seguintes pesquisas complementares:

- a) Determinação da eficiência de utilização do nitrogênio no desenvolvimento das plantas e produção de grãos, dos cultivares de arroz irrigado mais amplamente utilizados no Estado de São Paulo.
- b) Influência do nitrogênio sobre a qualidade industrial e culinária do arroz.
- c) Direcionar programas de melhoramento para seleção de plantas de arroz portadoras de panículas de maior comprimento, com maior número de ramificações e de grãos, que os cultivares de irrigado recomendados para plantio.

6. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos neste estudo permitem concluir:

- a) A fertilização nitrogenada influencia positivamente a estatura das plantas, o número e o peso de grãos por panícula, o peso de 1000 grãos, as dimensões dos grãos, a produção de grãos e o rendimento de grãos no beneficiamento.
- b) O número de grãos granados por panícula é o componente de produção que mais influencia no aumento de rendimento de grãos.
- c) As maiores respostas à fertilização nitrogenada ocorre entre os níveis 0 e 50 kg de N/ha, e para níveis acima de 100 kg de N/ha ocorre redução de eficiência de utilização de N.
- d) O ciclo dos cultivares e as características fisiológicas das sementes não são influenciadas pela fertilização nitrogenada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVARENGA, M.A.R.; AQUINO, A.R.L. de; STONE, L.F.; AJIMURA, G.M.; SILVEIRA FILHO, A. Espaçamento, densidade de semeadura e controle de ervas daninhas na resposta de arroz irrigado ao nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.14, n.4, p.377-385, Out. 1979.
- ANDRADE, W.E. de B.; AMORIN NETO, S. Influência da adubação nitrogenada sobre o rendimento e outros parâmetros de duas cultivares de arroz irrigado na Região Norte Fluminense. **Ciência e Agrotecnologia**, v.20, n.3, p.293-300, 1996. Resumo em **CAB Abstracts on CD-ROM**, 1996-98.
- BASTOS, C.R.; SOAVE, J.; MELO DE CASTRO, L.H.S.; AZZINI, L.E.; SAKAI, M.; VILLELA, O.V.; TISSELLI FILHO, O. & GALLO, P.B. **IAC 101: Novo cultivar de arroz para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1991. (Folder)
- BASTOS, C.R.; SOAVE, J.; SAES, L.A.; AZZINI, L.E.; VILLELA, O.V.; TISSELLI FILHO, O. & GALLO, P.B. **IAC 102: novo cultivar de arroz para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1993. (Folder).
- BERNAL, R.J.H.; CASTILLO, R.D. del; MUÑOZ, B.D. Influencia de la arquitetura de la planta de arroz (*Oriza sativa* L.) y algunas practicas culturales em el rendimento y calidad. **Acta Agrônômico**, v.35, n.1, p.23-33, Eng./mar. 1985.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Divisão de Sementes e Mudas. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/DNPV/CLV. 1992. 365p.

- CANTARELLA, H.; SILVA, N.M. da; ESPIRONELO, A. et al. Avaliação agrônômica de fertilizantes nitrogenados. **EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Relatório Bienal**. 1984-1985. Convênio EMBRAPA/ PETROFÉRTIL. Brasília: EMBRAPA, 1986. p.47-58.
- CARVALHO, G.J. de; CARVALHO, J.G. de; OLIVEIRA, P.S.R. de; SOARES, A.A. Efeito de diferentes níveis de nitrogênio nas características agrônômicas de quatro cultivares e uma linhagem de arroz (*Oriza sativa* L.). **Ciência e Prática**, v.19, n.4, p.390-396, Out./Dez. 1995.
- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. **Sistema de Evaluación estándar para arroz**. Cali: CIAT, 1983. 61p.
- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. **Latencia y pregerminacion de las semillas de arroz**. Cali: CIAT, 1978. 30p.
- CHABARIEBERRY, D.; MARTINS, S.S. Arroz. **Prognóstico Agrícola**. São Paulo. v.2, p.161-168, 1998.
- COORDENADORIA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA INTEGRAL (CATI). **Arroz - Recomendações técnicas para o Estado de São Paulo**. Campinas, 1996. 73p. (Documento técnico, 100).
- COSTA, N.P. da. Influência da adubação nitrogenada sobre a qualidade fisiológica de sementes de quatro cultivares de arroz. Pelotas, 1978. 48p. Dissertação (M.S.) Universidade Federal de Pelotas.
- DARIO, G.J.A.; DARIO, P.W.; ONODA, S.M.; RIBEIRO, R.C.S.; VIEIRA, J.V. Efeitos de doses e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura, na cultura do arroz (*Oryza sativa* L.) irrigado, cultivado em área recém sistematizada. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 18., Porto Alegre, 1989. **Anais**. Porto Alegre: IRGA, 1989. p.202-209.

- DELOUCHE, J.C.; BASKIN, C.C. Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lots. **Seed Science Technology**, Zurich, v.1, n.2, p.427-452, 1973.
- FAGERIA, N.K.; BABOSA FILHO, M.P. Avaliação preliminar de cultivares de arroz irrigado para maior eficiência de utilização de nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.17, n.12, p.1707-1712, Dez. 1982.
- FAGERIA, N.K. **Adubação e nutrição mineral da cultura do arroz**. Goiânia: Editora Campus, 1984. 341p.
- FERNANDES, M.S. Efeitos de fontes e níveis de nitrogênio sobre a absorção e assimilação de N em arroz. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.2, n.1 p.1-6, 1990.
- FERRAZ JÚNIOR, A.S. de L.; SOUZA, S.R. de; FERNANDES, S.M.; ROSSIELLO, R.O.P. Eficiência do uso de nitrogênio para produção de grão e proteína por cultivares de arroz. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.32, n.4, p.435-442, Abr. 1997.
- FURLANI, P.R.; BATAGLIA, O.C.; FURLANI, A.M.C.; AZZINI, L.E. & SCHMIDT, N.C. Composição química inorgânica de três cultivares de arroz. **Bragantia**, v.36, n.8, p.435-442, 1977.
- FURLANI, A.M.C.; BATAGLIA, O.C.; AZZINI, L.E. Comportamento diferencial de linhagens de arroz na absorção e utilização de nitrogênio em solução nutritiva. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.10, n.1, p.51-9, Jan/Abr. 1986.
- HEENAN, D.P.; BACON, P.E. Effect of nitrogen fertilizer timing on crop growth and nitrogen use efficiency by diferente rice varieties. In: THE INTERNATIONAL NETWORK ON SOIL FERTILITY AND FERTILIZER EVALUATION FOR RICE, New South Wales, 1985. **Efficiency of nitrogen fertilizers for rice**. Manila: IRRI, 1987. p.97-105.

- HIROCE, R.; FURLANI, A.M.C.; GALLO, J.R.; SOUZA, D.M.; IGUE, T.; SCHMIDT, N.C. & LAVORENTI, A. Estudos nutricionais em arroz "IAC-841", "IAC-436" e "IAC-47" em diferentes estádios de crescimento e níveis de adubação N, P e K. Campinas, Instituto Agrônômico, 1985, 27p. (**Boletim Científico**, 5).
- IGLESIAS, E.N. & VARGAS, Z.J.P. Respuesta del arroz (*O. sativa* L.) var. CICA-8 a la aplicación fraccionada de nitrógeno em condiciones de campo. **Acta Agronomica**. v.30, n.1/4, p.49-60, Feb./Dic. 1980.
- INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA. **Informações Estatísticas da Agricultura - Anuário IEA 1997**, São Paulo, v.9, n.1, 1998. 176p.
- LEITE, ; GARGANTINI, H. & HUNGRIA, S.L. Efeito das adubações nitrogenada e fosfatada em cultura de arroz, em condições de várzea irrigada. **Bragantia**. v.29, n.11, p.115-125, 1970.
- LEITE, N.; GARGANTINI, H.; GOMES, A.G.; IGUE, T. Efeito de diferentes fertilizantes nitrogenados no aumento da produtividade do arroz irrigado. **Bragantia**, v.29, p.263-272, 1970.
- LEITE, N.; GARGANTINI, H.; HUNGRIA, L.S.; IGUE, T. Efeitos do nitrogênio, fósforo, cálcio e micronutrientes em cultura de arroz irrigado no Vale do Paraíba. **Bragantia**, v.20, p.273-285, 1970.
- LOPES, M.S. Fontes e épocas de aplicação de nitrogênio em arroz - parcelas demonstrativas. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 18., Porto Alegre, 1989. **Anais**. Porto Alegre: IRGA, 1989. p.210-218.
- LOPES, S.I.G.; BARROS, J. de A.I. de; OLIVEIRA, M.A.B. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio para a cultivar IRGA 416. **Lavoura Arrozeira**, v.46, n.408, p.6-7, Maio/Jun. 1993.
- LOPES, S.I.G.; LOPES, M.S.; MACEDO, V.R.M. Curva de resposta à aplicação de nitrogênio para quatro genótipos de arroz irrigado. **Lavoura Arrozeira**. v.49, n.425, p.3-6, Jan./Fev. 1996.

- MARCOS FILHO, J.; CÍCERO, S.M.; SILVA, W.R. **Avaliação da qualidade de sementes**. Piracicaba: FEALQ, 1987. 230p.
- MUELER, S. Influência da adubação nitrogenada sobre o rendimento e outros parâmetros de três cultivares de arroz irrigado (*Oryza sativa* L.). Pelotas, 1980. 191p. Dissertação (M.S.) – Universidade Federal de Pelotas.
- PERPÉTUO, A. da S.; BRASIL SOBRINHO, M. de O. da; GUIMARÃES, G. Época de aplicação do nitrogênio e seu efeito sobre a produtividade do arroz irrigado (*Oryza sativa* L.). **Revista de Agricultura**, v.64, n.2, p.163-177, Out. 1989.
- RAZERA, L.F.; LAGO, A.A.; MAEDA, J.A.; ZINK, E.; GODOY JÚNIOR, G.; TELLA, R. Armazenamento de sementes de arroz e milho em diferentes embalagens e localidades paulistas. **Bragantia**, Campinas, v.45, n.2, p.337-352, 1986.
- SCHMIDT, N.C. & GARGANTINI, H. Adubação nitrogenada para arroz em solos argilosos de várzea. **Separata de Bragantia**, v.22, p.367-372, 1963.
- SCHMIDT, N.C. & GARGANTINI, H. Aplicação de nitrogênio em cobertura, em cultura do arroz. **Bragantia**, v.45, n.5, p.57-63, 1966.
- SCHMIDT, N.C.; AZZINI, L.E.; TISSELLI FILHO, O.; VILLELA, O.V.; SOAVE, J.; BASTOS, C.R.; GALLO, P.B.; SAKAI, M. & TORRES, S.G. **IAC- 238 e IAC-242: Cultivares promissores para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônômico, s.d. (Folder).
- SILVEIRA, J.A. da; MACHADO, E.C. Mobilização de nitrogênio e de carboidratos durante o desenvolvimento de panículas de duas cultivares de arroz. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.2, n.2, p.37-46, 1990.
- SILVA, P.S.L. e; BRANDÃO, S.S. Rendimento no beneficiamento e translucidez de grãos de cultivares de arroz em função de níveis de nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.22, n.9/10, p.943-949, Set./Out. 1987.

- SOARES, A.A.; CARVALHO, J.G.; CARVALHO, G.J. de; FONSECA, J.R.; OLIVEIRA, P.S.R. de. Diferenças varietais na absorção, translocação e exportação de nitrogênio em arroz (*Oryza sativa* L.) de sequeiro. **Ciência e Prática**, v.18, n.3, p.248-257, Jul./Set. 1994.
- SPANU, A.; PRUNEDDU, G. Effect of increasin nitrogen rates on the yeld o sprinkler irrigated rice (*Orysa sativa* L.). **Agricoltura Mediterranea**, v.127, n.4, p.379-387, 1997. /Resumo em **CAB Abstracts on CD-ROM**, 1996-98/
- SUDJADI, M.; PRAWIRASUMANTRI, Y.; WETSELAAR, R. Nitrogen Fertilizer Efficiency in lowland rice in Indonesia. In: PROCEEDINGS OF THE MEETING OF THE INTERNATIONAL NETWORK ON SOIL FERTILITY AND FERTILIZER EVALUATION FOR RICE, New South Wales, 1985. **Efficiency of nitrogen fertilizers for rice**. Manila: IRRI, 1987. p.106-117.
- VALDIVIESO, L.F.S.; TENORIO LOURIDO, G.A.; GONZALEZ FRANCO, J.A. Desarrollo y rendimiento de dos variedades de arroz (*Oriza sativa* L.) bajo dos distancias de transplante y tres niveles de nitrogenio. **Acta Agronomica**, v.30, n.44, p.61-70, Feb./Dic. 1980.
- WETZEL, C.T. Contribuição ao estudo da aplicação do teste de envelhecimento visando a avaliação do vigor em sementes de arroz (*Oryza sativa* L.), trigo (*Triticum aestivum* L.) e de soja {*Glycine max*(L) Merrill}. Piracicaba, 1972. 116p. Tese (Mestrado). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP.