NÍVEIS E MODOS DE APLICAÇÃO DE URÉIA - ^{15}N NO ARROZ (*Oryza sativa* L.) SUBMETIDO A VERANICOS

ANTONIO RENES LINS DE AQUINO

Orientador: Prof. Dr. PAULO LEONEL LIBARDI

Tese apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Doutor em Agronomia. ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: Solos e Nutrição de Plantas.

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Dezembro, 1984

À minha esposa

Lúcia

e aos meus filhos

Leonardo e Lourenço,

D E D I C O

A meus

pais e irmãos,

O F E R E Ç O

AGRADECIMENTOS

- Ao Prof. Dr. *Paulo Leonel Libardi*, a orientação e dedicação recebidas.
- Aos amigos *Sérgio Oliveira Moraes*, *Daciano Stenico*, *José Ademir Rodrigues* e *João Eduardo Pilotto*, a colaboração.
- Ao Prof. Dr. *Eneas Salati*, o apoio recebido.
- Aos colegas *Antonio Carlos Saraiva da Costa*,
José Brito Neto,
Luis Fernando Stone,
Morel Pereira Barbosa Filho,
Paula Pinheiro Padovese e
Raimundo Leite Cruz,
a amizade.
- À *Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA)*, através do *Centro Nacional de Pesquisa - Arroz, Feijão (CNPAP)*, a oportunidade.
- Ao *Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA)*, as facilidades oferecidas.
- À *Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ)*, os ensinamentos.
- A todas as outras pessoas que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

ÍNDICE

	<u>Página</u>
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1. Deficiência hídrica	4
2.1.1. Efeitos gerais nas plantas	4
2.1.2. Efeitos na disponibilidade de nutrientes	8
2.1.3. Efeitos na cultura de arroz	10
2.2. Nitrogênio	13
3. MATERIAL E MÉTODOS	23
3.1. Local	23
3.2. Solo	25
3.2.1. Classificação	25
3.2.2. Caracterização física	25
3.2.3. Caracterização química	26
3.3. Delineamento experimental	28
3.4. Cultivar	30
3.5. Evapotranspiração	30
3.6. Práticas culturais	32
3.6.1. Semeadura	32
3.6.2. Adubação	32
3.6.3. Irrigação	33
3.6.4. Colheita	35
3.7. Análise do material vegetal	35
3.7.1. Preparação das amostras	35
3.7.2. Análise do nitrogênio total na planta	35
3.7.3. Determinação da relação isotópica ($^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$) na planta	36

	<u>Página</u>
3.8. Análise do solo	37
3.8.1. Amostragem do solo	37
3.8.2. Análise do nitrogênio total no solo	37
3.8.3. Determinação da relação isotópica ($^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$) no solo	37
3.9. Parâmetros avaliados	38
3.9.1. Produção e seus componentes	38
3.9.2. Altura e ciclo	38
3.9.3. Rendimento de matéria seca	39
3.9.4. Índice de colheita e relação raiz/colmo	39
3.9.5. Parâmetros relacionados com o nitrogênio na planta	39
3.9.6. Parâmetros relacionados com o nitrogênio no solo ..	41
4. RESULTADOS	43
4.1. Componentes da produção	43
4.2. Altura e ciclo	43
4.3. Produção de grãos	43
4.4. Produção de matéria seca	44
4.5. Índice de colheita e relação raiz/colmo	44
4.6. Nitrogênio na planta	44
4.7. Nitrogênio no solo	44
5. DISCUSSÃO	70
5.1. Componentes da produção	70
5.2. Altura e ciclo	76
5.3. Produção de grãos	79
5.4. Produção de matéria seca	82
5.5. Índice de colheita e relação raiz/colmo	87

	<u>Página</u>
5.6. Nitrogênio na planta	89
5.6.1. Teor de nitrogênio na planta	89
5.6.2. Absorção de nitrogênio pela planta	92
5.6.3. Porcentagem de nitrogênio na planta proveniente do fertilizante	96
5.6.4. Quantidade de nitrogênio na planta proveniente do fertilizante	98
5.6.5. Eficiência de utilização do fertilizante nitro genado	99
5.7. Nitrogênio no solo	102
5.7.1. Teor e quantidade de nitrogênio total no solo .	102
5.7.2. Porcentagem e quantidade de nitrogênio no solo proveniente do fertilizante	103
5.8. Balanço do nitrogênio proveniente do fertilizante no sistema solo-planta	105
6. CONCLUSÕES	106
7. LITERATURA CITADA	109
APÊNDICE	131

NÍVEIS E MODOS DE APLICAÇÃO DE UREIA-¹⁵N NO ARROZ
(Oryza sativa L.) SUBMETIDO A VERANICOS

Antonio Renes Lins de Aquino

Paulo Leonel Libardi
Orientador

RESUMO

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA), localizado no município de Piracicaba, Estado de São Paulo, Brasil, durante o ano agrícola de 1983/1984. Seu objetivo foi verificar como níveis e modos de aplicação do nitrogênio influenciariam a produtividade do arroz e a dinamica do nitrogênio no sistema solo-planta, quando estas plantas fossem submetidas a diferentes durações de veranico. O experimento foi conduzido em vasos de 9 kg de solo. Utilizaram-se amostras da camada 0-20 cm, de um Latossolo Roxo - série Iracema, localizado no município de Iracemápolis, SP. Foi utilizado o delineamento de blocos casualizados, em arranjo fatorial 4 x 3 x 3, com quatro repetições. Os tratamentos consistiram da combinação de quatro níveis de nitrogênio (0, 80, 160 e 240 ppm), com três modos de aplicação (1/3 do nitrogênio aplicado por ocasião do plantio e os

restantes 2/3 aplicados no início do primórdio floral; o nitrogênio aplicado totalmente por ocasião do plantio; o nitrogênio aplicado totalmente no início do primórdio floral), e com três durações de veranico (0, 4 e 8 dias). Os veranicos foram simulados pela supressão da irrigação, no início da fase de floração das plantas de arroz do cultivar IAC-47. Foram avaliados a produção de grãos e seus componentes, a altura das plantas, a duração do ciclo, a produção de matéria seca, o índice de colheita, a relação raiz/colmo, o teor de nitrogênio total e a porcentagem do fertilizante proveniente do fertilizante na planta, a quantidade de nitrogênio total e a proveniente do fertilizante absorvido pelas plantas, a eficiência de utilização do fertilizante nitrogenado, o teor e a quantidade de nitrogênio total no solo e a porcentagem e a quantidade de nitrogênio proveniente do fertilizante no solo. Com base nos resultados obtidos, pode se concluir que a deficiência hídrica reduziu o número de perfilhos, o número de grãos cheios por panícula, o peso dos grãos, a altura das plantas, a produção de grãos, a produção total de matéria seca, o índice de colheita, a quantidade de nitrogênio total e a proveniente do fertilizante absorvido pelas plantas, a eficiência de utilização do fertilizante nitrogenado pelas plantas, a porcentagem de recuperação do nitrogênio aplicado como fertilizante. Ela aumentou a porcentagem de grãos vazios, a duração do ciclo, a produção de matéria seca das raízes, a relação raiz/colmo, o teor de nitrogênio na planta, a porcentagem de nitrogênio proveniente do fertilizante na planta e o teor e a quantidade de nitrogênio total no solo. Outra conclusão importante é que a aplicação de 80 ppm de nitrogênio ao solo, de modo fracionado (1/3 por ocasião do plantio e os restantes 2/3 no início do primórdio floral), mos-

trou ser a maneira mais indicada para aumentar a produção de grãos e dos componentes da produção. Além disso, a aplicação de 80 ppm de nitrogênio totalmente no início do primórdio floral indicou proporcionar uma maior eficiência de utilização do fertilizante nitrogenado pelas plantas de arroz.

LEVELS AND WAYS OF ^{15}N -UREA APPLICATION IN RICE
(Oryza sativa L.) UNDER SHORT TERM DROUGHTS

Antonio Renes Lins de Aquino

Paulo Leonel Libardi
Adviser

SUMMARY

The experiment was carried out under greenhouse conditions at the Center for Nuclear Energy in Agriculture (CENA), Piracicaba, São Paulo, Brazil, during 1983/1984. Its objective was to verify how levels and ways of nitrogen application would influence the rice productivity and the nitrogen dynamics in the soil/plant system when these plants were submitted to different short term droughts. Pots of 10 litres of capacity were used in the experiment. Nine kg soil samples from the 0-20 cm layer of a red latosol were put in each pot. The experimental design was random blocks in a factorial arrangement 4 x 3 x 3, with four replications. The treatments consisted of the combination of four nitrogen levels (0, 80, 160 and 240 ppm), three N application ways (1/3 at the sowing and balance at the beginning of flowering; application only at sowing and application only at the beginning of flowering), and three "veranicos" (0, 4 and 8 days).

The "veranicos" (short term droughts) were simulated by suppressing the irrigation at the beginning the blossom fase of the rice plants, variety IAC-47. The following were avaliated: grain production and its components, plants height, cycle interval, dry matter production, harvest index, root/thatch ratio, total plant nitrogen, nitrogen in the plant derived from fertilizer, nitrogen utilization efficiency, total soil nitrogen and nitrogen in the soil derived from fertilizer. From the results obtained, the following could be concluded: (i) water stress decreased the number of tillers, the number of full grains per panicle, the grains weight, the plant height, the grain production, the total dry matter production, the harvest index, the amount of total nitrogen and the amount of the nitrogen derived from fertilizer in the plant, the nitrogen utilization efficiency, the percentage of applied nitrogen recovery. It increased the percentage of empty grains, the cycle interval, the root dry matter production, the root/thatch ratio, the plant nitrogen concentration, the percentage of the nitrogen in the plant derived from fertilizer and the concentration and the amount of the total soil nitrogen; (ii) the splitted application of 80 ppm of nitrogen in the soil (1/3 at the sowing and balance at the beginning of flowering) was the better application way in order to increase the grain production and the production components; (iii) the application of 80 ppm nitrogen only at the beginning of flowering provided the highest nitrogen utilization efficiency by the plant rice.

1. INTRODUÇÃO

O arroz é responsável pela alimentação da metade da população da terra, e seu cultivo ocupa uma área de 145 milhões de hectares, isto é, 11% da área cultivada no mundo (SWAMINATHAM, 1984).

Com exceção da Ásia, praticamente só no Brasil a cultura se reveste de caráter prioritário, constituindo-se em alimento básico para o consumo da população. É uma cultura altamente difundida em todo o país, ocupando o terceiro lugar em área plantada e o quarto em valor de produção (MORAES, 1978).

A produção brasileira de arroz está concentrada, principalmente, nas regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul. Na região Nordeste destaca-se apenas o Maranhão como grande produtor. De acordo com SWAMINATHAM (1984), no ano agrícola de 77/78, a produção brasileira de arroz foi cerca de 7,5 milhões de toneladas, obtidas em aproximadamente 5,6 milhões de hectares, resultando numa produtividade média de 1340 kg/ha. Atualmente, para uma produção de 8,7 milhões de toneladas, são utilizados 6,2

milhões de hectares, o que proporciona uma média de 1,4 toneladas por hectare. Desta produção, aproximadamente 91% foram obtidas nos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, onde predomina o sistema de cultivo de arroz com irrigação por inundação, bem como nos Estados de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Maranhão, Minas Gerais, Goiás, São Paulo e Paraná, onde o sistema predominante é o de sequeiro.

Cerca de 80% da área cultivada com arroz está sujeita à falta ou à distribuição não adequada das chuvas. Se a falta de chuva coincidir com os períodos de germinação das sementes, início do perfilhamento e, principalmente, com o período que vai do início do primórdio floral à frutificação, as produções serão drasticamente reduzidas. Para MATSUSHIMA (1968), somente três dias sem água, em certos momentos do desenvolvimento do arroz, podem reduzir drasticamente a produção.

Tomando-se como base a disponibilidade e o consumo de água, existem quatro sistemas de cultivo predominantes no Brasil: arroz irrigado por inundação controlada (ocupa 10% da área e responde por 30% da produção nacional); arroz irrigado por inundação natural; arroz de baixada úmida; e arroz de sequeiro (ocupando 80% da área e responsável por 60% da produção).

O cultivo de sequeiro é praticado, principalmente, nos Estados de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás, Minas Gerais, Maranhão, São Paulo, Piauí e Bahia e está sujeito a maiores riscos e oscilações da produção devido, dentre outros fatores, à estiagem no seu período crítico. Outro fator que afeta a produção é a fertilidade do solo, uma vez que a quantidade de nutrientes extraídos do solo pelo arroz é alta. Mes-

mo os solos mais férteis não podem continuar a fornecer a quantidade suficiente para satisfazer as exigências da cultura e manter altas produções. Torna-se, portanto, necessário suprir o solo com nutrientes, por meio de adubação.

Quanto ao fertilizante e à quantidade a aplicar, bem como à época e ao modo de aplicação, as informações ainda são um tanto discordantes, principalmente quando se refere ao nitrogênio (BRANDÃO, 1974). Sabe-se, no entanto, que a aplicação de fertilizante nitrogenado é um meio efetivo para aumentar a produção de arroz, sendo que o maior ou menor aproveitamento do nitrogênio por parte da planta varia em proporção direta com a umidade do solo e o tipo de planta que é cultivado (DA MOTTA et alii, 1971).

O objetivo do presente trabalho foi determinar níveis e modos de aplicação de nitrogênio em arroz de sequeiro, com a cultura bem suprida de água e submetida à estresse hídrico, bem como estudar, através do uso do isótopo ^{15}N -Uréia, a dinâmica do nitrogênio no sistema solo-planta, para racionalizar o uso deste nutriente quando a cultura estiver sob risco de veranico.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Deficiência hídrica

A água desempenha um papel fundamental na vida da planta, pois pode constituir 90% do peso do protoplasma; é reagente em uma série de reações químicas, inclusive na fotossíntese; funciona como solvente de um sem número de substâncias; devido ao seu alto calor específico, permite às plantas absorver a radiação solar sem se aquecerem demasiadamente; garante, pela turgescência, rigidez às folhas jovens, pétalas e outras estruturas delicadas; e permite a abertura e fechamento dos estômatos. Não obstante esse fato, as plantas são muito ineficientes na economia de água, chegando a perder, por transpiração, até 98% da água absorvida (FERRAZ, 1983).

2.1.1. Efeitos gerais nas plantas

O déficit hídrico na planta é caracterizado por uma redução do seu conteúdo de água e do seu potencial hídrico, resultando em per

da de turgescência, fechamento dos estômatos e redução no crescimento. Quando o déficit é muito severo, o resultado, conforme KRAMER (1974) é uma redução drástica na fotossíntese, perturbação de muitos outros procesos fisiológicos, interrupção no crescimento e, finalmente, morte por dessecação.

A deficiência de água na planta, também de acordo com KRAMER (1974), pode ser devida à perda excessiva por transpiração e à sua absorção inadequada. A deficiência, que ocorre geralmente ao meio dia, quando a absorção é defasada em relação à transpiração, é passageira, sem grandes prejuízos, enquanto que a absorção reduzida provocada por uma baixa disponibilidade de água no solo irá provocar severa redução no crescimento da planta, a qual, ainda segundo KRAMER (1974), é consequência, dentre outros fatores, da redução da fotossíntese, de uma translocação reduzida de carboidratos, do transtorno do metabolismo e de uma menor turgescência, causados pela falta de água. No entanto, embora o crescimento total seja reduzido, o crescimento radicular é geralmente favorecido em relação ao crescimento do colmo (DAVIDSON, 1969; HOFFMAN et alii, 1971; LANCHER, 1975; BEGG e TURNER, 1976).

A desidratação causa várias mudanças no citoplasma, que podem ter profundos efeitos na estrutura de proteínas, que dependem da água para sua estrutura terciária ou quaternária (TODD, 1972). Outra mudança no citoplasma, citado pelo mesmo autor, é a perda de água entre molêculas de proteínas ou outros polímeros, como DNA e RNA, permitindo o aumento de ligações hidrófilas ou hidrófobas que possibilitarão maiores ligações com cátions ou ânions e, assim, modificando-as biologicamente.

A deficiência hídrica provoca, também, redução na transpiração das plantas (CRAFTS, 1968; HSIAO, 1973; HSIAO e ACEVEDO, 1974; SUTCLIFFE, 1980) devido ao fechamento estomático que parece ser o mecanismo dominante na restrição da taxa de transpiração de plantas mal supridas de água (CRAFTS, 1968). Em arroz, a redução da transpiração, quando as plantas sofreram deficiência hídrica, foi observada por TOMAR e GHILDYAL (1973) e por SINGH e SASAHARA (1981).

O potencial da água da folha ao ser reduzido, provoca o fechamento dos estômatos que, por sua vez, diminui o suprimento de CO_2 ; afeta a atividade enzimática; causa desidratação da cutícula das paredes epidérmicas e das membranas celulares, reduzindo sua avidéz por CO_2 e a permeabilidade a este gás; enfim, como consequência, causa redução da fotossíntese (Slavik, citado por CRAFTS, 1968). Para SINGH e SASAHARA (1981), a eficiência fotossintética reduzida do arroz, em condições de deficiência hídrica, é uma consequência do incremento na resistência à difusão do CO_2 .

O processo respiratório é caracterizado por uma série de reações químicas enzimáticas e, como as estruturas e funções das enzimas são afetadas pelo estresse hídrico, a respiração também é afetada (CRAFTS, 1968). De acordo com BRIX (1962), o déficit hídrico provoca uma redução inicial na respiração, seguida de um aumento transitório e, finalmente, de uma diminuição ao aumentar o período da deficiência hídrica. Este autor observa que a redução de substratos respiratórios, resultantes da fotossíntese reduzida, poderia ser responsável pelo decréscimo inicial na respiração e que o posterior aumento seria resultante do incremento de açúcares produzidos pela hidrólise de amido, enquanto que a diminuição fi-

nal seria em função do murchamento permanente da planta.

Os efeitos da deficiência hídrica nas classes e na quantidade de carboidratos da planta foram estudados por WOODHAMS e KOZLOWSKI (1954), que mostraram uma redução no conteúdo de amido, de açúcares e no total de carboidratos no tomateiro e no feijoeiro, quando estas plantas foram submetidas à deficiência hídrica. Por outro lado, WADLEIGH e AYERS (1945), observaram uma diminuição no conteúdo de amido, porém, nenhuma modificação no teor de açúcares em feijoeiro submetido à grande falta de água. RAMAKRISHNAYYA e BHATTACHARJEE (1973), estudando arroz submetido à deficiência hídrica, verificaram que os cultivares tolerantes à seca continham uma maior porcentagem de açúcar do que cultivares não tolerantes. Para KRAMER (1974), as mudanças nas proporções dos açúcares e polissacarídeos, podem estar relacionadas com mudanças na atividade enzimática.

A dependência de um meio líquido para a maioria das reações metabólicas que ocorrem nas células é evidente, razão pela qual a água é fundamental no metabolismo do nitrogênio. SHAH e LOOMIS (1965) observaram redução da síntese de RNA em beterraba açucareira, submetida à déficit hídrico e o mesmo fenômeno foi verificado por ZHOLKEVICH e KORETSKAYA (1959) em abóbora. A hidrólise de proteínas em plantas, sob condições de deficiência de água, foi relatada por GATES (1964) e por BARNETT e NAYLOR (1966). A acumulação de prolina em arroz, quando submetido à déficit hídrico, foi verificada por vários pesquisadores (BAL, 1975; MADRUGA e RENA, 1977; MALI e MEHTA, 1977).

O decréscimo de água em plantas submetidas a déficit hídrico

drico reduz a translocação de compostos orgânicos, como tem sido relatado por ROBERTS (1964) e por PLAUT e REINHOLD (1965). Segundo WARDLAW (1968), a translocação reduzida é consequência de uma redução na fotossíntese da fonte (principalmente folhas) e/ou no crescimento do sumidouro (principalmente grãos).

2.1.2. Efeitos na disponibilidade de nutrientes

A absorção de nutrientes e a absorção de água pelas raízes são processos independentes, porém, ambos necessitam de água disponível na planta e no solo para o crescimento e para o transporte de nutrientes, o que os torna intimamente relacionados e de difícil definição de efeitos do estresse hídrico na nutrição da planta (VIETS Jr., 1972). A deficiência hídrica, além de reduzir a disponibilidade e a capacidade de absorção de nutrientes pelas plantas, também reduz a sua eficiência de utilização metabólica (HERNANDEZ, 1969). Para PONNAMPERUMA (1975), as taxas de difusão e fluxo de massa decrescem à medida que diminui a umidade do solo, reduzindo o suprimento de nutrientes para as raízes.

Ainda no que se refere à absorção de nutrientes pelas plantas, CRAFTS (1968) relata que as raízes só podem absorver íons que atinjam suas superfícies, razão pela qual o transporte realizado pela água que se move no solo carregada de nutrientes, é fundamental para o suprimento de nutrientes para as plantas, pelo menos no que se refere aos íons que se movem preferencialmente por fluxo de massa. Assim, BARBER et alii (1963) verificaram que o fluxo de massa é responsável pela maioria do transporte de cálcio, magnésio e nitrogênio. MALAVOLTA (1980) relata que

a difusão foi o principal processo no fornecimento de fósforo e potássio para as raízes de milho. Por outro lado, RICHARDS e WADLEIGH (1952) mostraram que, para um dado nível de fertilidade, o decréscimo no conteúdo de água do solo está associado com o incremento da concentração de nitrogênio na planta, com um decréscimo da concentração de potássio e com efeitos variáveis das concentrações de fósforo, cálcio e magnésio. Resultados semelhantes foram obtidos por diversos pesquisadores (CHEN et alii, 1964; KOZLOWSKI, 1964; NAYLOR, 1972) que encontraram aumentos no conteúdo de nitrogênio das plantas com o incremento do déficit hídrico. Entretanto, outros autores (STORRIER, 1965; GREENWAY et alii, 1969; TISDALE e NELSON, 1975) têm relatado redução na absorção de nitrogênio e fósforo, induzida pela deficiência hídrica.

REHATTA et alii (1979), estudando o comportamento da planta de arroz diante da deficiência dos suprimentos de água e de nitrogênio, concluíram que a deficiência de água estimulava a penetração do sistema radicular da planta em horizontes mais profundos do solo, onde havia maior disponibilidade de água, mas sempre, menor disponibilidade de nitrogênio. Nessas condições, a deficiência de nitrogênio afetava mais a produção de matéria seca que a própria deficiência de água. A deficiência hídrica determinava sempre um porcentual elevado de nitrogênio na matéria seca, comparativamente a esse mesmo porcentual, que era sempre baixo quando ocorria deficiência de nitrogênio.

2.1.3. Efeitos na cultura de arroz

No que se refere à produção de arroz, ela é maior em solos inundados do que em solos sob condições de sequeiro (DEL GIUDICE et alii, 1974; OBERMUELLER e MIKKELSEN, 1974). Isto indica que a água é um fator importante para o crescimento e produção do arroz, principalmente durante a fase reprodutiva, que é a fase mais crítica com relação à deficiência hídrica (MATSUSHIMA, 1968; HERNANDEZ, 1969; O'TOOLE e CHANG, 1979; STONE et alii, 1979). Embora seja difícil precisar valores absolutos, Mohan, citado por YOSHIDA (1981), considera que o arroz requer mais água do que qualquer outra cultura de duração similar no campo.

A maioria das culturas possui períodos críticos, durante os quais, a deficiência hídrica causa sérias reduções na produção. No arroz, a fase vegetativa da cultura parece ser a menos prejudicada pela deficiência de água, porém, a fase reprodutiva, cerca dos últimos 60 dias, é muito afetada. Esta fase é caracterizada por quatro estágios: iniciação da panícula, desenvolvimento meiótico de gametas, antese - fertilização e enchimento dos grãos. Déficit hídrico durante a fase reprodutiva causa efeitos característicos sobre os componentes da produção, dependendo do estágio em que ocorre. Quando ocorre falta de água na iniciação da panícula, há redução no número de primórdios e, conseqüentemente, redução de espiguetas por panícula. Deficiência de água no estágio meiótico ou na antese, resulta no aumento de esterilidade das flores e, assim, formando grãos vazios. Finalmente, se ocorre durante o enchimento dos grãos, implica em diminuição do seu peso (O'TOOLE e CHANG, 1979).

JANA e GHILDYAL (1971) relataram que a deficiência hídrica

ca na fase vegetativa do arroz reduz a produção de perfilhos férteis e que durante a fase reprodutiva interfere com a polinização, fertilização e enchimento de grãos, o que vai causar queda de produção.

Segundo DAKER (1973), o período crítico do arroz à deficiência hídrica vai dos vinte dias antes até vinte e cinco dias após a floração. Entretanto, para HERNANDEZ (1969), o arroz é mais sensível à seca no período compreendido entre cinco e dez dias antes do emborrachamento e a floração. Para MATSUSHIMA (1968), este período vai de onze a três dias antes da floração e acrescenta ainda que apenas três dias de seca neste período são suficientes para reduzir drasticamente a produção de arroz devido à alta porcentagem de esterilidade das espiguetas.

A planta de arroz sob déficit hídrico apresenta como principais características a altura reduzida, floração atrasada e uma alta esterilidade (YOSHIDA, 1975).

TSUTSUI (1972) relatou que a produção de arroz começa a de crescer quando a umidade do solo é igual a 70-80% da umidade de saturação e quando esta umidade é menor que 50% da capacidade de campo a produção se reduz até 33% da obtida em condições de saturação do solo. Quando a umidade é inferior a 30% da capacidade de campo, as folhas da planta de arroz iniciam o murchamento e se a umidade baixar para 20%, elas se enrolam e começam a morrer.

Plantas de arroz que sofrem deficiência hídrica apresentam como consequência da redução no conteúdo de água, diminuição do número de perfilhos por planta (INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE, 1971;

OBERMUELLER e MIKKELSEN, 1974; PATRICK Jr. e FONTENOT, 1976), redução do número de panículas por planta (PANDE e MITTRA, 1970; INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE, 1971; DEL GIUDICE et alii, 1974; OBERMUELLER e MIKKELSEN, 1974), diminuição do número de grãos por panícula (PANDE e MITTRA, 1970; OBERMUELLER e MIKKELSEN, 1974; CRUZ et alii, 1975), redução no número de grãos cheios por panícula (DEL GIUDICE et alii, 1974), diminuição no peso de grãos (INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE, 1971; DEL GIUDICE et alii, 1974; CRUZ et alii, 1975), e aumento da porcentagem de grãos vazios (CHAUDHRY e McLEAN, 1963; PANDE e SINGH, 1970; INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE, 1971), refletindo em redução na produção.

DEL GIUDICE et alii (1974) verificaram que o número de grãos por panícula foi o principal componente da produção que variou em consequência da alteração na disponibilidade de água para plantas de arroz.

STONE (1982), trabalhando com o cultivar de arroz IAC-47, sob condições de deficiência hídrica, verificou redução no número de grãos cheios por panícula, no peso dos grãos, na produção de grãos, no rendimento total de matéria seca, na altura da planta e no índice de colheita e aumento na porcentagem de grãos vazios, no rendimento de matéria seca das raízes, na relação raiz/colmo e na duração do ciclo.

A deficiência hídrica em arroz causa redução no rendimento de matéria seca da planta (PATRICK Jr. e FONTENOT, 1976; HALM, 1967; ENYI, 1968), redução na altura de planta (SHIGA, 1975) e aumento na duração do ciclo da cultura (SENEWIRATNE e MIKKELSEN, 1961; SHIGA, 1975).

BANBA e OHKUBO (1981) relataram que a matéria seca das raízes de plantas de arroz submetidas à deficiência hídrica aumenta devido à proliferação e, conseqüentemente, a relação raiz/parte aérea também aumenta com a falta de água. PARICHA e SAHOO (1975) observaram um aumento na relação raiz/colmo em plantas de arroz submetidas a déficit hídrico moderado. A relação grão/palha, ou seja, o índice de colheita, também diminui em arroz submetido à seca (ENYI, 1968; CHANG e VERGARA, 1975; YOSHIDA, 1975).

2.2. Nitrogênio

O nitrogênio é um nutriente de vital importância aos organismos vivos, sendo geralmente o quarto elemento mais abundante nas plantas, depois do carbono, oxigênio e hidrogênio (EPSTEIN, 1975). Ele e o potássio são os macronutrientes absorvidos em maior quantidade pela planta de arroz (SIMS e PLACE, 1968; MEDEIROS, 1980; MALAVOLTA, 1981).

Embora seja o elemento mais abundante na atmosfera (78% em volume ou cerca de 90000 toneladas por hectare de superfície), é frequentemente o que mais limita a produção das culturas agrícolas de clima temperado e tropical, pelo fato de, na forma gasosa, não ser disponível para as plantas, com exceção de algumas leguminosas associadas a certos microorganismos (WEBSTER e WILSON, 1966; EPSTEIN, 1975; SANCHEZ, 1976; BRILL, 1977; GROSSBRAUN, 1981). A fixação do nitrogênio pelo arroz, embora muito baixa, foi observada por YOSHIDA e ANCAJAS (1973).

Em condições naturais, a planta de arroz depende do nitrogênio fornecido, principalmente, pela matéria orgânica do solo. Recebe, ainda, pequena quantidade por intermédio das águas da chuva e de irrigação. Além dessas fontes, pode-se acrescentar, como importante, a fixação de nitrogênio atmosférico por bactérias e algas (BRANDÃO, 1974). Segundo VON UEXKULL (1976), estas fontes naturais são capazes de fornecer 40-80 kg de nitrogênio por hectare por ano e, assumindo uma taxa de utilização de 70% deste nitrogênio, isto seria suficiente para manter produções de arroz entre 1,7 a 3,4 toneladas de grãos por hectare. Entretanto, como praticamente todos os solos cultivados com arroz são deficientes deste elemento, tornou-se o mais necessário na cultura de arroz.

FAGERIA e WILCOX (1977) consideraram o nitrogênio e o fósforo os dois nutrientes mais importantes para o crescimento do arroz no Cerrado. Para MALAVOLTA (1981), o nitrogênio é o elemento mais capaz de aumentar a produção do arroz, sendo o fósforo e o potássio considerados como nutrientes que estabilizam a produção em altos níveis. YOSHIDA (1975) observou que o déficit hídrico é o fator primário limitante do crescimento e da produção de arroz sob condições de sequeiro, porém, se for mantido um nível adequado de umidade no solo, então o nitrogênio tende a ser o fator limitante do rendimento desta cultura.

O nitrogênio promove um melhor desenvolvimento geral da planta de arroz. Aumenta a produção de palha e, assim como o fósforo, o número de panículas por planta. Grande parte do nitrogênio absorvido desempenha papel importante na formação dos órgãos reprodutivos e dos grãos (BRANDÃO, 1974). MALAVOLTA (1981) considera que o nitrogênio tem efeito

muito forte no perfilhamento, estimula o crescimento do sistema radicular, aumenta a porcentagem de proteínas nos grãos, aumenta o número de es piguetas por panícula e que altas doses de nitrogênio, particularmente quando não equilibradas com as dos outros elementos, aumenta a susceptibilidade a doenças e, conseqüentemente, queda na produção do arroz.

A intensidade de absorção de nitrogênio pela planta de arroz é muito alta em raízes novas, decrescendo à medida que se tornam mais velhas, em razão da queda de sua atividade respiratória. A absorção de nitrogênio depende, pois, do número de raízes novas, e a formação de novas raízes é relacionada com a formação de novos colmos-filhos (BRANDÃO, 1974). Para MALAVOLTA (1981), o nitrogênio é absorvido mais ativamente pela planta de arroz, do início da fase vegetativa até a floração, e o e lemento aplicado e acumulado neste período poderá ser utilizado em parte para o crescimento posterior, se o fornecimento for interrompido. ISHIZUKA (1965) também afirma que o nitrogênio é absorvido rapidamente nos es tágios iniciais do crescimento e decresce para baixas taxas após a flora ção do arroz. Aproximadamente 70% do nitrogênio total presente na planta de arroz, por ocasião da colheita, é absorvido até o emborrachamento (REYES et alii, 1962). No estágio da formação dos grãos, a planta já absorveu mais de 75% do nitrogênio de que necessita (MALAVOLTA, 1981).

Diversos trabalhos têm relacionado a quantidade de nitrogênio absorvida pela planta de arroz com a produção de grãos. Ajustando os dados destes trabalhos para uma produção de uma tonelada por hectare, para fins de comparação, tem-se que no Vietnam foram retirados do solo 15 a 28 kg de nitrogênio (INSTITUT INTERNATIONAL DE LA POTASSE, 1955);

nas Filipinas, a quantidade retirada foi de 32,5 kg (REYES et alii, 1962); em Taiwan foi de 24,4 kg (CHIU et alii, 1963); e nos Estados Unidos, a quantidade encontrada foi de 36,8 kg (SIMS e PLACE, 1968). No Brasil, GARGANTINI e BLANCO (1965) verificaram que o cultivar Dourado Agulha absorveu 26,7 kg; FURLANI et alii (1977) encontraram 25,8 kg como valor médio para três cultivares estudados; já MEDEIROS (1980) encontrou 90,3 kg para o cultivar IAC-47 e 155,6 kg para o IAC-435, porém, este trabalho foi conduzido em solução nutritiva; SILVA et alii (1981), também trabalhando com solução nutritiva, encontraram os valores de 42,5 kg para o cultivar IAC-47 e 63,2 para o IAC-25. Para extrapolar seus dados da solução nutritiva para o campo, estes autores consideraram uma população de 25000 plantas por hectare.

Uma vez absorvido, o nitrogênio transloca-se por todas as partes da planta. Por ocasião da maturação, a concentração é geralmente maior no grão (GARGANTINI e BLANCO, 1965; FURLANI et alii, 1977), enquanto que para MEDEIROS (1980), a maior concentração do nitrogênio está presente na folha. Para GARGANTINI e BLANCO (1965), os teores de nitrogênio encontrados foram os seguintes: 0,79% nas raízes, 0,47% da parte aérea e 1,29% nos grãos, enquanto que para FURLANI et alii (1977), os teores do nitrogênio variaram de 0,72 a 0,82% nas folhas e de 0,67 a 0,78% na casca. Já para MEDEIROS (1980), o cultivar IAC-47 apresentou os seguintes teores de nitrogênio: 1,30% nas raízes, 1,65% nos colmos e panículas, 2,26% nas folhas e 1,75% nos grãos com casca. Para SILVA et alii (1981), também estudando o cultivar IAC-47, encontraram os teores de 1,27% nas raízes, 1,24% nos colmos, 1,89% nas folhas, 1,30% nos râquis, e 1,90% nos grãos.

Os vários trabalhos com o nitrogênio mostram que a absorção deste nutriente pela cultura de arroz geralmente não atinge mais que 30-40% do fertilizante nitrogenado aplicado (MITSUI, 1956). Na Coreia, PARK e SHIN (1973) estimaram a eficiência em 35%. BROADBENT e TUSNEEM (1971) relataram absorções do nitrogênio de 56 a 65%. Para PATRICK Jr. e REDDY (1976), este valor variou de 49 a 62%. MOORE Jr. et alii (1981) relataram uma absorção de 55% e VLEK et alii (1979) verificaram uma eficiência de 31 a 64%. Porém, para DE DATTA et alii (1968), a eficiência do adubo nitrogenado pode chegar facilmente a 65% se forem utilizadas práticas agronômicas adequadas. Portanto, são necessários o uso correto do fertilizante e manejo adequado da cultura de arroz para minimizar as perdas de nitrogênio. As perdas deste elemento através da volatilização, de nitrificação, lixiviação e deflúvio superficial parecem ser a causa principal da baixa eficiência de utilização do adubo nitrogenado pelo arroz (CRASWELL e VLEK, 1979; PARK e SHIN, 1973), porém, um outro fator que não deve ser desprezado é a sua imobilização biológica.

Segundo FAGERIA (1984), o nível, a forma, o modo e a época de aplicação do fertilizante nitrogenado, de maneira correta, são fundamentais para otimizar as respostas da cultura do arroz ao nitrogênio.

A forma de nitrogênio para arroz depende do método e da época de aplicação do nutriente. Para solos inundados, a melhor fonte de nitrogênio é a amoniacal e a amídica, aplicada na zona de redução (FAGERIA, 1984). A superioridade da forma amoniacal sobre a nítrica tem sido atribuída à absorção preferencial; à fixação pelo solo e, consequentemente, menor lixiviação; e à maior estabilidade em condições anaeróbicas

(BRANDÃO, 1974). CATANI et alii (1954), estudando sete fontes de nitrogênio (salitre do chile, sulfato de amônio, calcionamida, uréia, torta de algodão, farinha de chifre e casco, solução de amoníaco), em experimentos conduzidos em vasos contendo terra-roxa, verificaram que a uréia e, em seguida, o sulfato de amônio, foram os fertilizantes que proporcionaram maiores produções de matéria seca correspondente à parte aérea da planta de arroz.

O nitrogênio tem forte efeito no perfilhamento do arroz e para que isto ocorra de maneira adequada, o conteúdo do elemento nas folhas deve ser ao redor de 4%, o que está consideravelmente acima do teor necessário para uma fotossíntese ótima. Tanaka, citado por VON UEXKULL (1976), estimou que a porcentagem crítica de nitrogênio na folha que suportaria o crescimento de uma plântula de arroz seria de 3,5%. Quando o nível do nutriente cai para 2,5%, o crescimento da planta paraliza. Após a emergência, um conteúdo muito alto do elemento não seria desejável, pois isto tornaria as plantas susceptíveis a doenças, mas, deficiência deste nutriente também pode aumentar o número de grãos estéreis. Parece que para uma produção ótima, o conteúdo de nitrogênio na folha deve ser ao redor de 1,3 a 1,6% no perfilhamento máximo, e entre 0,85 a 0,90% na colheita (VON UEXKULL, 1976).

MATSUSHIMA (1965), também estudando a relação dos componentes da produção de arroz com o conteúdo de nitrogênio na planta, verificou que o número de perfilhos, de espiguetas por panícula e o peso dos grãos são diretamente relacionados com o conteúdo de nitrogênio nas folhas.

O crescimento da raiz também depende do nível de nitrogênio. OKAJIMA (1960) encontrou que a proliferação do sistema radicular do arroz continua até que o conteúdo do nitrogênio na base do colmo exceda 1%. Quando o conteúdo do elemento está abaixo de 1%, a geração de novas raízes cessaria e as raízes já existentes alongam-se. A elongação das raízes existentes cessará se o conteúdo do nutriente cair para 0,75%. Entretanto, DOGAR (1976), estudando o efeito de diferentes níveis de nitrogênio no crescimento do sistema radicular de arroz, concluiu que o aumento da concentração de nitrogênio na solução nutritiva provocava uma diminuição relativa do sistema radicular da planta. Com relação à idade, o autor comenta que o crescimento relativo do sistema radicular aumentou até os 50 dias de idade e depois diminuiu durante o restante do ciclo da cultura.

A produção de grãos de arroz por unidade de área é função do número de panículas, número de grãos por panícula e do peso de grãos individualmente. Além dos três componentes da produção mencionados, o nível de nitrogênio influencia principalmente o número de perfilhos por planta e, conseqüentemente, o número de panículas por área. O nitrogênio aumenta também o número de espiguetas por panícula, isto é, o número potencial de grãos por panícula. Excesso de nitrogênio tende, no entanto, a aumentar o número de grãos estéreis e pode diminuir o número de grãos cheios por panícula. O peso de grãos não é normalmente muito afetado pelo nível de nitrogênio, embora severas deficiências ou excessos possam diminuí-lo (VON UEXKULL, 1976).

KUSSOW et alii (1976), analisando respostas do arroz de se

queiro ao nitrogênio, com o objetivo de recomendação de adubação, verificaram correlação entre as respostas do nível do elemento com o pH do solo e o teor de matéria orgânica nele existente. Porém, FAGERIA (1984) prefere como alternativa de recomendação de doses de nitrogênio para o arroz de sequeiro, a curva de resposta obtida em vários ensaios conduzidos no sul de Goiás e recomenda uma dosagem máxima de 40-50 kg do nitrogênio por hectare ou uma dosagem econômica de 35 kg por hectare. O mesmo autor, em outro trabalho, com o cultivar IAC-1246, encontrou como melhor dose de nitrogênio em torno de 25 ppm, ou seja, 50 kg por hectare para uma produção de aproximadamente 2500 kg por hectare (FAGERIA e WILCOX, 1977). FAGERIA et alii (1982) também verificaram uma correlação existente entre experimentos conduzidos em casa de vegetação e em campo, no que se refere à nutrição de plantas de arroz. Na casa de vegetação eram necessários oito vezes a adubação recomendada para as condições de campo a fim de que a produção e os seus componentes expressassem valores semelhantes nos dois ambientes.

Os estudos sobre modos de aplicação do nitrogênio em arroz não têm apresentado uma regra definitiva, principalmente para o arroz de sequeiro. Isto se deve ao fato de que a cultura de arroz é produzida nas mais diversas condições de clima e solo, o que sempre apresentará exceção a qualquer regra. Porém, como a recuperação pelo arroz do nitrogênio aplicado é um tanto lenta, KATYAL e PILLAI (1975) enfatizam a necessidade de manejos apropriados e boas manipulações agronômicas como aplicações fracionadas que já são largamente recomendadas para aumentar a eficiência do fertilizante nitrogenado. Época, qualidade e frequência do nitrogênio aplicado em cobertura são governados pelo tipo de solo, esta-

ção do ano, grau de controle hídrico, variedades e fontes e métodos de aplicação do nitrogênio. Portanto, o nitrogênio aplicado em uma única dose é usualmente mais efetivo quando aplicado na base (imediatamente antes do plantio) ou na iniciação da panícula (início do primórdio floral). Para doses altas do fertilizante nitrogenado, aplicações parceladas são recomendadas na maioria dos casos (VON UEXKULL, 1976).

Os efeitos da deficiência hídrica na dinâmica do nitrogênio foram estudados por vários pesquisadores. YOSHIDA (1975) verificou que, sob condições de sequeiro, as plantas de arroz apresentavam concentrações mais baixas de todos os nutrientes essenciais quando comparadas com plantas cultivadas em regime de irrigação por submersão. DE DATTA et alii (1968) concordam também e relatam que a concentração de nitrogênio na planta de arroz, por ocasião da colheita, diminuiu com o decréscimo da umidade do solo. Entretanto, HALM (1967) e RAMAKRISHNAYYA e BHATHACHARJEE (1973) observaram que a concentração de nitrogênio aumentou com a diminuição do conteúdo de água do solo. Já SINGH e SASAHARA (1981) verificaram que a concentração de nitrogênio em plantas de arroz não foi afetada pela deficiência hídrica.

SHIGA (1975), trabalhando com a cultura de arroz sob condições de irrigação e de sequeiro, verificou que as plantas cultivadas sob regime de irrigação absorveram 51,7% do fertilizante nitrogenado aplicado, 41,9% dos quais foram para as panículas e 9,8% permaneceram na palha, enquanto que as plantas cultivadas em regime de sequeiro sô absorveram 26% do nitrogênio aplicado e que este foi distribuído igualmente entre as panículas e a palha. A perda do fertilizante no solo inundado tam

bém foi menor e a quantidade de fertilizante imobilizado no solo foi da ordem de 20%, enquanto que a imobilização no solo de sequeiro foi 36%.

STONE (1982), em experimento conduzido em vasos, num Latossolo Vermelho-Escuro, verificou também que a deficiência hídrica alterou a dinâmica do nitrogênio no sistema solo-planta. Este autor encontrou redução na quantidade de nitrogênio total e na proveniente do fertilizante na planta de arroz, assim como na eficiência de utilização do fertilizante nitrogenado quando a deficiência hídrica foi imposta por curtos períodos, e aumento quando as plantas foram submetidas a longos períodos de seca. O déficit hídrico reduziu também a eficiência de utilização do fertilizante nitrogenado pelos grãos e a proporção do nitrogênio absorvido que ficou nos grãos; aumentou a quantidade de nitrogênio proveniente do fertilizante que permaneceu no solo; e reduziu a porcentagem de recuperação do nitrogênio aplicado como fertilizante, devido a perdas por volatilização.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Local

O presente experimento foi conduzido sob condições de casa de vegetação, no Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA/USP), Piracicaba, SP, durante o ano agrícola de 1983/1984.

As temperaturas máximas e mínimas, fora e dentro da casa de vegetação, durante o período de condução do experimento, podem ser vistas na Figura 1. As temperaturas fora da casa de vegetação foram obtidas no Posto Agrometeorológico do Departamento de Física e Meteorologia da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", cujas coordenadas geográficas são: $22^{\circ}42'30''$ de latitude sul, $47^{\circ}38'00''$ de longitude oeste e 580 m de altitude.

FIGURA 1 - Variação das temperaturas máximas e mínimas, fora (Posto Agrometeorológico) e dentro da casa de vegetação, durante o período de condução do experimento.

3.2. Solo

3.2.1. Classificação

O solo utilizado foi identificado como um Latossolo Roxo, série Iracema, coletado da camada 0-20 cm no município de Iracemápolis, SP. As amostras foram secas ao ar e passadas em peneira de malha 2 mm.

Pelo sistema americano de classificação (USDA, 1975), esse solo está dentro da ordem dos Oxisols, sendo, mais precisamente, um Haplustox. São, portanto, solos profundos, com horizonte B latossólico, argilosos, de coloração arroxeada, ácidos a moderadamente ácidos, com elevados teores de óxido de ferro, titânio e manganês, bastante porosos, muito friáveis, bem drenados, com sequência de horizontes A, B e C e profundidades em torno de 3 metros (FREITAS et alii, 1977).

O Latossolo Roxo representa cerca de 4% da área do Cerrado brasileiro, com 6,9 milhões de hectares (Sanches et alii, 1974, citado por LOPES, 1983).

3.2.2. Caracterização física

A composição granulométrica do solo foi obtida pelo método da pipeta, descrito por KILMER e ALEXANDER (1949). A distribuição por tamanho de partículas e a classificação textural foram feitas de acordo com o sistema do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos da América do Norte (BUCKMAN e BRADY, 1974). A densidade de partículas do solo foi determinada pelo método do picnômetro com água, descrito por BLAKE (1965). A densidade global do solo foi determinada pelo método do balão

volumétrico, descrito por KIEHZ (1979). As umidades à base de massa, para as tensões de 0,1, 0,3 e 15,0 atm, foram obtidas de forma clássica, como sugere RICHARDS (1965), no Laboratório de Física de Solos do CENA. Estes resultados são apresentados na Tabela 1.

3.2.3. Caracterização química

As características químicas do solo foram determinadas em amostras coletadas antes da semeadura, com o objetivo de determinar necessidades nutricionais ou corretivas para a implantação da cultura.

A reação do solo (pH) foi determinada potenciometricamente em suspensão (1:2,5) de solo com água; carbono orgânico, pelo método de Walkley e Black, como descrito por JACKSON (1976); a matéria orgânica, pela multiplicação do teor de carbono orgânico pelo fator 1,724, como sugerido por EMBRAPA (1979); o nitrogênio total, pelo método semi-micro-Kjeldahl, descrito por BREMNER (1965a); o fósforo solúvel, pelo método fotocolorimétrico após extração com H_2SO_4 0,05N; o potássio trocável foi determinado por fotometria de chama, após extração com H_2SO_4 0,05N; o cálcio e o magnésio trocáveis, por espectrometria de absorção atômica, após extração com KCl 1N; o alumínio trocável, por titulação com uma solução de NaOH 0,02N, após extração com KCl 1N, e a acidez potencial por titulação com NaOH 0,02N, após extração com acetato de cálcio 1N, ajustado a pH 7,0. A capacidade de troca catiônica (CTC) ao pH 7,0 resultou da soma dos cátions trocáveis analisados mais a acidez potencial. A metodologia utilizada nestas análises foram as sugeridas pela EMBRAPA (1979).

.

Os resultados destas análises são apresentados na Tabela 2. A interpretação destes resultados, de acordo com LOPES (1983), mostra que o solo apresenta reação medianamente ácida; teores médios de hidrogênio titulável, carbono orgânico, cálcio e magnésio trocáveis e teores baixos de fósforo solúvel, potássio e alumínio trocáveis.

3.3. Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, em arranjo fatorial 4 x 3 x 3, com quatro repetições. Os tratamentos consistiram da combinação de (a) quatro níveis de nitrogênio enriquecido de átomos de ^{15}N (0, 80, 160 e 240 ppm de N); (b) três modos de aplicação de nitrogênio (1/3 do N no plantio e 2/3 em cobertura no início do primórdio floral, aplicação de todo o N no plantio, aplicação de todo o N, em cobertura, no início do primórdio floral do arroz) e (c) três durações de veranico (0, 4 e 8 dias).

Os veranicos foram simulados pela supressão da irrigação no início da floração, durante os períodos considerados.

A unidade experimental foi constituída de um vaso plástico com fundo fechado, capacidade de 10 litros, com 9 kg de solo e com três plantas de arroz.

TABELA 2 - Resultados das análises⁽¹⁾ de algumas características químicas do solo utilizado no experimento.

Prof.	pH	C.Org.	M.Org.	N Total	P	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Al ³⁺	H ⁺	CTC
cm	1:2,5		%		µg/cm ³				meq / 100 cm ³ terra		
0-20	5,9	0,30	1,60	0,06	0,05	3,12	1,13	0,10	0,11	2,45	6,91

(1) As análises foram feitas no laboratório de solos do Departamento de Solos/ESALQ/USP.

3.4. Cultivar

O cultivar de arroz utilizado foi o IAC-47, desenvolvido pelo Instituto Agrônômico de Campinas, sendo de ciclo médio (130 - 135 dias), porte médio (115 - 120 cm), baixo perfilhamento, grãos do tipo longo e resistente à mancha estreita (Cercospora oryzae). É um cultivar típico de arroz de sequeiro (BANZATTO et alii, 1978).

3.5. Evapotranspiração (ET)

A água, no presente experimento, foi aplicado de acordo com sua perda por evapotranspiração. Para que as plantas não sofressem restrição de água, considerou-se o valor de $-0,3$ atm como limite inferior do potencial matricial do solo. Portanto, o potencial matricial variou de $-0,1$ atm (capacidade de campo), conforme recomenda LOPES (1983), para Oxisolos, a $-0,3$ atm.

A determinação da ET foi feita pelo método tradicional de pesagem, uma vez que a única forma de entrada de água era por irrigação e a única saída, por evapotranspiração. Portanto, o valor da variação de armazenagem (ΔA) era igual à própria evapotranspiração (ET), donde seu valor, obtido entre duas pesagens consecutivas, nos dava a quantidade de água a ser repostada (I), a fim de compensar a evapotranspiração no período anterior. As pesagens foram efetuadas diariamente ou até duas vezes ao dia, dependendo da temperatura ambiente dentro da casa de vegetação. A Figura 2 mostra as quantidades de água perdida por evapotranspiração durante o período de condução do experimento.

FIGURA 2 - Evapotranspiração acumulada durante o período de condução do experimento.

3.6. Práticas culturais

3.6.1. Semeadura

A semeadura foi realizada no dia 09/01/1984, colocando-se dez sementes por vaso. Transcorrido uma semana após a germinação, procedeu-se ao desbaste, deixando-se três plantas por vaso. As sementes foram fornecidas pelo Instituto Agrônomo do Estado de São Paulo.

3.6.2. Adubação

A adubação foi feita baseada nos resultados das análises do solo (Tabela 2) e também de acordo com a COMISSÃO ESTADUAL DE FERTILIDADE DE SOLOS (1977), que recomenda o uso de calcário e zinco quando se trata da cultura de arroz. O calcário foi aplicado ao solo 60 dias antes do plantio, na dose de 8 toneladas por hectare e a adubação dos vasos foi feita com 150 ppm de fósforo, na forma de superfosfato simples, 150 ppm de potássio, na forma de cloreto de potássio e 5 ppm de zinco, na forma de sulfato de zinco. O adubo nitrogenado aplicado estava enriquecido com ^{15}N (5,542% de átomos de ^{15}N), na forma de uréia, e foi aplicado nos níveis e modos previamente estabelecidos.

O superfosfato simples foi moído e passado em peneira de malha 2 mm. Este material foi espalhado sobre o solo e misturado por ocasião do plantio. Os demais adubos foram dissolvidos em água e a solução aplicada aos vasos.

3.6.3. Irrigação

A primeira irrigação foi feita para elevar a umidade do solo à capacidade de campo (-0,1 atm), de acordo com LOPES (1983).

Para determinar o volume inicial de água a ser adicionado a fim de completar a incubação e determinar a capacidade de campo, utilizou-se a quantidade de água que preencheria todos os poros aerados do solo. Para tal, necessitou-se do volume de poros (V_p) do solo, calculado pela equação:

$$V_p = \alpha V \quad \dots\dots\dots (1)$$

onde V é o volume de solo utilizado e α a sua porosidade total, calculada a partir de sua densidade global (ρ_g) e da sua densidade de partículas (ρ_p). Na Tabela 3 são vistos os valores obtidos para ρ_g , ρ_p , α e V_p .

Encontrado o volume inicial de água, procedeu-se sua adição lenta, sem permitir a formação de carga hidráulica acentuada, isto é, não mais que 1 cm de água.

Após esta primeira irrigação, os vasos ficaram em repouso por três dias e, em seguida, procedeu-se à semeadura. A partir da germinação das sementes, os vasos foram irrigados diariamente, adicionando-se a quantidade de água correspondente à perda pela ET (conforme item 3.5), durante todo o ciclo da cultura, nos tratamentos de veranico zero. Os tratamentos de quatro e oito dias de veranico, tiveram o mesmo suprimento de água, antes e após os veranicos, quando então sofreram uma supressão da irrigação nos períodos considerados.

TABELA 3 - Valores de densidade global do solo, densidade de partículas do solo, porosidade e volume de poros do solo.

ρ_g (1)	ρ_p (2)	α (3)	v_p (4)
g.cm^{-3}	g.cm^{-3}	%	cm^3
1,02	2,90	64,83	5834,70

3.6.4. Colheita

A colheita foi realizada quando 2/3 das panículas por vaso estavam maduras (EMBRAPA, 1977). Porém, em razão das diferentes durações de veranicos, que interferiram no ciclo da cultura, a colheita foi realizada por etapas, tendo início no dia 05/05/84 e terminando no dia 24/05/1984.

3.7. Análise do material vegetal

3.7.1. Preparação das amostras

Após a colheita, todas as plantas de cada vaso foram separadas em raízes, colmos, folhas, rãquis, grãos vazios e grãos cheios. As raízes foram separadas do solo por peneiramento em peneira de malha de 2 mm, depois lavadas em água de torneira, a seguir com solução de HCl 0,02N e, finalmente, duas vezes em água destilada. Os grãos cheios e vazios foram contados e depois colocados em sacos de papel, à semelhança das demais partes da planta, e secos em estufa a 60°C (48 horas). Após, foram pesados e moídos em moinho Wiley, até passarem por peneira 60 (malha de diâmetro igual a 0,25 mm).

Nas amostras de plantas assim tratadas, foram feitas as análises de nitrogênio total e da composição isotópica do nitrogênio.

3.7.2. Análise do nitrogênio total na planta

Estas análises foram feitas pelo método semi-micro Kjeld-

dahl, com digestão de 200 mg do material com solução digestora de ácido sulfúrico e posterior destilação com soda (NaOH), de acordo com a metodologia descrita por BREMNER (1965a). O resultado da análise foi expresso em porcentagem de nitrogênio total.

3.7.3. Determinação da relação isotópica ($^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$) na planta

As análises da composição isotópica do nitrogênio contido nas amostras foram efetuadas no laboratório de espectrometria de massa do CENA/USP, tendo sido utilizado o espectrômetro de massa Atlas-Variant, modelo CH-4. As amostras foram processadas de acordo com o método de Dumas modificado (PROKSCH, 1969), para produzir N_2 .

A concentração porcentual de átomos de ^{15}N em relação ao total de átomos de N contido na amostra foi obtida a partir da equação 2 abaixo:

$$\% \text{ Át. } ^{15}\text{N} = \frac{n^{\circ} \text{ átomos } ^{15}\text{N}}{n^{\circ} \text{ átomos } ^{14}\text{N} + n^{\circ} \text{ átomos } ^{15}\text{N}} \times 100 \quad \dots\dots\dots (2)$$

Desta forma, encontrou-se que a porcentagem de átomos de ^{15}N nas amostras de plantas sem adubação nitrogenada (abundância natural de ^{15}N) foi de 0,366%.

Cálculos sobre a composição isotópica de amostras de N po dem ser vistos em detalhe em BREMNER (1965b) e TRIVELIN et alii, (1973).

3.8. Análise do solo

3.8.1. Amostragem do solo

Terminada a colheita, o solo foi peneirado em peneira de malha de 2 mm para separação das raízes. O solo assim resultante, foi bem misturado e seco ao ar, tomando-se uma amostra por vaso para a análise do teor (%) de nitrogênio total e da composição isotópica do nitrogênio extraído.

3.8.2. Análise do nitrogênio total no solo

O teor (%) de N total no solo foi determinado em dois gramas de terra fina seca ao ar (TFSA), pelo método semi-micro Kjeldahl, de acordo com a técnica descrita por BREMNER (1965a). O resultado da análise foi expresso em porcentagem de nitrogênio total.

3.8.3. Determinação da relação isotópica ($^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$) no solo

As análises da composição isotópica (^{14}N - ^{15}N) do nitrogênio do solo foram feitas no destilado final obtido na determinação do teor (%) do nitrogênio total.

O processamento seguido nas amostras para a produção de N_2 foi feito de acordo com o método de Rittenberg, citado por TRIVELIN et alii (1973); a seguir, o processo foi similar ao utilizado para a análise das partes das plantas.

Desta forma, a concentração (%) de átomos de ^{15}N no ni-

trogênio do solo foi calculada, também, pela equação (2).

Nas amostras de solo que não tinham recebido adubo nitrogenado marcado, a porcentagem de átomos de ^{15}N (abundância natural de ^{15}N) teve um valor médio de 0,370%.

3.9. Parâmetros avaliados

3.9.1. Produção e seus componentes

- número de perfilhos por vaso, contados por ocasião da colheita;
- número de panículas por vaso, contadas por ocasião da colheita;
- porcentagem de grãos vazios, obtida pela divisão do número de grãos vazios por vaso pelo número total de grãos por vaso, sendo o resultado expresso em porcentagem;
- número de grãos cheios por panícula, obtido pela contagem de todos os grãos cheios em cada vaso e divisão pelo número de panículas por vaso;
- produção de grãos (g/vaso), obtido pela pesagem dos grãos cheios secos em estufa a 60°C , até peso constante, e após feita a correção para 13% de umidade;
- peso de 100 grãos (g), obtido pela divisão do peso dos grãos cheios em cada vaso pelo número de grãos cheios por vaso, sendo o resultado multiplicado por 100.

3.9.2. Altura e ciclo

- altura (cm), medida por ocasião da colheita, do nível do solo até a ex-

tremidade da panícula do colmo mais alto, de acordo com EMBRAPA (1977);

- ciclo (dias), número de dias entre a semeadura e a colheita.

3.9.3. Rendimento de matéria seca

- raiz (g/vaso);
- parte aérea (g/vaso), compreendendo colmos, folhas, ráquis e grãos vazios;
- parte aérea total (g/vaso), compreendendo colmos, folhas, ráquis, grãos vazios e grãos cheios;
- matéria seca total (g/vaso), compreendendo a parte aérea total mais raízes.

3.9.4. Índice de colheita e relação raiz/colmo

- Índice de colheita, obtido pela relação entre a produção de grãos e o rendimento de matéria seca da parte aérea (DONALD, 1962);
- relação raiz/colmo, obtida pela relação entre o rendimento de matéria seca das raízes e a dos colmos.

3.9.5. Parâmetros relacionados com o nitrogênio na planta

- teor (%) de nitrogênio total nas diversas partes da planta, fornecido pela análise química;
- teor (%) de nitrogênio total na planta inteira, obtido pela divisão da quantidade total de nitrogênio extraído pela planta pelo rendimento total de matéria seca, sendo o resultado expresso em porcentagem;
- quantidade de nitrogênio total acumulado pelas partes da planta (QNTP),

em mg/vaso, calculada pela seguinte equação:

$$Q_{NTP} = \frac{NTP (\%) \times PMS}{100} \dots\dots\dots (3)$$

onde: NTP (%) = teor (%) de nitrogênio total na parte da planta considerada;

PMS = produção de matéria seca, em mg/vaso, da parte da planta considerada.

- porcentagem de nitrogênio na planta proveniente do fertilizante (%NPPF), nas diversas partes da planta, calculada pela seguinte equação (TRIVELIN et alii, 1973):

$$\%NPPF = \frac{\% \text{ \AA t. } ^{15}_{NP} - \%AN}{\% \text{ \AA t. } ^{15}_{NF} - \%AN} \times 100 \dots\dots\dots (4)$$

onde: % \AA t. $^{15}_{NP}$ = porcentagem de átomos de $^{15}_{N}$ presente na parte da planta considerada;

% \AA t. $^{15}_{NF}$ = porcentagem de átomos de $^{15}_{N}$ presente no fertilizante marcado, no caso, 2,707%;

% AN = abundância natural de $^{15}_{N}$, em porcentagem, respectivamente, na planta e no fertilizante.

Foi considerado como valor da abundância natural o valor 0,366%, como citado por HAUCK e BREMNER (1976) e Hoering (apud PROKSCH, 1972).

- porcentagem de nitrogênio proveniente do fertilizante na planta inteira, obtida pela divisão da quantidade total de nitrogênio proveniente do fertilizante na planta pela quantidade total de nitrogênio extraído pela planta, sendo o resultado expresso em porcentagem;

- quantidade de nitrogênio proveniente do fertilizante nas diversas partes da planta (QNPPF), em mg/vaso, calculada pela seguinte equação:

$$QNPPF = \frac{\% \text{ NPPF} \times QNTP}{100} \dots\dots\dots (5)$$

(os elementos desta equação já foram descritos anteriormente)

- eficiência de utilização do fertilizante nitrogenado, pelos grãos e pela planta inteira (EUFN), calculada pela seguinte equação:

$$EUFN = \frac{QNPPF}{QNA} \times 100 \dots\dots\dots (6)$$

onde: QNA = quantidade de nitrogênio aplicada à cultura, num determinado tratamento, em mg/vaso.

3.9.6. Parâmetros relacionados ao nitrogênio no solo

- teor (%) de nitrogênio total no solo, fornecido pela análise química;
- quantidade de nitrogênio total contido no solo (QNTS), em mg/vaso, calculada pela seguinte equação:

$$QNTS = \frac{\% \text{ NTS} \times M_{\text{solo}}}{100} \dots\dots\dots (7)$$

onde: % NTS = teor (%) de nitrogênio total no solo;

M_{solo} = massa de solo contida no vaso, no caso, 9×10^6 mg.

- porcentagem de nitrogênio no solo proveniente do fertilizante (%NSPF), calculada pela seguinte equação:

$$\% \text{NSPF} = \frac{\% \text{ \AA t. } ^{15}\text{NS} - \% \text{ AN}}{\% \text{ \AA t. } ^{15}\text{NF} - \% \text{ AN}} \times 100 \quad \dots\dots\dots (8)$$

onde: % \AA t. ^{15}NS = porcentagem de \AA tomos de ^{15}N presente no solo.

(os demais elementos da equa\~ao j\AA foram descritos anteriormente)

- quantidade de nitrog\~enio no vaso proveniente do fertilizante (QNSPF), em mg/vaso, calculada pela seguinte equa\~ao:

$$\text{QNSPF} = \frac{\% \text{ NSPF} \times \text{QNTS}}{100} \quad \dots\dots\dots (9)$$

onde os elementos desta equa\~ao j\AA foram descritos anteriormente.

Todos estes par\AAmetros foram submetidos \AA an\AAlise de vari\AAncia e as m\AAdias comparadas pelo teste de Tukey.

4. RESULTADOS

4.1. Componentes da produção

A Tabela 4 apresenta as médias dos componentes da produção, as quais encontram-se também em gráficos (Figuras 3 a 7), em função dos níveis de nitrogênio para os diferentes veranicos estudados.

4.2. Altura e ciclo

A Tabela 5 apresenta as médias da altura de planta e da duração do ciclo.

4.3. Produção de grãos

A Tabela 6 apresenta as médias da produção de grãos. Também são apresentadas as produções relativas em cada nível de nitrogênio para os diferentes veranicos estudados. A produção de grãos, em função dos níveis de nitrogênio, para os diferentes veranicos, também foi colo

cada na Figura 8.

4.4. Produção de matéria seca

A Tabela 7 apresenta as médias da produção de matéria seca.

4.5. Índice de colheita e relação raiz/colmo

A Tabela 8 apresenta as médias do índice de colheita e a da relação raiz/colmo.

4.6. Nitrogênio na planta

As Tabelas 9 a 13 apresentam as médias dos teores, absorção, porcentagem, quantidade e eficiência de nitrogênio na planta.

4.7. Nitrogênio no solo

As Tabelas 14 e 15 apresentam as médias do teor e quantidade de nitrogênio total no solo e a porcentagem e quantidade de nitrogênio no solo proveniente do fertilizante nitrogenado.

4.8. A Tabela 16 apresenta o balanço da quantidade de nitrogênio aplicado como fertilizante.

TABELA 4 - Médias dos componentes da produção do cultivar de arroz IAC-47, em diferentes níveis e modos de aplicação de nitrogênio, quando submetida a veranicos de diferentes durações, durante a floração das plantas.

Veranicos (dias)	Perfílhos/Vaso (nº)					Panículas/Vaso (nº)					Grãos Vazios (%)				
	Níveis de Nitrogênio (ppm)					Níveis de Nitrogênio (ppm)					Níveis de Nitrogênio (ppm)				
	0	80	160	240	Média	0	80	160	240	Média	0	80	160	240	Média
0	MA1(2)	5,75	8,50	9,50	17,75	10,38a	4,50	8,25	9,25	9,50	16,09	15,72	13,66	15,40	22,91
	MA2(3)	6,75	9,00	9,25	9,75	8,69b	4,50	9,00	8,00	7,25	11,53	13,07	19,85	17,50	22,95
	MA3(4)	7,25	7,75	10,25	20,00	11,31a	4,75	7,50	6,75	8,50	9,89	21,24	16,62	27,74	25,03
	Média	6,58C	8,428	9,678	15,83Aa	10,13a	4,588	8,25A	8,00A	8,42A	20,558b	23,89ABc	23,72ABc	26,37Ac	23,63c
4	MA1	6,00	8,50	9,50	10,50	8,63b	5,00	8,50	9,00	9,75	18,69	30,62	44,00	40,17	34,97b
	MA2	5,25	9,75	9,25	8,75	8,25b	4,75	8,75	8,75	5,75	23,84	34,25	39,66	55,19	37,99ab
	MA3	8,25	11,25	13,25	19,00	12,94a	5,75	9,75	8,25	10,25	21,63	35,18	46,31	56,88	38,96a
	Média	6,50C	9,838	10,678	12,75Ab	9,94ab	5,178	9,00A	8,67A	8,58A	27,490a	35,20Cb	41,128b	45,41Ab	37,31b
8	MA1	6,25	9,00	11,00	11,25	9,38ab	5,50	8,75	10,50	9,00	31,55	62,88	76,77	86,47	54,17a
	MA2	7,00	7,50	9,50	8,25	8,06b	4,75	7,50	7,75	7,25	23,73	40,60	80,81	69,36	47,34b
	MA3	6,50	9,00	9,50	16,50	10,38a	5,25	8,25	6,25	9,75	23,15	52,53	63,05	68,41	45,90b
	Média	6,58C	8,508	10,008	12,00Ab	9,27b	5,178	8,17A	8,17A	8,67A	30,64Ca	46,238a	59,31Aa	60,37Aa	49,14a
Média	6,56D	8,92C	10,118	13,53A			4,978	8,47A	8,28A	8,56A	26,22D	35,11C	41,388	44,05A	
Teste F	Veranicos (VE)			3,45*(5)					1,54ns(7)				518,19**		
	Modos de Apl. (MA)			45,42** (6)					6,59**				1,26ns		
	Níveis de N (NI)			108,41**					47,05**				149,68**		
	MA x VE			5,57**					2,04ns				12,77**		
DNS (Tukey 5%)	NI x VE			6,02**					0,28ns				28,34**		
	Veranicos			0,81					1,48				1,89		
	Modos de Apl.			0,81					0,74				3,78		
	Nitrogênio			1,03					0,94				2,39		
Coef. de Variação (%)	MA dentro de VE			1,41					1,28				3,27		
	NI dentro de VE			1,79					1,62				3,78		
				17,11					20,05				10,59		

Valores seguidos pela mesma letra não diferem significativamente, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey; letras para comparação na vertical e minúsculas para comparação na horizontal.

(1) Valores transformados para $\arcseno \sqrt{x/100}$; (2) MA1 = Nitrogênio aplicado 1/3 por ocasião do plantio e os restantes 2/3 aplicados no início do primórdio floral; (3) MA2 = Nitrogênio aplicado totalmente por ocasião do plantio; (4) MA3 = Nitrogênio aplicado totalmente no início do primórdio floral; (5) * = Significância ao nível de 5% de probabilidade; (6) ** = Significância ao nível de 1% de probabilidade; (7) ns = Não significativo.

(continuação da Tabela 4)

Verânicos (dfas)	Grãos Cheios/Panícula (nº)					Peso de 100 Grãos (g)				
	Níveis de Nitrogênio (ppm)					Níveis de Nitrogênio (ppm)				
	0	80	160	240	Média	0	80	160	240	Média
0	MA1	78,83	114,78	125,20	105,40	106,02a	3,33	3,57	3,54	3,29
	MA2	86,98	92,03	125,51	109,19	103,43ab	3,42	3,45	3,22	3,37
	MA3	85,54	102,75	106,54	74,40	92,31b	3,43	3,55	3,31	3,39
	Média	83,78Ca	103,188a	119,04Aa	96,338Ca	100,58a	3,39a	3,52a	3,35a	3,41a
4	MA1	64,24	94,90	78,83	83,10	80,27a	3,35	3,08	3,00	2,88
	MA2	65,38	76,36	92,77	70,14	76,16a	3,24	3,13	3,04	3,02
	MA3	56,39	71,77	65,29	42,97	59,11b	3,15	3,28	2,87	3,11
	Média	62,00Cb	81,01Ab	78,96A8b	65,408Cb	71,84b	3,25Aab	3,16A8b	2,978b	3,10b
8	MA1	54,46	46,65	30,88	19,17	37,79b	3,27	2,68	3,00	2,20
	MA2	70,50	78,19	30,42	41,03	55,03a	3,14	2,79	2,37	2,56
	MA3	60,98	55,43	49,95	32,94	49,83a	3,16	2,72	2,77	2,71
	Média	61,98Ab	60,09Ac	37,088c	31,048c	47,55c	3,19Ab	2,738c	2,718c	2,84
Média		69,258	81,43A	78,36A	64,268		3,28A	3,148	3,01C	2,97C
Teste F	Verânicos (VE)			169,68**					134,04**	
	Modos de Apl. (MA)			7,79**					1,68ns	
	Níveis de N (NI)			11,42**					18,99**	
	MA x VE			6,42**					0,57ns	
	NI x VE			11,02**					8,34**	
DMS (Tukey 5%)	Verânicos			6,87					0,09	
	Modos de Apl.			6,87					0,19	
	Nitrogênio			8,71					0,11	
	MA dentro de VE			11,90					-	
Coef. de Variação (%)	NI dentro de VE			15,09					0,20	
				19,26					6,17	

$-\text{+--veranico (0)} \quad y = 6,855 - 0,004x + 0,00017x^2 \quad R = 0,984$
 $-\bullet\text{--veranico (4)} \quad y = 6,687 + 0,036x - 0,00005x^2 \quad R = 0,983$
 $-\blacksquare\text{--veranico (8)} \quad y = 6,626 + 0,015x + 0,000003x^2 \quad R = 0,999$

FIGURA 3 - Número de perfilhos por vaso do cultivar de arroz IAC-47, em função de níveis de nitrogênio e de diferentes veranicos (0, 4 e 8 dias), aplicados durante a floração das plantas.

-+-veranico (0)	$y = 4,810 + 0,045x - 0,00013x^2$	$R = 0,946$
--.-veranico (4)	$y = 5,39 + 0,049x - 0,00015x^2$	$R = 0,949$
-■-veranico (8)	$y = 5,346 + 0,0366x - 0,0001x^2$	$R = 0,959$

FIGURA 4 - Número de panículas por vaso, do cultivar de arroz IAC-47, em função de níveis de nitrogênio e diferentes veranicos (0, 4 e 8 dias), aplicados durante a floração das plantas.

$$\begin{aligned}
 \text{--}+\text{--veranico (0)} \quad y &= 20,867 + 0,028x - 0,00003x^2 & R &= 0,939 \\
 \text{--}\bullet\text{--veranico (4)} \quad y &= 27,498 + 0,107x - 0,00013x^2 & R &= 0,999 \\
 \text{--}\blacksquare\text{--veranico (8)} \quad y &= 30,164 + 0,264x - 0,00057x^2 & R &= 0,996
 \end{aligned}$$

FIGURA 5 - Porcentagem de grãos vazios do cultivar de arroz IAC-47, em função de níveis de nitrogênio e de diferentes veranicos (0, 4 e 8 dias), aplicados durante a floração das plantas.

$$\begin{aligned}
 \text{---+---veranico (0)} \quad y &= 82,028 + 0,452x - 0,00165x^2 & R &= 0,951 \\
 \text{---\bullet---veranico (4)} \quad y &= 62,477 + 0,316x - 0,00127x^2 & R &= 0,992 \\
 \text{---\blacksquare---veranico (8)} \quad y &= 63,885 - 0,106x - 0,00016x^2 & R &= 0,950
 \end{aligned}$$

FIGURA 6 - Número de grãos cheios por panícula do cultivar de arroz IAC-47, em função de níveis de nitrogênio e de diferentes veranicos (0, 4 e 8 dias), aplicados durante a floração das plantas.

$$\begin{aligned}
 -\text{+}-\text{veranico (0)} \quad y &= 3,415 + 0,0006x - 0,000003x^2 & R &= 0,379 \\
 -\bullet-\text{veranico (4)} \quad y &= 3,167 - 0,0024x + 0,000005x^2 & R &= 0,945 \\
 -\blacksquare-\text{veranico (8)} \quad y &= 3,158 - 0,0049x + 0,000009x^2 & R &= 0,950
 \end{aligned}$$

FIGURA 7 - Peso de 100 grãos do cultivar de arroz IAC-47, em função de níveis de nitrogênio e de diferentes veranicos (0, 4 e 8 dias), aplicados durante a floração das plantas.

TABELA 5 - Médias da altura da planta e do ciclo do cultivar de arroz IAC-47, em diferentes níveis e modos de aplicação de nitrogênio, quando submetida a veranicos de diferentes durações, durante a floração das plantas.

Veranicos (dias)	Altura (cm)				Ciclo (dias)			
	Níveis de Nitrogênio (ppm)				Níveis de Nitrogênio (ppm)			
	0	80	160	Média	0	80	160	Média
0	MA1 (1)	109,67	138,42	133,50	126,25	119,50	121,50	127,50
	MA2 (2)	115,17	127,58	135,00	128,50	119,25	122,25	128,25
	MA3 (3)	111,58	130,50	129,33	128,92	119,75	121,75	127,50
	Média	112,148a	132,17Aa	132,61Aa	127,89Aa	119,50Dc	121,83Cc	127,75Ac
4	MA1	103,92	127,33	126,09	119,33	122,50	125,50	129,25
	MA2	104,00	116,33	121,09	113,67	122,50	126,00	126,75b
	MA3	101,25	118,50	120,17	119,75	125,25	126,25	131,75
	Média	103,068b	120,72Ab	122,45Ab	117,58Ab	123,42Dc	125,92Cb	130,92Ab
8	MA1	101,50	125,25	125,09	113,17	127,25	130,00	129,25
	MA2	102,08	115,58	118,00	113,25	128,50	130,75	129,25
	MA3	101,75	121,25	117,92	119,08	129,00	130,75	136,25
	Média	101,78Cb	120,69Ab	120,33ABb	115,17Bb	128,25Ca	130,50Ba	133,75Aa
Média		105,66C	124,53A	125,53A	120,21B	123,72D	126,08C	130,81A
Teste de F	Veranicos (VE)		82,29** (4)				1460,34**	
	Modos de Apl. (MA)		5,86**				59,66**	
	Níveis de N (NI)		125,10** (5)				664,26**	
	MA x VE		1,54ns				7,72**	
DMS (Tukey 5%)	NI x VE		0,26ns				12,64**	
	Veranicos		2,37				0,33	
	Modos de Apl.		2,37				0,33	
	Nitrogênio		3,01				0,42	
Coef. de Variação (%)	MA dentro de VE		4,11				0,58	
	NI dentro de VE		5,21				0,73	
			4,10					
							0,54	

Valores seguidos pela mesma letra não diferem significativamente, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey; letras minúsculas para comparação na vertical e maiúsculas para comparação na horizontal.

(1) MA1 = Nitrogênio aplicado 1/3 por ocasião do plantio e os restantes 2/3 aplicados no início do primórdio floral; (2) MA2 = Nitrogênio aplicado totalmente por ocasião do plantio; (3) Nitrogênio aplicado totalmente no início do primórdio floral; (4) ** = significativa ao nível de 1% de probabilidade; (5) ns = não significativo.

TABELA 6 - Produção média de grãos e produções relativas do cultivar de arroz IAC-47, em diferentes níveis e modos de aplicação de nitrogênio, quando submetida a veranicos de diferentes durações, durante a floração das plantas.

Veranicos (dias)	Produção de Grãos (1) (g/vaso)					Produção Relativa (2) (%)				
	Níveis de Nitrogênio (ppm)					Níveis de Nitrogênio (ppm)				
	0	80	160	240	Média	0	80	160	240	
0	MA1 (3)	11,73	33,47	39,89	32,92	29,50a				
	MA2 (4)	13,27	28,50	30,27	26,58	24,66b				
	MA3 (5)	13,79	28,77	23,06	21,96	21,39c				
	Média	12,93Ca	29,58Aa	31,07Aa	27,158a	25,18a	100	100	100	100
	MA1	10,64	23,62	20,73	23,02	19,50a				
4	MA2	9,80	20,44	23,68	11,73	16,41b				
	MA3	10,20	22,50	14,74	13,13	15,14b				
	Média	10,22Db	22,19Ab	19,71Bb	15,96Cb	17,02b	79,04	75,02	63,44	58,78
	MA1	9,69	10,53	9,71	3,62	8,39				
	MA2	9,84	15,59	5,44	7,24	9,53				
8	MA3	10,09	11,98	7,92	8,47	9,61				
	Média	9,878b	12,70Ac	7,69Cc	6,44Cc	9,18c	76,33	42,93	24,75	23,72
	MA1	11,01D	21,49A	19,498	16,52C	51,23	100	90,69	76,87	
	Veranicos (VE)		767,43** (6)							
	Modos de Apl. (MA)		42,66**							
Teste F	Níveis de N (NI)		187,00**							
	MA x VE		22,88**							
	NI x VE		62,18**							
	Veranicos		0,97							
	Modos de Apl.		0,97							
DMS (Tukey 5%)	Nitrogênio		1,23							
	MA dentro de VE		1,69							
	NI dentro de VE		2,14							
	Coef. de Variação (%)		11,69							

Valores seguidos pela mesma letra não diferem significativamente, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey; letras minúsculas para comparação na vertical e maiúsculas para comparação na horizontal.

(1) Ajustada para 13% de umidade; (2) Em cada nível de nitrogênio, a maior produção foi considerada igual a 100%; (3) MA1 = Nitrogênio aplicado 1/3 por ocasião do plantio e os restantes 2/3 aplicados no início do primórdio floral; (4) MA2 = Nitrogênio aplicado totalmente por ocasião do plantio; (5) MA3 = nitrogênio aplicado totalmente no início do primórdio floral; (6) ** = Significância ao nível de 1% de probabilidade.

- + -veranico (0)	$y = 13,417 + 0,248x - 0,0008x^2$	$R = 0,989$
- • -veranico (4)	$y = 10,879 + 0,166x - 0,0006x^2$	$R = 0,945$
- ■ -veranico (8)	$y = 10,450 + 0,191x - 0,0002x^2$	$R = 0,838$

FIGURA 8 - Produção de grãos do cultivar de arroz IAC-47, em função de níveis de nitrogênio e de diferentes veranicos (0, 4 e 8 dias), aplicados durante a floração das plantas.

TABELA 7 - Rendimento médio de matéria seca do cultivar de arroz IAC-47, em diferentes níveis e modos de aplicação de nitrogênio, quando submetida a veranicos de diferentes durações, durante a floração das plantas.

Veranicos (dias)	Matéria Seca (g/vaso)									
	Raízes					Parte Aérea ⁽¹⁾				
	Níveis de Nitrogênio (ppm)					Níveis de Nitrogênio (ppm)				
	0	80	160	240	Média	0	80	160	240	Média
0	MA1 ⁽⁴⁾	5,13	8,73	10,60	11,23	8,92a	15,17	33,83	43,51	47,72
	MA2 ⁽⁵⁾	4,63	7,16	8,26	7,12	6,79b	15,80	35,97	34,62	29,71b
	MA3 ⁽⁶⁾	4,29	5,60	6,73	9,83	6,61b	16,11	33,61	30,82	30,43b
	Média	4,680	7,16C	8,53Bb	9,39Ab	7,44b	15,690	34,47Ca	36,31Ba	40,45Aa
	MA1	5,16	9,27	10,65	11,61	9,17a	14,31	30,70	38,91	45,49
4	MA2	4,94	7,36	8,57	8,37	7,31c	14,93	33,55	32,46	28,36
	MA3	4,83	6,49	8,27	11,97	7,89b	15,45	30,76	27,68	39,90
	Média	4,970	7,71C	9,16Ba	10,65Aa	8,12a	14,90C	31,67Bb	33,02Bb	37,92Ab
	MA1	5,12	8,91	11,77	11,18	9,24a	15,68	33,21	42,89	43,47
	MA2	4,86	7,19	8,96	9,17	7,54b	15,06	30,98	32,35	28,52
8	MA3	5,10	6,32	7,81	10,91	7,53b	15,47	31,12	26,90	39,53
	Média	5,020	7,47C	9,51Ba	10,42Aa	8,11a	15,400	31,77Cb	34,04Bb	37,17Ab
	MA1	4,890	7,45C	9,07B	10,15A		15,33D	32,64C	34,46B	38,51A
	Veranicos (VE)			23,92** ⁽⁷⁾					149,42**	
	Modos de Apl. (MA)			178,33**					235,17**	
Teste F	Níveis de N (NI)			622,47**					1940,12**	
	MA x VE			4,16** ⁽⁸⁾					2,85*	
	NI x VE			2,64*(8)					3,53**	
	Veranicos			0,27					0,68	
	Modos de Apl.			0,27					0,68	
DMS (Tukey 5%)	Nitrogênio			0,34					0,86	
	MA dentro de VE			0,46					1,17	
	NI dentro de VE			0,59					1,49	
	Coef. de Variação (%)			6,97					4,61	

Valores seguidos pela mesma letra não diferem significativamente, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey; letras minúsculas para comparação na vertical e maiúsculas para comparação na horizontal.

(1) Parte Aérea = Colmos+folhas+raquis+grãos vazios; (2) Parte Aérea Total = Parte aérea+grãos cheios; (3) Total = Parte aérea total+raiz; (4) MA1 = Nitrogênio aplicado 1/3 por ocasião do plantio e os restantes 2/3 aplicados no início do primórdio floral; (5) MA2 = Nitrogênio aplicado totalmente por ocasião do plantio; (6) MA3 = Nitrogênio aplicado totalmente no início do primórdio floral; (7) ** = Significância ao nível de 1% de probabilidade; (8) * = Significância ao nível de 5% de probabilidade.

TABELA 8 - Médias do índice de colheita e da relação raiz/colmo do cultivar de arroz IAC-47, em diferentes níveis e modos de aplicação de nitrogênio, quando submetida a veranicos de diferentes durações, durante a floração das plantas.

Veranicos (dias)	Índice de Colheita ⁽¹⁾ (g/g)					Relação Raiz/Colmo ⁽²⁾ (g/g)				
	Níveis de Nitrogênio (ppm)					Níveis de Nitrogênio (ppm)				
	0	80	160	240	Média	0	80	160	240	Média
0	MA1 (3)	0,48	0,53	0,52	0,43	0,63	0,47	0,44	0,45	0,50a
	MA2 (4)	0,49	0,48	0,51	0,50	0,55	0,40	0,43	0,38	0,44b
	MA3 (5)	0,53	0,47	0,47	0,38	0,52	0,31	0,36	0,49	0,42b
	Média	0,50a	0,49a	0,47	0,44a	0,56ab	0,39cb	0,418cc	0,448b	0,45c
	MA1	0,44	0,45	0,38	0,34	0,73	0,64	0,55	0,53	0,61
4	MA2	0,41	0,39	0,44	0,35	0,70	0,51	0,57	0,62	0,60
	MA3	0,41	0,44	0,36	0,25	0,69	0,44	0,55	0,71	0,60
	Média	0,42ab	0,42ab	0,39ab	0,32b	0,71a	0,53ca	0,56cb	0,62ba	0,60b
	MA1	0,40	0,25	0,19	0,08	0,72	0,63	0,61	0,57	0,63
	MA2	0,41	0,37	0,15	0,23	0,69	0,55	0,70	0,35	0,66
8	MA3	0,41	0,32	0,26	0,19	0,73	0,50	0,61	0,69	0,63
	Média	0,41ab	0,31bc	0,20cc	0,17cc	0,71a	0,56ca	0,64ba	0,658a	0,64a
	Média	0,44a	0,418	0,36c	0,31d	0,66a	0,49d	0,53c	0,578	
	Veranicos (VE)			443,91** (6)				309,47**		
	Modos de Apl. (MA)			4,73* (7)				8,21**		
Teste de F	Níveis de N (NI)			104,57**				121,34**		
	MA x VE			11,12**				6,22**		
	NI x VE			24,30**				3,61**		
	Veranicos			0,02				0,02		
	Modos de Apl.			0,02				0,02		
DMS (Tukey 5%)	Nitrogênio			0,02				0,02		
	MA dentro de VE			0,29				0,03		
	NI dentro de VE			0,04				0,04		
				9,10				6,94		
	Coef. de Variação (%)									

Valores seguidos pela mesma letra não diferem significativamente, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey; letras minúsculas para comparação na vertical e maiúsculas para comparação na horizontal.

(1) Índice de colheita = produção de grãos (g/vaso) dividida pelo rendimento de matéria seca da parte aérea (g/vaso); (2) Relação raiz/colmo = peso seco das raízes (g/vaso) dividido pelo peso seco dos colmos (g/vaso); (3) MA1 = Nitrogênio aplicado 1/3 por ocasião do plantio e os restantes 2/3 aplicados no início do primórdio floral; (4) MA2 = Nitrogênio aplicado totalmente por ocasião do plantio; (5) MA3 = Nitrogênio aplicado totalmente no início do primórdio floral; (6) ** = Significância ao nível de 1% de probabilidade; (7) * = Significância ao nível de 5% de probabilidade.

TABELA 9 - Teores médios de nitrogênio total em diversas partes da planta e na planta inteira, do cultivar de arroz IAC-47, em diferentes níveis e modos de aplicação de nitrogênio, quando submetido a veranicos de diferentes durações, durante a floração das plantas.

Veranicos (dias)	Teor de N (%)									
	Raízes					Parte Aérea				
	Níveis de Nitrogênio (ppm)					Níveis de Nitrogênio (ppm)				
	0	80	160	240	Média	0	80	160	240	Média
0	MA1 (1)	0,95	1,21	1,22	1,25	1,16ab	0,30	0,38	0,56	0,94
	MA2 (2)	0,95	1,04	1,07	1,33	1,10b	0,37	0,38	0,63	0,55c
	MA3 (3)	0,99	1,16	1,31	1,44	1,22a	0,27	0,61	1,13	0,65b
	Média	0,96c	1,14b	1,20bb	1,34ab	1,16b	0,31d	0,45cc	0,77bc	0,86a
4	MA1	0,86	1,05	1,26	1,50	1,17	0,30	0,56	0,81	0,69c
	MA2	1,00	1,05	1,11	1,31	1,18	0,33	0,41	0,64	1,18
	MA3	0,98	1,14	1,26	1,57	1,24	0,37	0,56	1,16	0,71b
	Média	0,95c	1,08b	1,218b	1,45Aa	1,20ab	0,33d	0,51Cb	0,878b	0,65c
8	MA1	0,93	1,12	1,33	1,44	1,20b	0,35	0,69	1,30	0,89a
	MA2	0,96	1,04	1,17	1,50	1,17b	0,27	0,50	1,36	0,75b
	MA3	0,97	1,30	1,48	1,54	1,32a	0,35	0,98	1,68	1,10b
	Média	0,95d	1,15c	1,328a	1,49Aa	1,23a	0,32d	0,72Ca	1,58Ba	0,97c
Média		0,95d	1,12c	1,258	1,43A		0,32d	0,56c	1,07B	1,18a
Teste F	Veranicos (VE)			5,91** (4)				634,52**		1,40A
	Modos de Apl. (MA)			16,57**				202,39**		
	Níveis de N (NI)			139,36** (5)				2474,41**		
	MA x VE			1,25ns (6)				22,39**		
DMS (Tukey 5%)	NI x VE			2,39* (6)				114,59**		
	Veranicos			0,05				0,03		
	Modos de Apl.			0,05				0,03		
	Nitrogênio			0,06				0,04		
Coef. de Variação (%)	MA dentro de VE			0,08				0,05		
	NI dentro de VE			0,11				0,06		
				8,44						
								6,94		

Valores seguidos pela mesma letra não diferem significativamente, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey; letras minúsculas para comparação na vertical e maiúsculas para comparação na horizontal.

(1) MA1 = Nitrogênio aplicado 1/3 por ocasião do plantio e os restantes 2/3 aplicados no início do primórdio floral; (2) MA2 = Nitrogênio aplicado totalmente por ocasião do plantio; (3) MA3 = Nitrogênio aplicado totalmente no início do primórdio floral; (4) ** = Significância ao nível de 1% de probabilidade; (5) ns = Não significativo; (6) * = Significância ao nível de 5% de probabilidade.

(continuação da Tabela 9)

Veranicos (dias)	Teor de N (%)									
	Grãos Cheios					Total				
	Níveis de Nitrogênio (ppm)					Níveis de Nitrogênio (ppm)				
	0	80	160	240	Média	0	80	160	240	Média
0	MA1	0,90	1,26	1,67	1,97	2,16	2,85	3,45	4,16	3,16b
	MA2	0,93	1,11	1,40	1,81	2,25	2,52	3,09	4,36	3,06c
	MA3	0,88	1,71	2,09	2,11	2,14	3,47	4,53	5,00	3,79a
	Média	0,900	1,36Cc	1,72Bc	1,96Ac	2,180	2,95Cb	3,69Bc	4,51Ac	3,33c
4	MA1	0,89	1,35	1,99	2,15	2,05	2,97	4,06	4,83	3,48b
	MA2	0,90	1,14	1,56	1,85	2,22	2,60	3,31	4,42	3,14c
	MA3	0,88	1,74	2,14	2,16	2,23	3,44	4,56	5,21	3,86a
	Média	0,890	1,41Cb	1,90Bb	2,05Ab	2,170	3,00Cb	3,98Bb	4,82Ab	3,49b
8	MA1	0,89	1,11	2,15	2,47	2,14	3,62	4,77	5,95	4,12b
	MA2	0,92	1,37	2,07	1,92	2,22	2,91	4,99	4,71	3,71c
	MA3	0,90	2,00	2,56	2,37	2,22	4,29	5,71	5,62	4,46a
	Média	0,90C	1,72Ba	2,26Aa	2,25Aa	2,190	3,60Ca	5,15Ba	5,43Aa	4,10a
Média	0,900	1,50C	1,96B	2,09A		2,180	3,19C	4,28B	4,92A	
Teste F	Veranicos (VE)		450,54**					590,83**		
	Modos de Apl. (MA)		679,13**					499,17**		
	Níveis de N (NI)		4076,18**					3986,37**		
	MA x VE		8,80**					10,71**		
DMS (Tukey 5%)	NI x VE		63,01**					93,33**		
	Veranicos		0,02					0,06		
	Modos de Apl.		0,02					0,06		
	Nitrogênio		0,03					0,07		
Coef. de Variação (%)	MA dentro de VE		0,04					0,10		
	NI dentro de VE		0,05					0,12		
			3,14					3,15		

TABELA 10 - Médias da quantidade de nitrogênio total absorvido por diversas partes da planta e pela planta inteira, do cultivar de arroz IAC-47, em diferentes níveis e modos de aplicação de nitrogênio, quando submetido a veranicos de diferentes durações, durante a floração das plantas.

Veranicos (dias)	Q N T P (1)														
	Raízes					Parte Aérea									
	mg/vaso					mg/vaso					mg/vaso				
	Níveis de Nitrogênio (ppm)					Níveis de N (ppm)					Níveis de Nitrogênio (ppm)				
	0	80	160	240	Média	0	80	160	240	% do Total	0	80	160	240	% do Total
0	MA1 (2)	48,79	106,13	129,68	140,39	106,25a	45,25	127,43	242,08	446,19	215,24b				
	MA2 (3)	43,90	74,57	87,87	94,68	75,26c	58,46	135,03	216,29	396,81	201,65b				
	MA3 (4)	42,32	64,89	88,04	141,38	84,16b	43,58	203,93	348,25	596,47	298,06a				
	Média	45,00D	81,86c	101,86bc	125,48Ab	88,56b	22,97	14,00	12,52	12,00	49,10D	155,46Cb	268,87Bb	479,82Ab	238,32b
															25,07 26,00 33,05 45,90
4	MA1	44,36	97,49	134,53	173,75	112,53a	42,67	172,38	316,85	539,25	267,79a				
	MA2	49,16	77,26	95,79	109,16	82,85c	49,02	138,15	204,28	358,11	187,39b				
	MA3	47,34	73,78	102,48	188,35	102,99b	57,10	172,21	321,99	590,64	285,49a				
	Média	46,95D	82,84C	110,93Bb	157,09Aa	99,46a	26,79	16,01	15,62	16,83	49,60D	160,91Cb	281,04Bb	496,00Ab	246,89b
															28,30 31,09 39,58 53,15
8	MA1	47,75	99,84	155,72	161,12	116,11a	54,02	229,41	556,29	888,71	432,11a				
	MA2	46,59	74,84	104,77	137,24	90,87c	52,13	153,18	567,73	369,54	285,65c				
	MA3	49,37	82,31	115,16	168,16	103,75b	53,81	306,13	450,60	675,96	371,63b				
	Média	47,90D	85,66C	125,22Ba	155,51Aa	103,58a	26,78	17,08	15,62	16,82	53,32D	229,57Ca	524,87Ba	644,74Aa	363,13a
															29,81 45,78 65,45 69,75
Média		46,62D	83,45C	112,67B	146,03A		25,43	15,70	14,53	15,09	50,67D	181,98C	358,26B	540,19A	27,64 34,24 46,22 55,83
Teste F	Veranicos (VE)				37,45** (5)										
	Modos de Apl. (MA)				127,58**										
	Níveis de N (NI)				835,04**										
	MA x VE				2,93* (6)										
	NI x VE				11,44**										
DMS (Tukey 5%)	Veranicos				4,27										
	Modos de Apl.				4,27										
	Nitrogênio				5,42										
	MA dentro de VE				7,40										
	NI dentro de VE				9,39										
Coef. de Variação (%)					9,04										

Valores seguidos pela mesma letra não diferem significativamente, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey; letras minúsculas para comparação na vertical e maiúsculas para comparação na horizontal.

(1) QNTP = Quantidade de nitrogênio total absorvido pela planta; (2) MA1 = Nitrogênio aplicado 1/3 por ocasião do plantio e os restantes 2/3 aplicados no início do primórdio floral; (3) MA2 = Nitrogênio aplicado totalmente por ocasião do plantio; (4) MA3 = Nitrogênio aplicado totalmente no início do primórdio floral; (5) ** = Significância ao nível de 1% de probabilidade; (6) * = Significância ao nível de 5% de probabilidade; (7) ns = Não significativo.

TABELA 11 - Médias da porcentagem de nitrogênio proveniente do fertilizante, em diversas partes da planta e na planta inteira do cultivar de arroz IAC-47, em diferentes níveis e modos de aplicação de nitrogênio, quando submetida a veranicos de diferentes durações, durante a floração das plantas.

Veranicos (dias)	N P P F ⁽¹⁾ (%)									
	Raízes					Parte Aérea				
	Níveis de Nitrogênio (ppm)					Níveis de Nitrogênio (ppm)				
	0	80	160	240	Média	0	80	160	240	Média
0	MA1 (2)	0,00	36,56	54,85	63,49	0,00	45,06	66,22	73,74	46,26b
	MA2 (3)	0,00	36,38	51,36	62,07	0,00	43,60	57,24	66,79	41,91c
	MA3 (4)	0,00	36,20	52,63	63,96	0,00	57,31	68,73	77,07	50,78a
	Média	0,000	36,38Ca	52,95Ba	63,18A	0,000	48,66Cc	64,07Bc	72,54Ac	46,32c
4	MA1	0,00	36,61	54,03	64,87	0,00	51,32	67,30	76,29	48,73b
	MA2	0,00	36,57	50,64	60,55	0,00	44,45	57,56	68,03	42,51c
	MA3	0,00	34,79	53,82	63,83	0,00	57,85	70,56	79,18	51,90a
	Média	0,000	35,99Cab	52,83Bab	63,09A	0,000	51,21Cb	65,158b	74,50Ab	47,71b
8	MA1	0,00	36,60	53,81	65,59	0,00	57,23	70,73	76,80	51,19b
	MA2	0,00	35,85	50,97	60,73	0,00	44,28	60,24	68,07	43,15c
	MA3	0,00	34,47	52,41	62,69	0,00	60,15	74,52	79,60	53,57a
	Média	0,000	35,64Cb	52,408b	63,01A	0,000	53,89Ca	68,508a	74,83Aa	49,30a
Média	0,000	36,01C	52,738	63,09A		0,000	51,25C	65,908	73,96A	
Teste F	Veranicos (VE)		6,73** (5)					1102,76**		
	Modos de Apl. (MA)		157,86**					11609,84**		
	Níveis de N (NI)		115085,22**					-		
	MA x VE		7,05** (6)					142,73**		
DMS (Tukey 5%)	NI x VE		1,57ns					196,35**		
	Veranicos		0,24					0,15		
	Modos de Apl.		0,24					0,15		
	Nitrogênio		0,30					0,19		
Coef. de Variação (%)	MA dentro de VE		0,41					0,26		
	NI dentro de VE		0,52					0,33		
			1,29					0,65		

Valores seguidos pela mesma letra não diferem significativamente, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey; le tras minúsculas para comparação na vertical e maiúsculas para comparação na horizontal.

(1) NPPF = Nitrogênio na planta proveniente do fertilizante, %; (2) MA1 = Nitrogênio aplicado 1/3 por ocasião do plantio e os restantes 2/3 aplicados no início do primórdio floral; (3) MA2 = Nitrogênio aplicado totalmente por ocasião do plantio; (4) MA3 = Nitrogênio aplicado totalmente no início do primórdio floral; (5) ** = Significância ao nível de 1% de probabilidade; (6) ns = Não significativo; (7) * = Significância ao nível de 5% de probabilidade.

(continuação da Tabela 11)

Veranicos (dias)	N P P F (%)									
	Grãos Cheios					Total				
	Níveis de Nitrogênio (ppm)					Níveis de Nitrogênio (ppm)				
	0	80	160	240	Média	0	80	160	240	Média
0	MA1 0,00 MA2 0,00 MA3 0,00 Média 0,000	61,90 47,25 73,21 60,79Cc	74,80 60,53 79,27 71,54Bc	80,88 67,53 84,07 77,49Ab	54,40b 43,83c 59,14a 52,46c	0,00 0,00 0,00 0,000	47,84 42,41 55,58 48,61Cc	65,29 56,38 66,88 62,85Bc	72,71 65,47 75,03 71,07Ac	46,46b 41,06c 49,37a 45,63c
4	MA1 0,00 MA2 0,00 MA3 0,00 Média 0,000	63,02 47,58 73,26 61,29Cb	75,73 61,55 82,11 73,13Bb	81,55 67,60 84,54 77,89Ab	55,08b 44,18c 59,98a 53,08b	0,00 0,00 0,00 0,000	50,32 42,87 55,31 49,50Cb	65,69 56,59 68,83 63,70Bb	74,24 65,40 75,85 71,83Ab	47,56b 41,21c 50,00a 46,26b
8	MA1 0,00 MA2 0,00 MA3 0,00 Média 0,00	65,51 48,98 73,71 62,73Ca	76,69 63,15 82,75 74,20Ba	81,66 68,31 85,10 78,36Aa	55,97b 45,11c 60,39a 53,82a	0,00 0,00 0,00 0,000	53,11 43,04 56,11 50,75Ca	67,08 58,12 69,90 65,03Ba	74,68 65,71 75,80 72,06Aa	48,72b 41,72c 50,45a 46,96a
Média	0,000	61,60C	72,96B	77,91A		0,000	49,62C	63,86B	71,65A	
Teste F	Veranicos (VE) Modos de Apl. (MA) Níveis de N (NI)	131,53** 17613,55** -						407,67** 18216,35** -		
	MA x VE NI x VE	2,69*(7) 26,34**						55,01** 66,61**		
DMS (Tukey 5%)	Veranicos Modos de Apl. Nitrogênio MA dentro de VE NI dentro de VE	0,20 0,20 0,26 0,35 0,44	0,20 0,26 0,35 0,44					0,11 0,11 0,14 0,19 0,24		
Coef. de Variação (%)		0,78						0,49		

TABELA 12 - Médias da quantidade de nitrogênio proveniente do fertilizante, em diversas partes da planta e na planta inteira, do cultivar de arroz IAC-47, em diferentes níveis e modos de aplicação de nitrogênio, quando submetido a veranicos de diferentes durações, durante a floração das plantas.

Q N P P F (1)													
Veranicos (dias)	Raízes					Parte Aérea							
	mg/vaso					mg/vaso							
	Níveis de Nitrogênio (ppm)					Níveis de Nitrogênio (ppm)							
	0	80	160	240	Média	0	80	160	240	Média	0	80	240
0	MA1 (2)	0,00	38,81	71,13	89,15	49,77a	0,00	57,43	160,33	329,07	136,71b		
	MA2 (3)	0,00	27,12	45,13	58,82	32,77c	0,00	58,88	123,79	265,04	111,93c		
	MA3 (4)	0,00	23,49	46,33	90,43	40,06b	0,00	116,87	239,38	459,73	203,99a		
	Média	0,000	29,81c	54,208b	79,47Ab	40,87b	0,00	77,73Cb	174,508b	351,28Ac	150,88c	0,00	24,03 31,26 45,03
	MA1	0,00	35,70	72,68	112,69	55,27a	0,00	88,47	213,25	411,42	178,29b		
4	MA2	0,00	28,27	48,48	66,11	35,72c	0,00	61,40	117,58	243,63	105,66c		
	MA3	0,00	25,69	55,19	120,19	50,27b	0,00	99,62	227,07	467,73	198,61a		
	Média	0,000	29,89c	58,788b	99,66Aa	47,09a	0,00	83,16Cb	185,978b	374,26Ab	160,85b	0,00	28,99 39,04 53,25
	MA1	0,00	36,69	83,81	105,68	56,55a	0,00	131,33	393,55	682,51	301,85a		
	MA2	0,00	26,83	53,41	83,37	40,91c	0,00	67,82	342,08	251,56	165,37c		
8	MA3	0,00	28,37	60,37	105,49	48,56b	0,00	184,16	335,73	538,09	264,50b		
	Média	0,000	30,63c	65,868a	98,18Aa	48,67a	0,00	127,77Ca	357,128a	490,72Aa	243,90a	0,00	46,31 66,31 71,44
	MA1	0,000	30,11c	59,618	92,44A		0,00	96,22c	239,208	405,42A		0,00	32,57 45,61 56,05
	Veranicos (VE)			35,41**	(5)				484,60**				
	Modos de Apl. (MA)			158,59**					474,68**				
Teste F	Níveis de N (NI)			2452,75**					4348,72**				
	MA x VE			3,05*(6)					60,92**				
	NI x VE			16,21**					98,63**				
	Veranicos			2,33					7,82				
	Modos de Apl.			2,33					7,82				
DMS (Tukey 5%)	Nitrogênio			2,96					9,92				
	MA dentro de VE			4,67					13,54				
	NI dentro de VE			5,13					17,18				
				10,54					8,68				
	Coef. de Variação (%)												

Valores seguidos pela mesma letra não diferem significativamente, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey; letras minúsculas para comparação na vertical e maiúsculas para comparação na horizontal.

(1) QNPPF = Quantidade de nitrogênio na planta proveniente do fertilizante; (2) MA1 = Nitrogênio aplicado 1/3 por ocasião do plantio e os restantes 2/3 aplicados no início do primórdio floral; (3) MA2 = Nitrogênio aplicado totalmente por ocasião do plantio; (4) MA3 = Nitrogênio aplicado totalmente no primórdio floral; (5) ** = Significância ao nível de 1% de probabilidade; (6) * = Significância ao nível de 5% de probabilidade; (7) ns = Não significativo.

(continuação da Tabela 12)

Veranicos (dias)	Q N P P F											
	Grãos Cheios						Total					
	mg/vaso			% do Total			mg/vaso			mg/vaso		
	Níveis de Nitrogênio (ppm)			Níveis de Nitrogênio (ppm)			Níveis de Nitrogênio (ppm)			Níveis de Nitrogênio (ppm)		
	0	80	160	240	Média		0	80	160	240	Média	
0	MA1 0,00	227,33	433,37	456,41	279,28a		0,00	323,58	664,84	874,63	465,76a	
	MA2 0,00	129,61	222,29	252,85	151,19c		0,00	215,62	391,22	576,73	295,89b	
	MA3 0,00	291,04	333,52	338,52	240,67b		0,00	431,40	618,82	888,70	484,73a	
	Média 0,00C	215,99Ba	329,59Aa	349,26Aa	223,71a		0,00	323,53Ca	558,29Ba	780,02Aa	415,46a	
4	MA1 0,00	175,21	271,43	350,49	199,28a		0,00	299,39	557,38	874,62	432,85a	
	MA2 0,00	96,43	198,24	127,66	105,59c		0,00	186,11	364,31	437,41	246,96b	
	MA3 0,00	249,68	224,95	208,63	170,82b		0,00	375,00	507,22	796,56	419,69a	
	Média 0,00C	173,77Bb	231,54Ab	228,93Ab	158,56b		0,00	286,83Cb	476,30Bb	702,86Ab	366,50b	
8	MA1 0,00	108,21	139,04	63,21	77,62b		0,00	276,24	616,42	851,41	436,02a	
	MA2 0,00	90,92	61,77	82,42	58,78c		0,00	185,58	457,26	417,37	265,05b	
	MA3 0,00	153,31	145,91	148,36	111,90a		0,00	365,84	542,02	791,95	424,95a	
	Média 0,00B	117,48Ac	115,57Ac	98,00Ac	82,76c		0,00	275,89Cb	538,57Ba	686,91Ab	375,34b	
Média	0,00C	169,08B	225,57A	225,40A			0,00	295,42C	524,39B	723,26A		
Teste F	Veranicos (VE)		488,84**						43,52**			
	Modos de Apl. (MA)		185,87**						650,47**			
	Níveis de N (NI)		838,95**						4636,76** (7)			
	MA x VE		27,40**						2,17ns (7)			
	NI x VE		80,30**						11,77**			
DMS (Tukey 5%)	Veranicos		10,75						13,33			
	Modos de Apl.		10,75						13,33			
	Nitrogênio		13,64						16,90			
	MA dentro de VE		18,62						23,08			
	NI dentro de VE		23,63						29,29			
Coef. de Variação (%)			14,26						7,10			

TABELA 13 - Médias da eficiência de utilização do fertilizante nitrogenado pelos grãos e pela planta inteira, do cultivar de arroz IAC-47, em diferentes níveis e modos de aplicação de nitrogênio, quando submetida a veranicos de diferentes durações, durante a floração das plantas.

Veranicos (dias)	E U F N (1)									
	Grãos Cheios					Total				
	Níveis de Nitrogênio (ppm)					Níveis de Nitrogênio (ppm)				
	0	80	160	240	Média	0	80	160	240	Média
0	MA1 (2)	0,00	31,57	30,09	21,13	20,70a	0,00	44,94	46,17	32,90b
	MA2 (3)	0,00	18,00	15,43	11,70	11,28b	0,00	29,94	27,15	20,94c
	MA3 (4)	0,00	40,42	23,13	15,67	19,80a	0,00	59,91	42,96	35,99a
	Média	0,000	29,99Aa	22,88Ba	16,17Ca	17,26a	0,000	44,91Aa	38,76Ba	29,94a
4	MA1	0,00	24,33	18,85	16,22	14,85a	0,00	41,58	39,81	30,47a
	MA2	0,00	13,39	13,76	5,91	8,27b	0,00	25,83	25,29	17,84b
	MA3	0,00	34,67	15,62	9,66	14,99a	0,00	52,08	35,22	31,04a
	Média	0,000	24,13Ab	16,07Bb	12,70b	12,70b	0,000	39,83Ab	33,44Bb	26,45b
8	MA1	0,00	15,03	9,65	2,92	6,90b	0,00	38,37	42,78	30,14a
	MA2	0,00	12,62	4,29	3,81	5,18c	0,00	25,77	31,74	19,20b
	MA3	0,00	21,29	10,13	6,86	9,57a	0,00	50,82	37,62	31,27a
	Média	0,000	16,31Ac	8,02Bc	4,53Cc	7,22c	0,000	38,31Ab	37,39Aa	26,87b
Média		0,000	23,48A	15,66B	10,43C		0,000	41,02A	36,53B	33,47C
Teste F	Veranicos (VE)			495,82** (5)				53,71**		
	Modos de Apl. (MA)			255,20**				795,71**		
	Níveis de N (NI)			1426,27**				3897,15**		
	MA x VE			24,82**				3,91**		
DMS (Tukey 5%)	NI x VE			57,41**				12,74**		
	Veranicos			0,76				0,88		
	Modos de Apl.			0,76				0,88		
	Nitrogênio			0,97				1,11		
Coef. de Variação (%)	MA dentro de VE			1,32				1,52		
	NI dentro de VE			1,67				1,93		
				12,63				6,50		

Valores seguidos pela mesma letra não diferem significativamente, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey; letras minúsculas para comparação na vertical e maiúsculas para comparação na horizontal.

(1) EUFN = Eficiência de utilização do fertilizante nitrogenado; (2) MA1 = Nitrogênio aplicado 1/3 por ocasião do plantio e os restantes 2/3 aplicados no início do primórdio floral; (3) MA2 = Nitrogênio aplicado totalmente por ocasião do plantio; (4) MA3 = Nitrogênio aplicado totalmente no início do primórdio floral; (5) ** = Significância ao nível de 1% de probabilidade.

TABELA 14 - Médias do teor e da quantidade de nitrogênio total no solo, após a colheita do experimento.

Verânicos (dias)	N T S ⁽¹⁾ (%)					Q N T S ⁽²⁾ (mg/vaso)				
	Níveis de Nitrogênio (ppm)					Níveis de Nitrogênio (ppm)				
	0	80	160	240	Média	0	80	160	240	Média
0	MA1 (3)	0,049	0,058	0,063	0,057	0,057b	4417	5192	5678	5107
	MA2 (4)	0,053	0,063	0,063	0,057	0,059a	4805	5611	5603	5090
	MA3 (5)	0,060	0,059	0,062	0,056	0,059a	5389	5331	5540	5004
	Média	0,0540b	0,0608b	0,063A	0,057Cb	0,058c	48700b	53788b	5607Ab	5067Cb
	MA1	0,049	0,059	0,065	0,060	0,058b	4387	5335	5803	5346
4	MA2	0,056	0,067	0,062	0,058	0,061a	5005	5985	5611	5232
	MA3	0,060	0,060	0,063	0,058	0,060a	5407	5438	5657	5195
	Média	0,055Cb	0,062Aa	0,063A	0,058Ba	0,060b	4933Cb	5586Aa	5690Aab	5258Ba
8	MA1	0,053	0,060	0,065	0,060	0,059b	4726	5410	5831	5390
	MA2	0,059	0,067	0,063	0,060	0,062a	5314	5974	5654	5373
	MA3	0,060	0,062	0,064	0,060	0,061a	5424	5548	5738	5328
Média	Média	0,057Ca	0,063Aa	0,064A	0,060Ba	0,061a	5155Ca	5644Aa	5741Aa	5364Ba
	Verânicos (VE)	0,055D	0,062B	0,063A	0,058C		4986D	5536B	5679A	5229C
Teste F	Verânicos (VE)			38,27** (6)					46,44**	
	Modos de Apl. (MA)			39,11**					45,09**	
	Níveis de N (NI)			202,02** (7)					222,86**	
	MA x VE			0,74ns					0,83ns (8)	
	NI x VE			2,02ns					2,21* (8)	
DMS (Tukey 5%)	Verânicos			7,10					60,78	
	Modos de Apl.			7,10					60,78	
	Nitrogênio			9,00					77,10	
	MA dentro de VE			1,23					105,27	
	NI dentro de VE			1,56					133,54	
Coef. de Variação (%)				2,45					2,33	

Valores seguidos pela mesma letra não diferem significativamente, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey; letras minúsculas para comparação na vertical e maiúsculas para comparação na horizontal.

(1) NTS = Teor de nitrogênio total no solo; (2) QNTS = Quantidade de nitrogênio total no solo; (3) MA1 = Nitrogênio aplicado 1/3 por ocasião do plantio e os restantes 2/3 aplicados no início do primórdio floral; (4) MA2 = Nitrogênio aplicado totalmente por ocasião do plantio; (5) MA3 = Nitrogênio aplicado totalmente no primórdio floral; (6) ** = Significância ao nível de 1% de probabilidade; (7) ns = Não significativo; (8) * = Significância ao nível de 5% de probabilidade.

TABELA 15 - Médias da porcentagem e da quantidade de nitrogênio no solo proveniente do fertilizante, após a colheita do experimento.

Veranicos (dias)	N S P F (1)					Q N S P F (2)				
	%					mg/vaso				
	Níveis de Nitrogênio (ppm)					Níveis de Nitrogênio (ppm)				
	0	80	160	240	Média	0	80	160	240	Média
0	MA1 (3)	0,00	2,27	3,46	4,27	2,50a	0,00	117,79	196,17	218,05
	MA2 (4)	0,00	1,72	3,09	4,58	2,35a	0,00	97,44	173,65	233,57
	MA3 (5)	0,00	1,68	2,95	4,02	2,16b	0,00	89,74	163,53	201,21
	Média	0,000	1,89C	3,168	4,29Aa	2,34	0,000	101,66C	177,788	217,61Aab
4	MA1	0,00	1,90	3,49	4,07	2,37a	0,00	101,93	202,53	217,99
	MA2	0,00	2,25	3,06	4,32	2,41a	0,00	134,92	171,98	226,27
	MA3	0,00	1,49	3,36	3,72	2,14b	0,00	81,13	190,68	195,82
	Média	0,000	1,88C	3,308	4,04Ab	2,31	0,000	105,99C	188,408	213,36Ab
8	MA1	0,00	2,15	3,43	4,70	2,57a	0,00	116,18	200,38	253,55
	MA2	0,00	1,82	2,97	3,90	2,17b	0,00	109,03	168,34	209,61
	MA3	0,00	1,76	2,88	4,06	2,17b	0,00	98,09	165,20	216,38
	Média	0,000	1,91C	3,098	4,22Ab	2,30	0,000	107,77C	177,978	226,51Aa
Média		0,000	1,89C	3,198	4,18A		0,000	105,14C	181,388	219,16A
Teste F	Veranicos (VE)									
	Modos de Apl. (MA)									
	Níveis de N (NI)									
	MA x VE									
DMS (Tukey 5%)	Veranicos									
	Modos de Apl.									
	Nitrogenio									
	MA dentro de VE									
Coef. de Variação (%)	NI dentro de VE									

Valores seguidos pela mesma letra não diferem significativamente, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey; letras minúsculas para comparação na vertical e maiúsculas para comparação na horizontal.

(1) NSPF = Porcentagem de nitrogênio no solo proveniente do fertilizante; (2) QNSPF = Quantidade de nitrogênio no solo proveniente do fertilizante; (3) MA1 = Nitrogênio aplicado 1/3 por ocasião do plantio e os restantes 2/3 aplicados no início do primórdio floral; (4) MA2 = Nitrogênio aplicado totalmente por ocasião do plantio; (5) MA3 = Nitrogênio aplicado totalmente no início do primórdio floral; (6) ns = Não significativo; (7) ** = Significância ao nível de 1% de probabilidade; (8) * = Significância ao nível de 5% de probabilidade.

TABELA 16 - Balanço do nitrogênio proveniente do fertilizante no sistema solo-planta, no experimento.

Veranicos (dias)	QNPPF (1) (mg/vaso)			QNSPF (2) (mg/vaso)			Total (mg/vaso)			% do N Aplicado		
	Níveis de Nitrogênio (ppm)			Níveis de Nitrogênio (ppm)			Níveis de Nitrogênio (ppm)			Níveis de Nitrogênio (ppm)		
	0	80	160	240	0	80	160	240	0	80	160	240
0												
MA1 (3)	0,00	323,58	664,84	874,63	0,00	117,79	196,17	218,05	0,00	441,37	861,01	1092,68
MA2 (4)	0,00	215,62	391,22	576,73	0,00	97,44	173,65	233,57	0,00	313,06	564,87	810,30
MA3 (5)	0,00	431,40	618,82	888,70	0,00	89,74	163,53	201,21	0,00	521,14	782,35	1089,91
4												
MA1	0,00	299,39	557,38	874,62	0,00	101,93	202,53	217,99	0,00	401,32	759,91	1092,61
MA2	0,00	186,11	364,31	437,41	0,00	134,92	171,98	226,27	0,00	321,03	536,29	663,68
MA3	0,00	375,00	507,22	796,56	0,00	81,13	190,82	195,82	0,00	456,13	697,90	992,38
8												
MA1	0,00	276,24	616,42	851,41	0,00	116,18	200,38	253,55	0,00	392,42	816,80	1104,96
MA2	0,00	185,58	457,26	417,37	0,00	109,03	168,34	209,61	0,00	294,61	625,60	626,98
MA3	0,00	365,84	542,02	791,95	0,00	98,09	165,20	216,38	0,00	463,93	707,22	1008,33

(1) QNPPF = Quantidade de nitrogênio na planta proveniente do fertilizante; (2) QNSPF = Quantidade de nitrogênio no solo proveniente do fertilizante; (3) MA1 = Nitrogênio aplicado 1/3 por ocasião do plantio e os restantes 2/3 aplicados no início do primórdio floral; (4) MA2 = Nitrogênio aplicado totalmente por ocasião do plantio; (5) MA3 = Nitrogênio aplicado totalmente no início do primórdio floral.

5. DISCUSSÃO

5.1. Componentes da produção

Na Tabela 4 são apresentados os resultados dos componentes da produção, obtidos para o cultivar de arroz IAC-47, sujeito a diferentes níveis e modos de aplicação de nitrogênio, e submetido a veranicos de diferentes durações. Pode ser observado que a adição de nitrogênio ao solo afetou significativamente todos os componentes da produção, resultado que está de acordo com diversos pesquisadores (OKAJIMA, 1960; DOGAR, 1976; VON UEXKULL, 1976; MATSUSHIMA, 1965). Os períodos de veranico também afetaram significativamente os componentes, com exceção do número de panículas por vaso, o que era de se esperar, em razão dos veranicos terem sido aplicados quando as panículas já estavam formadas. Para uma melhor visualização, os componentes da produção foram colocados em gráficos (Figuras 3 a 7 em função dos níveis de nitrogênio).

O número de perfilhos por vaso diferiu significativamente com relação aos níveis de nitrogênio. O nível de 240 ppm apresentou o

maior número de perfilhos, ficando o nível zero ppm com o menor. Este resultado era previsível, uma vez que o nitrogênio tem forte efeito no perfilhamento do arroz, como é relatado por VON UEXKULL (1976) e MALAVOLTA (1981). Quanto à interação do nitrogênio dentro do veranico, pode-se observar que só houve resultados diferentes estatisticamente quando a aplicação de nitrogênio foi de 240 ppm, ou seja, para os demais níveis o número de perfilhos não foi alterado em função do déficit hídrico. Neste caso, o maior número de perfilhos foi quando se aplicaram 240 ppm de nitrogênio e as plantas não sofreram supressão de água. Para os níveis de nitrogênio dentro dos veranicos estudados, o maior número de perfilhos por vaso encontra-se no nível de 240 ppm e o menor naquele em que não se aplicou o nutriente, independente dos períodos de veranico.

O número de perfilhos também foi influenciado pelo déficit hídrico e quanto maior a duração do veranico, menor foi o número de perfilhos. Este resultado é semelhante aos obtidos por alguns autores, como INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE (1971), OBERMUELLER e MIKKELSEN (1974), PATRICK Jr. e FONTENOT (1976) que, estudando plantas de arroz submetidas à seca, encontraram diminuição do número de perfilhos em consequência da redução no conteúdo de água no solo.

O modo de aplicação do nitrogênio dentro de cada veranico afetou significativamente o número de perfilhos. Observa-se que para o veranico de zero dias, houve maior número de perfilhos nos modos de aplicação 1 e 3. Já para o veranico de quatro dias de duração, o maior número de perfilhos ocorreu para o modo 3, enquanto que, para o veranico de oito dias de duração, os perfilhos foram em maior número nos modos 1 e 3,

apesar de o modo 2 não diferir estatisticamente do modo 1. Na Figura 3 são correlacionados o número de perfilhos por vaso em função dos níveis de nitrogênio para cada veranico.

O número de panículas por vaso não foi afetado pelo déficit hídrico. Isto deveu-se ao fato de que a supressão de água iniciou-se na fase reprodutiva e, segundo ISHIZUKA (1972), o número de panículas é determinado próximo da época do perfilhamento máximo, antes, portanto, do começo do déficit hídrico. Redução no número de panículas, devido à ocorrência de estresse hídrico, tem sido verificada por vários pesquisadores (PANDE e MITTRA, 1970; INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE, 1971; DEL GIUDICE et alii, 1974; OBERMUELLER e MIKKELSEN, 1974).

Em todos os veranicos, o número de panículas foi maior nos tratamentos com nitrogênio em relação aos sem nitrogênio, independentemente do nível, o mesmo ocorrendo com os níveis do nutriente quando comparados entre si.

Não houve alteração do número de panículas devido aos modos de aplicação do nitrogênio quando as plantas não sofreram deficiência hídrica. Já para o veranico de quatro dias de duração, os modos de aplicação que apresentaram maiores números de panículas foram o 1 e 3, a pesar do modo 2 não diferir do modo 1. No que se refere ao veranico de oito dias de duração, as maiores quantidades de panículas foram encontradas nos modos 1 e 3, porém, o modo 2 não apresentou diferença quando comparado ao modo 3. A Figura 4 mostra a correlação do número de panículas por vaso em função dos níveis de nitrogênio para os veranicos estudados.

Houve uma interação significativa entre os níveis de nitrogênio e a deficiência hídrica, com relação à porcentagem de grãos vazios. O aumento da porcentagem de grãos vazios com o incremento da deficiência hídrica resulta do aumento da esterilidade de flores, provocado pela seca no estágio de meiose ou na antese (O'TOOLE e CHANG, 1979). O aumento de grãos vazios em arroz, como resultado da ocorrência de déficit hídrico, também foi observado por CHAUDHRY e McLEAN (1963), PANDE e SINGH (1970) e STEINMETZ et alii (1979).

A menor porcentagem de grãos vazios em relação aos níveis de nitrogênio foi obtida quando as plantas não receberam adubação nitrogenada e esta porcentagem aumentou com o aumento da taxa de aplicação do fertilizante e do déficit hídrico. Isto está de acordo com VON UEXKULL (1976), quando relata que o excesso de nitrogênio em arroz tende a aumentar o número de grãos estéreis e diminuir o de grãos cheios por panícula.

O modo de aplicação do nitrogênio quando as plantas não sofreram falta de água não modificou a porcentagem de grãos vazios. No entanto, para o veranico de quatro dias de duração, as maiores porcentagens de grãos vazios foram obtidas quando se utilizou os modos 2 e 3, apesar do modo 1 não diferir estatisticamente do modo 2; para o veranico de oito dias de duração, a maior porcentagem de grãos vazios foi apresentada quando se utilizou o fertilizante de forma fracionada. Na Figura 5 são correlacionadas a porcentagem de grãos vazios em função dos níveis de nitrogênio, para cada veranico estudado.

Houve também interação entre os níveis de nitrogênio e a

deficiência hídrica, com relação ao número de grãos cheios por panícula. O aumento do déficit hídrico diminuiu o número de grãos cheios por panícula. Esta redução também foi verificada por DEL GIUDICE et alii (1974) e STONE (1982) e resulta da diminuição do número de grãos por panícula, e do aumento na esterilidade de grãos. A diminuição no número de grãos é devida à redução no número de primórdios que se desenvolvem, pela ocorrência de deficiência hídrica na iniciação da panícula (O'TOOLE e CHANG, 1979). A redução no número de grãos por panícula em decorrência de déficit hídrico tem sido verificada por vários pesquisadores (PANDE e MITTRA, 1970; OBERMUELLER e MIKKELSEN, 1974; CRUZ et alii, 1975; STONE, 1982).

Com relação ao nitrogênio, só houve redução significativa do número de grãos cheios por panícula para os níveis de zero e 240 ppm, ou seja, por falta ou por excesso do fertilizante. Quanto à interação dos níveis dentro dos veranicos, pode-se observar que quando as plantas não sofreram falta de água, o maior número de grãos foi proporcionado pelo nível de 160 ppm e os menores pelos níveis zero e 240 ppm, apesar do nível de 240 ppm ter apresentado quantidade estatisticamente igual ao nível de 80 ppm. Já para os veranicos de quatro e oito dias de duração, o nível de 240 ppm foi o que proporcionou o maior número de grãos por panícula, ficando o menor com o nível de zero ppm. O número de grãos cheios por panícula foi ainda influenciado pelos veranicos no nível de 240 ppm, onde pode-se observar que a maior quantidade de grãos cheios foi obtida no veranico de zero dias.

Os modos de aplicação do nitrogênio dentro de cada veranico modificaram o número de grãos cheios por panícula. Assim, tem-se que

no veranico de zero dias, os maiores números de grãos cheios foram proporcionados pelos modos 1 e 2, apesar do modo 3 não diferir estatisticamente do modo 2. Para o veranico de quatro dias de duração, as maiores quantidades de grãos cheios foram obtidas quando se utilizou os modos de aplicação do nitrogênio 1 e 2 e para o maior veranico, os maiores números de grãos cheios foram obtidos quando se utilizou os modos 2 e 3. A Figura 6 mostra a correlação do número de grãos cheios por panícula, em função dos níveis de nitrogênio, para os três veranicos estudados.

Também com relação ao peso de 100 grãos houve interação entre níveis de nitrogênio e deficiência hídrica. A redução do peso dos grãos aumentou com o incremento da deficiência hídrica. Isto ocorreu provavelmente devido à redução da fotossíntese com o déficit hídrico (KOSLOWSKI, 1964; HARTT, 1967; SINGH e SASAHARA, 1981). De fato, o peso dos grãos é mais afetado pelo déficit hídrico no estágio de enchimento dos grãos (aproximadamente 21 dias após a antese) e, por isso, os veranicos afetaram significativamente o peso dos grãos (O'TOOLE e CHANG, 1979). A redução do peso dos grãos em razão de déficit hídrico foi observada por CRUZ et alii (1975) e DEL GIUDICE et alii (1974).

Os níveis de nitrogênio modificaram o peso dos grãos, tendo-se maior peso de grãos para os tratamentos que não receberam o fertilizante e os menores naqueles que receberam 160 e 240 ppm. Dentro do veranico sem deficiência hídrica não houve mudança no peso dos grãos em função dos diferentes níveis, e para o veranico de quatro dias de duração, o maior peso de grãos foi obtido no nível de zero ppm. Já para o veranico de oito dias, o maior peso de grãos também foi obtido quando não se a-

plicou o nitrogênio e o menor ficou no de 240 ppm. Quanto à interação dos níveis de nitrogênio dentro dos veranicos, observou-se que para o nível de zero ppm, os maiores pesos de grãos foram obtidos nos veranicos de zero e quatro dias de duração e o menor no veranico de oito dias, apesar deste não diferir significativamente do obtido no veranico de quatro dias. Para os outros níveis, os resultados foram semelhantes, ou seja, os maiores pesos de grãos foram obtidos quando as plantas não sofreram falta de água e os menores pesos ocorreram quando a falta foi maior.

A interação entre modos de aplicação e duração de veranicos não modificou o comportamento do peso dos grãos. Na Figura 7 são correlacionados o peso de 100 grãos em função dos níveis de nitrogênio aplicado para os três veranicos.

5.2. Altura e ciclo

Na Tabela 5 são apresentados os resultados da altura de planta e da duração do ciclo, obtidos para o cultivar de arroz IAC-47, sujeito a diferentes níveis e modos de aplicação de nitrogênio, e submetido a veranicos de diferentes durações.

A altura da planta foi reduzida com a deficiência hídrica. Esta redução pode ter ocorrido devido à diminuição da turgescência das células, a qual provoca uma redução da expansão celular, o que, por sua vez, reduz o alongamento do colmo e da folha (SLATYER, 1967; HSIAO, 1973; KRAMER, 1974). Além disso, segundo KRAMER (1974), o déficit hídrico reduz o abastecimento de substâncias reguladoras do crescimento que as raízes

fornecem ao caule, o que, aliado à síntese reduzida destas substâncias durante a deficiência hídrica, talvez seja um fator importante na redução do crescimento observado em plantas submetidas à seca. A redução da altura de plantas de arroz, devida à ocorrência de déficit hídrico, também é relatada por DE DATTA et alii (1975), SHIGA (1975) e YOSHIDA (1975).

A altura da planta também é influenciada pelo nível do nitrogênio, observando-se que as maiores alturas foram obtidas quando se utilizou os níveis de 80 e 160 ppm e a menor quando as plantas não receberam adição do fertilizante nitrogenado. Esta influência é relatada também por FAGERIA e WILCOX (1977), quando afirmam ser o nitrogênio um dos nutrientes mais importantes para o crescimento de plantas de arroz. Para todos os níveis de nitrogênio, dentro dos veranicos, pode ser observado que sempre as menores alturas de plantas foram obtidas quando o solo não recebeu adição de nitrogênio e para o veranico de oito dias de duração, as maiores alturas foram obtidas nos níveis de 80 e 160 ppm, apesar de não ter sido encontrada diferença significativa para as alturas médias das plantas quando foram comparados os níveis de 160 e 240 ppm

A altura da planta não foi modificada quando se utilizou diferentes modos de aplicação do nitrogênio nos veranicos de menor e maior duração. Entretanto, para o veranico de quatro dias, o modo de aplicação do fertilizante nitrogenado que proporcionou maior altura de planta foi quando se fracionou o adubo, ou seja, o modo 1 de aplicação.

Houve uma interação significativa entre os níveis de nitrogênio e a deficiência hídrica, com relação à duração do ciclo da cultura. Com o incremento dos veranicos, a duração do ciclo das plantas au

mentou e, de acordo com SENEWIRATNE e MIKKELSEN (1961), o déficit hídrico provoca um atraso no alongamento dos entrenós, devido a uma menor taxa de alongamento do colmo. Isto retarda a emissão das panículas que, às vezes, nem saem para fora da bainha das folhas e o resultado é a floração atrasada, aumentando a duração do ciclo. Resultados deste tipo também foram relatados por MAJUMBER e PRAMANIK (1979).

A duração do ciclo foi modificada pelos níveis de nitrogênio, apresentando um decréscimo com o aumento dos níveis do fertilizante nitrogenado. Para todos os níveis de nitrogênio dentro dos veranicos, a duração do ciclo aumentou à medida que cresceram os níveis deste nutriente. No entanto, para os níveis do nitrogênio dentro de diferentes veranicos, pode-se observar um crescimento da duração do ciclo em função do incremento do déficit hídrico.

Os modos de aplicação do nitrogênio dentro de cada veranico estudado modificaram significativamente a duração do ciclo das plantas. Assim, tem-se para o veranico de zero dias as maiores durações de ciclo nos modos 2 e 3, apesar do modo 1 não diferir estatisticamente do modo 2. Nos veranicos de quatro e 8 dias de duração, o comportamento dos modos de aplicação do fertilizante nitrogenado foram semelhantes, tendo-se obtido maior duração do ciclo no modo de aplicação 3, ficando o modo 1 com a menor duração de ciclo.

5.3. Produção de grãos

Na Tabela 6 são apresentados os resultados da produção de grãos obtidos para o cultivar de arroz IAC-47, sujeito a diferentes níveis e modos de aplicação do nitrogênio, e submetido a veranicos de diferentes durações. Também podem ser vistas as produções relativas em cada nível de nitrogênio nos diferentes veranicos estudados. Para uma melhor visualização, a produção de grãos em função dos níveis de nitrogênio, para os diferentes veranicos, foi representada graficamente na Figura 8.

Houve uma interação significativa entre os níveis de nitrogênio e os veranicos, com relação à produção de grãos, o que era de se esperar, já que os componentes da produção foram afetados por estes fatores. A redução na produção de grãos, observada com o incremento dos veranicos, também tem sido relatada por diversos pesquisadores (HERNANDEZ, 1969; TSUTSUI, 1972; CHEANEY, 1973; DAKER, 1973; OBERMUELLER e MIKKELSEN, 1974; DEL GIUDICE et alii, 1974; YOSHIDA, 1975; O'TOOLE e CHANG, 1979; STONE et alii, 1979). As causas da redução na produção de grãos são os efeitos adversos da deficiência hídrica sobre os componentes da produção, como já foi discutido.

Os níveis de nitrogênio também modificaram as produções de grãos. Assim, tem-se que para os tratamentos que não foram fertilizados com o adubo nitrogenado, as produções de grãos foram sempre menores, enquanto que para o nível de 80 ppm foram obtidas as maiores produções. A seguir, ocorreu uma queda desta produção com o incremento dos níveis de nitrogênio. Dentro do veranico onde não houve supressão de água, os ní-

veis de nitrogênio que proporcionaram maiores produções de grãos foram os de 80 e 160 ppm, ficando a menor produção com os tratamentos que não receberam o nutriente. Para o veranico de quatro dias de duração a menor produção de grãos foi obtida, também, nos tratamentos que não receberam nitrogênio e a maior naqueles que receberam 80 ppm do fertilizante, seguindo-se uma queda de produção com o aumento dos níveis do elemento. Já para o veranico de oito dias de duração, a maior produção de grãos foi proporcionada no nível de 80 ppm e as menores nos níveis de 160 e 240 ppm. O comportamento da produção de grãos para os diferentes níveis de nitrogênio dentro dos veranicos foi semelhante para todos aqueles tratamentos que receberam o fertilizante, isto é, a produção de grãos caiu dentro do menor nível com o incremento de veranicos; entretanto, para o nível de aplicação zero, as produções caíram igualmente para os veranicos de quatro e oito dias.

Os modos de aplicação do nitrogênio dentro dos veranicos foram modificadores das produções de grãos apenas para os veranicos de zero e quatro dias de duração. Para o veranico de zero dias, a maior produção de grãos foi obtida no modo de aplicação fracionado, ficando a menor com o modo 3; já para o veranico de quatro dias de duração, a maior produção foi obtida quando se utilizou o modo de aplicação fracionado, ficando os outros dois modos com a responsabilidade de terem proporcionado as menores produções de grãos.

A produção relativa do cultivar de arroz IAC-47, nos quatro níveis de nitrogênio, são apresentadas em função das durações dos veranicos (Tabela 6), onde se verifica que o nível de nitrogênio de zero

ppm é o que proporciona maior estabilidade de produção e o nível de 240 ppm a menor estabilidade, quando o arroz foi submetido à deficiência hídrica. Observa-se ainda que o pico correspondente à máxima produção de grãos foi obtido no nível de 80 ppm; quando se considera o conjunto dos tratamentos em função dos níveis de nitrogênio, independente de veranicos. As produções relativas deste cultivar foram consideradas como 100% para aquelas obtidas em ausência da supressão de água e em cada nível de nitrogênio aplicado. A redução na produção deveu-se ao fato de que os períodos de deficiência hídrica afetaram negativamente os componentes da produção, como já foi discutido. STEINMETZ et alii (1979) também verificaram queda na produção dos grãos de arroz devido à ocorrência de veranicos.

O período de veranico de quatro dias de duração reduziu a produção de grãos em cerca de 21, 25, 37 e 42%, para os quatro níveis de nitrogênio estudados, ou seja, 0, 80, 160 e 240 ppm, respectivamente. Entretanto, o veranico de oito dias de duração reduziu a produção de grãos em cerca de 24, 57, 75 e 76%. Convém salientar que períodos de quatro e oito dias de veranico, em casa de vegetação (Figura 1) fizeram com que o consumo de água fosse muito elevado, porque, segundo BROWN (1969), 1000 mm de precipitação bem distribuídos são adequados para o cultivo do arroz de sequeiro na América Latina, e este grande consumo observado no experimento veio acentuar a deficiência hídrica. De fato, STEINMETZ et alii (1979) observaram reduções na produção deste cultivar, em condições de campo, de 62 e 68%, para maiores períodos de veranicos, 10 e 15 dias, respectivamente.

5.4. Produção de matéria seca

Na Tabela 7 são apresentados os resultados da produção de matéria seca, obtidos para o cultivar de arroz IAC-47, sujeito a diferentes níveis e modos de aplicação de nitrogênio, e submetido a veranicos de diferentes durações. Pode ser observado que, tanto a adição de nitrogênio como os veranicos afetaram significativamente o rendimento de matéria seca das diferentes partes da planta.

O aumento do peso das raízes em função do estresse hídrico, observado no experimento, deveu-se à penetração do sistema radicular da planta em camadas mais profundas, devido à deficiência hídrica (REHATTA et alii, 1979). De fato, apesar do experimento ter sido conduzido em vasos, houve diferença do peso de raízes entre os veranicos. Isto ocorreu porque a profundidade do solo nos vasos era igual a 0,20 m, e a maioria das raízes do arroz são confinadas à superfície do solo. A distribuição de raízes de arroz, além de 0,20 m abaixo da superfície do solo, é negligível (GERMEK et alii, 1950; KRUPP et alii, 1972). O aumento do peso da matéria seca das raízes com a ocorrência de déficit hídrico também foi observado por diversos pesquisadores (DOSS et alii, 1960; BENNETT e DOSS, 1960; CLEMENTS, 1964; CHANG et alii, 1972; HSIAO e ACEVEDO, 1974; BANBA e OHKUBO, 1981). De acordo com TURNER (1979), um aumento no peso seco das raízes pode indicar uma maior densidade de raízes ou uma maior profundidade, porém, ambas as adaptações morfológicas são capazes de proporcionar uma maior extração de água do solo. Já, para MENGEL e BARBER (1974) e PEARSON (1974), raízes mais densas ou mais profundas também são capazes de uma maior absorção de minerais.

Os aumentos de rendimento de matéria seca das raízes, com o incremento de níveis de nitrogênio, para todos os veranicos estudados, e também no geral de nitrogênio, deveu-se, provavelmente, à proliferação do sistema radicular em função do conteúdo do nitrogênio na base do colmo ter sido suficiente para a formação de novas raízes ou a alongação das já existentes, como relatado por OKAJIMA(1960). O peso de raízes foi, ainda, afetada pelos veranicos nos níveis de 160 e 240 ppm. Isto é, para os veranicos de quatro e oito dias de duração, obteve-se os maiores pesos de raízes.

Os modos de aplicação do nitrogênio dentro dos veranicos de zero e oito dias de duração apresentaram resultados semelhantes em relação ao peso das raízes, assim sendo, pode-se observar que maiores pesos de raízes foram obtidos quando se utilizou o modo de aplicação fracionado. Já para o veranico de quatro dias de duração, obteve-se maior peso de raízes, também quando se utilizou o modo de aplicação fracionado, ficando para o modo 2 o menor rendimento de raízes.

A deficiência hídrica reduziu a matéria seca da parte aérea. Esta redução foi devida, principalmente, à menor alturas das plantas quando sofreram déficit hídrico. Resultados semelhantes foram obtidos por ENYI (1968), HALM (1967), DE DATTA et alii (1975), SHIGA (1975) e PATRICK Jr. e FONTENOT (1976), que também verificaram uma redução no rendimento de matéria seca em arroz com a ocorrência de estresse hídrico.

O aumento do peso da parte aérea com o incremento de níveis de nitrogênio para todos os veranicos estudados e também de maneira geral quando se analisa apenas os níveis independentes dos veranicos, de

veu-se, em parte, ao incremento no peso da palha e também às modificações na altura da planta. O peso da parte aérea foi afetado igualmente pelos veranicos em todos os tratamentos que receberam adição do fertilizante ni trogenado, sendo obtido maior rendimento da parte aérea para o veranico sem estresse hídrico e menores rendimentos nos veranicos de quatro e oito dias de duração.

Os modos de aplicação do nitrogênio dentro dos veranicos de zero e quatro dias de duração apresentaram resultados semelhantes em relação ao peso da parte aérea. Assim sendo, pode-se observar um maior rendimento da parte aérea das plantas quando se utilizou o modo de aplicação do nitrogênio de maneira fracionada, não havendo, no entanto, diferenças significativas para os outros dois modos de aplicação. Já, para o veranico de maior duração, obteve-se o maior peso da parte aérea quando se utilizou o modo de aplicação fracionado, ficando o modo 2 com o menor rendimento da parte aérea.

Houve também uma redução da parte aérea total das plantas quando submetidas à deficiência hídrica e quanto maior o estresse hídrico, maior a redução da parte aérea. Esta redução foi devida ao decréscimo na produção de grãos e no peso da palha. SLATYER (1967) e KRAMER (1974) também relatam decréscimos na produção total de matéria seca da parte aérea com a ocorrência de deficiência hídrica.

O aumento do rendimento da parte aérea total quando se adicionou o fertilizante nitrogenado foi semelhante nos veranicos de quatro e oito dias de duração, bem como no total do nutriente para todos os níveis estudados, desde 80 até 240 ppm, onde obteve-se os maiores rendi-

mentos da parte aérea das plantas. Porém, quando as plantas não sofreram estresse hídrico, os maiores pesos de parte aérea foram obtidos para os níveis de 160 e 240 ppm, ficando o menor rendimento para o nível de zero ppm. O peso da parte aérea foi ainda afetado igualmente pelos veranicos em todos os níveis do fertilizante, isto é, houve uma redução de rendimento da parte aérea com o incremento dos veranicos.

Os modos de aplicação do nitrogênio dentro dos veranicos de quatro e oito dias de duração apresentaram resultados semelhantes em relação ao peso da parte aérea total. Assim sendo, pode-se observar um maior rendimento da parte aérea total das plantas quando se utilizou o modo de aplicação fracionado, não havendo diferença significativa entre os outros dois modos de aplicação. Já para o veranico de zero dias, o maior peso da parte aérea total também foi obtido quando se utilizou o nitrogênio de modo fracionado, porém, os outros dois modos de aplicação foram diferentes, ficando o modo de aplicação 3 com o menor rendimento de matéria seca da parte aérea total.

O rendimento total de matéria seca também foi reduzido com o aumento dos veranicos. Resultados semelhantes foram obtidos por STONE (1982).

Os níveis de nitrogênio foram também modificadores do peso total da matéria seca das plantas, tendo-se, então, maior peso para os tratamentos que receberam uma adição de 240 ppm de nitrogênio e o menor rendimento de matéria seca naqueles que não receberam a adição do fertilizante nitrogenado. Dentro do veranico de quatro dias de duração, o menor peso de matéria seca foi apresentado quando não se fertilizou o solo

e os maiores rendimentos de matéria seca nos outros níveis de nitrogênio que não diferiram estatisticamente entre si. Para os tratamentos sem déficit hídrico, os maiores pesos de matéria seca foram obtidos quando se aplicou 160 e 240 ppm de nitrogênio, ficando o menor rendimento de matéria seca com o nível zero. Para o maior veranico, o peso total de matéria seca foi maior quando se adicionou 240 ppm de nitrogênio e o menor rendimento no nível de zero ppm, apesar do nível de 80 ppm não apresentar um rendimento de matéria seca diferente dos níveis de 160 e 240 ppm de nitrogênio. Quanto à interação dos níveis de nitrogênio dentro dos veranicos, observou-se um comportamento semelhante para todos os níveis estudados e foram obtidos os maiores rendimentos de matéria seca sempre no veranico de zero dias e o menor ficando para o veranico de oito dias de duração.

Os modos de aplicação do nitrogênio dentro dos veranicos de quatro e oito dias de duração apresentaram resultados semelhantes em relação ao peso total da matéria seca; assim sendo, pode-se observar um peso maior de matéria seca quando se utilizou o modo de aplicação do nitrogênio de modo fracionado, não havendo diferença significativa entre os outros dois modos de aplicação entre si. Já, para o veranico de zero dias, o maior peso de matéria seca também foi obtido quando se utilizou o modo fracionado, porém, os outros dois modos de aplicação do nitrogênio diferiram entre si, ficando o modo 3 com o menor rendimento total de matéria seca.

5.5. Índice de colheita e relação raiz/colmo

Na Tabela 8 são apresentados os resultados do índice de colheita e a relação raiz/colmo, obtidos para o cultivar de arroz IAC-47, sujeito a diferentes níveis e modos de aplicação de nitrogênio, e submetido a veranicos de diferentes durações.

A deficiência hídrica reduziu o índice de colheita e quanto maior esta deficiência, maior redução. Resultados semelhantes foram relatados por ENYI (1968), CHANG e VERGARA (1975) e YOSHIDA (1975), que observaram redução no índice de colheita de cultivares de arroz submetidos a déficit hídrico. Isto ocorre porque o estresse hídrico reduz proporcionalmente mais a produção de grãos do que o rendimento de matéria seca da palha. Pesquisadores do International Rice Research Institute também observaram este procedimento nas plantas de arroz e consideraram o índice de colheita como um bom índice de avaliação do estresse hídrico (INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE, 1976).

Houve também uma redução do índice de colheita com o incremento dos níveis de nitrogênio. Dentro dos veranicos de zero e oito dias de duração, os menores índices de colheita foram obtidos quando se utilizou o nível de 240 ppm de nitrogênio, não havendo, no entanto, diferenças para os outros níveis de fertilizante. No entanto, para o veranico de maior duração, o maior índice de colheita foi obtido quando não se aplicou nitrogênio, e os menores índices foram proporcionados pelos níveis de 160 e 240 ppm do nutriente. Já, para a interação dos níveis de nitrogênio dentro dos veranicos, o comportamento do índice de colheita

foi semelhante, isto é, o maior índice no menor veranico, ficando o menor com o veranico de maior duração.

Os modos de aplicação do nitrogênio dentro de cada veranico foram significativamente modificadores do índice de colheita. Para o veranico sem supressão de água, os maiores índices de colheita foram obtidos quando se utilizou as adubações em doses únicas, apesar do modo de aplicação fracionado não diferir significativamente dos outros dois modos, mesmo sendo apresentadora de menor índice de colheita. Para o veranico de quatro dias de duração, os maiores índices de colheita foram obtidos pelos modos de aplicação 1 e 2. Entretanto, para o veranico de oito dias de duração, os modos 2 e 3 foram os que proporcionaram maiores índices de colheita.

A relação raiz/colmo cresceu com o aumento da duração do veranico. O aumento desta relação devido ao estresse hídrico foi também observado por vários pesquisadores (DAVIDSON, 1969; HOFFMAN et alii, 1971; LARCHER, 1975; PARICHA e SAHOO, 1975; BEGG e TURNER, 1976; BANBA e OHKUBO, 1981). De acordo com TURNER (1979), isto geralmente acontece devido a um maior decréscimo no crescimento da parte aérea em relação ao crescimento das raízes. Mas também tem sido observado um aumento absoluto no crescimento radicular em condições de estresse hídrico. Neste experimento, o aumento na relação raiz/colmo deveu-se ao somatório dos dois fatores, decréscimo no peso seco dos colmos e aumento no peso das raízes.

Os níveis de nitrogênio modificaram a relação raiz/colmo, obtendo-se, então, maior relação para os tratamentos que não receberam o fertilizante nitrogenado e ficando a menor relação para os tratamentos

que receberam 80 ppm de nitrogênio, seguidos daqueles que receberam 160 ppm e, depois, pelos que receberam 240 ppm. Quanto à interação dos níveis de nitrogênio dentro dos veranicos, observou-se que no veranico de zero dias, a maior relação raiz/colmo foi obtida quando não se fertilizou com adubo nitrogenado, ficando o nível de 80 ppm de nitrogênio com a menor, apesar do nível de 160 ppm não ter apresentado diferença significativa quando comparado aos níveis de 80 e 240 ppm. Para o veranico de quatro dias de duração, a maior relação raiz/colmo foi obtida quando não se adicionou o fertilizante e as menores relações quando foram utilizados 80 e 160 ppm de nitrogênio. Já para o veranico de oito dias de duração, a maior relação raiz/colmo foi obtida também quando não se adicionou o fertilizante e a menor relação ficou para o nível de 80 ppm, enquanto que os outros dois níveis proporcionaram uma relação raiz/colmo intermediária.

Os modos de aplicação do nitrogênio dentro dos veranicos de quatro e oito dias de duração não apresentaram modificações na relação raiz/colmo. Entretanto, para aqueles tratamentos que não sofreram estresse hídrico, a relação raiz/colmo foi maior quando se utilizou a aplicação do fertilizante de maneira fracionada.

5.6. Nitrogênio na planta

5.6.1. Teor de nitrogênio na planta

Na Tabela 9 são apresentados os resultados dos teores de nitrogênio total em diversas partes da planta e na planta inteira, obtidos para o cultivar de arroz IAC-47, sujeito a diferentes níveis e modos de

aplicação de nitrogênio e submetido a veranicos de diferentes durações.

Pode ser observado que o teor de nitrogênio aumentou com o incremento da deficiência hídrica em todas as partes da planta e na planta inteira. De acordo com VIETS Jr. (1972), isto deve-se a uma maior redução na taxa de crescimento em relação à taxa de absorção, quando as plantas são submetidas à estresse hídrico. De fato, a deficiência hídrica afetou mais negativamente o crescimento do que a absorção do fertilizante nitrogenado, o que é concordante, também, com HSIAO (1973), quando afirma ser o crescimento da planta o processo mais sensível ao déficit hídrico. A redução na altura das plantas, no peso de grãos e no rendimento da matéria seca da parte aérea quando as plantas foram submetidas à deficiência hídrica, mostram a redução no crescimento. No entanto, como o déficit hídrico aumentou o rendimento da matéria seca das raízes, em razão de uma maior densidade e/ou uma maior profundidade, esta parte da planta proporcionou um aumento do teor de nitrogênio com o aumento do estresse hídrico menor que as outras partes da planta.

A elevação do teor de nitrogênio com o aumento da deficiência hídrica é concordante com resultados obtidos por vários pesquisadores (RICHARDS e WADLEIGH, 1952; KOZLOWSKI, 1964; CHEN et alii, 1964; HALM, 1967; NAYLOR, 1972; SHIGA, 1975). Porém, é discordante a resultados obtidos por DE DATTA et alii (1975) e ENYI (1968) que relatam uma diminuição do teor de nitrogênio em plantas de arroz quando estas são submetidas a déficit hídrico. É provável que os resultados obtidos por estes dois últimos pesquisadores tenham como explicação a aplicação de estresse hídrico suave, ao invés de déficit hídrico severo.

Comparando-se os teores de nitrogênio nas diferentes partes da planta, observa-se que ele foi maior nos grãos cheios, o que concorda com os encontrados por GARGANTINI e BLANCO (1965), FURLARI et alii (1977) e SILVA et alii (1981). Entretanto, este resultado não é concordante com o obtido por MEDEIROS (1980), que encontrou um maior conteúdo de nitrogênio nas folhas de plantas de arroz, porém, os dados deste autor foram obtidos em cultivo em solução nutritiva, o que pode ser a causa desta diferença.

O teor de nitrogênio nas partes da planta e na planta inteira em função dos níveis de nitrogênio, aumentou com o incremento dos níveis do nutriente nitrogenado, tanto no total quanto na interação dos níveis do fertilizante dentro dos veranicos. Assim, pode-se observar que para qualquer parte da planta e para a planta inteira, o maior conteúdo foi proporcionado quando se aplicou 240 ppm de nitrogênio no solo, independente da duração do veranico, ficando o menor teor para aqueles tratamentos que não receberam fertilização nitrogenada. Este resultado era previsível, uma vez que ao se aumentar a disponibilidade de um nutriente no solo, as plantas têm a possibilidade de absorvê-lo em maior quantidade e, conseqüentemente, apresentarem um maior conteúdo naqueles tratamentos que receberam um maior nível do elemento mineral.

Os modos de aplicação do nitrogênio dentro de cada veranico foram significativamente modificadores do teor de nitrogênio nas diversas partes da planta e na planta inteira. Com exceção das raízes, as outras partes da planta e a planta inteira apresentaram resultados semelhantes estatisticamente. Assim, tem-se para todos os tratamentos o mai-

or conteúdo de nitrogênio, proporcionado quando se aplicou o fertilizante nitrogenado totalmente no início do primórdio floral, ficando com o modo de aplicação do nitrogênio totalmente por ocasião do plantio o menor conteúdo de nitrogênio. Entretanto, para as raízes, o teor de nitrogênio não foi modificado pelos diferentes modos de aplicação do nutriente quando a duração do veranico foi de quatro dias de duração. Já, para os tratamentos que não sofreram supressão da irrigação, os maiores conteúdos de nitrogênio foram proporcionados pelos modos 1 e 3, apesar de que o modo 2 não diferiu significativamente do modo 1. Para o veranico de maior período de duração, o teor de nitrogênio mais elevado foi proporcionado pelo modo 3 de aplicação, ficando por conta dos modos 1 e 2 os menores conteúdos de nitrogênio apresentados pelas raízes.

5.6.2. Absorção de nitrogênio pela planta

Na Tabela 10 são apresentados os resultados das quantidades de nitrogênio absorvidas pelas diversas partes da planta e pela planta inteira, obtidos para o cultivar de arroz IAC-47, sujeito a diferentes níveis e modos de aplicação de nitrogênio e submetido a veranicos de diferentes durações.

A quantidade de nitrogênio absorvida pela planta como um todo ou por suas partes é função do teor de nitrogênio nela contido e do seu rendimento de matéria seca. O aumento em um destes fatores implica em aumento na quantidade de nitrogênio absorvida, desde que o outro fator permaneça constante. O déficit hídrico afeta estes fatores de modo

geral aumentando o teor de nitrogênio e reduzindo o rendimento de matéria seca, a não ser no caso das raízes, em que ele geralmente aumenta o rendimento de matéria seca. Assim, às vezes, a quantidade de nitrogênio absorvida não é modificada pelo déficit hídrico, em razão de uma compensação do aumento no teor de nitrogênio pela redução do rendimento de matéria seca.

A quantidade de nitrogênio absorvida pelas raízes foi maior nos tratamentos que sofreram deficiência hídrica do que naqueles que não sofreram supressão da irrigação. A quantidade de nitrogênio absorvida por esta parte da planta está relacionada diretamente com o rendimento de matéria seca, já que este foi maior com deficiência hídrica, e a quantidade de nitrogênio também o foi.

A quantidade de nitrogênio absorvida pela parte aérea das plantas também foi maior nos tratamentos que sofreram déficit hídrico de forma mais severa, ficando a menor quantidade de absorção com os tratamentos que não sofreram supressão de água. Nesta parte da planta, ao contrário do que ocorreu nas raízes, a absorção está relacionada principalmente com o teor de nitrogênio, uma vez que seu rendimento de matéria seca foi maior nos tratamentos que não sofreram deficiência hídrica.

A quantidade de nitrogênio absorvida pelos grãos cheios diminuiu à medida que aumentou o período de estresse hídrico. Isto ocorreu, apesar do aumento no teor de nitrogênio, devido à redução na produção de grãos provocada pelo incremento do déficit hídrico.

A quantidade de nitrogênio absorvida pela planta inteira

foi maior nos tratamentos que não sofreram seca. Isto mostra que a maior quantidade de nitrogênio absorvida pelos grãos cheios, nos tratamentos sem déficit hídrico, foi a principal responsável por este resultado, pois de maneira geral, para as raízes e a parte aérea, a quantidade absorvida foi maior nos tratamentos que sofreram deficiência hídrica.

A redução na absorção de nitrogênio em partes da planta, em consequência do déficit hídrico, é relatada também por vários autores (STORRIER, 1965; GREENWAY e KLEPPER, 1969; TISDALE e NELSON, 1975) e, especificamente, em arroz, por HALM (1967) e REHATTA et alii (1979). Segundo BARBER et alii (1963) e MALAVOLTA (1980), o fluxo de massa é o responsável pela maioria do transporte de nitrogênio para as raízes. Assim, o aumento da deficiência hídrica reduz a absorção de nitrogênio por diminuir a taxa de absorção de água. Com a deficiência hídrica reduzindo o rendimento total de matéria seca e a quantidade de nitrogênio absorvida pela planta, diminui, conseqüentemente, a disponibilidade deste nutriente para as plantas (VIETS Jr., 1972).

Comparando-se as quantidades de nitrogênio absorvidas pelas partes da planta e pela planta inteira em relação aos níveis do fertilizante nitrogenado que foram aplicados, pode-se observar que a quantidade absorvida aumenta com o incremento de nitrogênio aplicado para todos os veranicos estudados, bem como quando se considera o somatório do nitrogênio total dentro dos diferentes níveis.

A distribuição na planta do nitrogênio absorvido variou com o déficit hídrico. As maiores proporções do nitrogênio absorvida ficaram nos grãos cheios, independente do nível do fertilizante nitrogena-

do que tenha sido aplicado e da duração do período de veranico. Considerando os tratamentos que não sofreram déficit hídrico, para poder-se com
parar com outros dados da literatura, verifica-se que a quantidade média de nitrogênio nos grãos foi igual a 52,12% do total absorvido pela planta, o que está de acordo com o observado por CHIU et alii (1963) e FURLA RI et alii (1977).

Os modos de aplicação do nitrogênio dentro de cada veranico modificaram significativamente a quantidade de nitrogênio absorvida pelas partes da planta e pela planta inteira. As raízes apresentaram maior quantidade do nitrogênio absorvida quando se utilizou o modo de aplicação do fertilizante nitrogenado de maneira fracionada, ficando a maneira de aplicação do nitrogênio totalmente por ocasião do plantio como responsável pela menor quantidade em todos os períodos de duração de veranicos. Já, para a parte aérea, quando a duração do veranico foi a mais prolongada, o comportamento da quantidade de nitrogênio absorvida foi semelhante à verificada nas raízes, porém, para o veranico de zero dias, o modo de aplicação de nitrogênio que proporcionou uma maior absorção foi aquele em que se utilizou o fertilizante totalmente no início do primórdio floral, enquanto que para o veranico de quatro dias de duração, as maiores quantidades absorvidas foram proporcionadas pelos modos 1 e 3. Para os grãos cheios, quando a duração dos veranicos foram de zero e quatro dias, o comportamento da quantidade de nitrogênio absorvida também foi semelhante às obtidas nas raízes, mas, quando o veranico foi o de maior duração, a melhor maneira de aplicação do nitrogênio para proporcionar uma maior quantidade do nutriente absorvido pelos grãos foi aquela em que se aplicou o fertilizante nitrogenado totalmente no início

do primórdio floral. Ao se observar a planta inteira, quando ela foi submetida à deficiência hídrica, verifica-se que o comportamento da quantidade de nitrogênio absorvida também assemelhou-se ao das raízes, entretanto, para os tratamentos que não sofreram déficit hídrico, os modos 1 e 2 de aplicação do nitrogênio foram os que proporcionaram maiores quantidades de nitrogênio à planta.

5.6.3. Porcentagem de nitrogênio na planta proveniente do fertilizante

As porcentagens médias do nitrogênio proveniente do fertilizante, em três partes da planta e na planta inteira, nos diferentes tratamentos, são apresentadas na Tabela 11.

Observa-se que as porcentagens de nitrogênio proveniente do fertilizante foram sempre menores nas raízes. A alta mobilidade e dinâmica dos compostos nitrogenados dentro da planta é a causa da pequena variação na composição isotópica do nitrogênio nas diferentes partes da planta. De fato, o conteúdo de proteínas na planta que é resultado de síntese e degradação contínuas, dando como produto final da sua degradação, os aminoácidos, são rapidamente redistribuídas, razão desta alta mobilidade. Além disso, existem outras formas de nitrogênio na planta que trocam continuamente com o nitrogênio no floema (HILL, 1980).

Em todas as partes da planta e na planta inteira, com exceção das raízes, a porcentagem de nitrogênio proveniente do fertilizante

te foi maior nos tratamentos que foram submetidos à deficiência hídrica. Isto pode ter sido causado por uma menor disponibilidade do nitrogênio nativo do solo nestes tratamentos, em relação aos tratamentos que não sofreram seca. Segundo TISDALE e NELSON (1975), a liberação do nitrogênio da matéria orgânica é lenta em condições de estresse hídrico. Outros pesquisadores relatam que a amonificação da matéria orgânica e a nitrificação decrescem proporcionalmente ao decréscimo do conteúdo de água do solo (ROBINSON, 1957; MILLER e JOHNSON, 1964; REICHMAN et alii, 1966).

As porcentagens do nitrogênio nas partes da planta e na planta inteira aumentaram significativamente com o incremento dos níveis de nitrogênio em todos os períodos de veranico utilizados. Já, para a interação dos veranicos dentro dos níveis de nitrogênio, pode-se observar maiores porcentagens do nutriente para todas as partes da planta e para a planta inteira, com exceção das raízes, com o incremento do déficit hídrico. Entretanto, para as raízes, quando se utilizou 80 e 160 ppm do nitrogênio, a tendência nestes casos foi de menor porcentagem de nitrogênio nos tratamentos que não sofreram deficiência hídrica, enquanto que para os outros níveis de aplicação do nutriente, não houve diferenças significativas para a porcentagem de nitrogênio proveniente do fertilizante nesta parte da planta.

Os modos de aplicação do nitrogênio dentro dos veranicos para todas as partes da planta e para a planta inteira tiveram comportamento semelhantes, com exceção das raízes. Isto é, o modo de aplicação do nitrogênio que proporcionou uma maior porcentagem do nitrogênio proveniente do fertilizante foi aquele em que se aplicou o adubo nitrogenado

totalmente no início do primórdio floral, ficando a menor porcentagem para aqueles tratamentos em que se aplicou o adubo totalmente por ocasião do plantio. Já, para as raízes, em todos os períodos de veranico, foram observadas maiores porcentagens do nitrogênio proveniente do fertilizante quando se aplicou o adubo nitrogenado de maneira fracionada, ficando as menores porcentagens para os tratamentos que receberam o nitrogênio totalmente por ocasião do plantio.

5.6.4. Quantidade de nitrogênio na planta proveniente do fertilizante

Na Tabela 12 são apresentados os resultados das quantidades de nitrogênio em três partes da planta e na planta inteira, obtidos para o cultivar de arroz IAC-47, sujeito a diferentes níveis e modos de aplicação de nitrogênio, e submetido a veranicos de diferentes durações.

Considerando que as porcentagens de nitrogênio proveniente do fertilizante foram parecidas para os tratamentos nas diversas partes da planta, os efeitos dos tratamentos sobre a quantidade de nitrogênio proveniente do fertilizante também foram semelhantes aos seus efeitos sobre a quantidade total de nitrogênio absorvida nas diferentes partes da planta e na planta inteira. Desta maneira, as diferenças entre tratamentos foram causadas pelos motivos já descritos no item 5.6.2.

A distribuição do nitrogênio proveniente do fertilizante nas diversas partes da planta e na planta inteira, diferiu da observada

com relação ao nitrogênio total, devido à porcentagem de nitrogênio proveniente do fertilizante ter sido mais baixa nas raízes em relação às outras partes da planta. Assim, a proporção do nitrogênio proveniente do fertilizante que ficou nas raízes diminuiu e aumentou na parte aérea e grãos cheios, em relação à proporção observada com o nitrogênio total.

Os modos de aplicação do nitrogênio dentro de cada veranico também foram semelhantes aos observados para a quantidade de nitrogênio absorvida pela planta, com exceção da parte aérea, quando sofreu um veranico de quatro dias de duração, pois, neste caso, o modo de aplicação do nitrogênio que proporcionou uma maior quantidade de nitrogênio absorvida foi aquele em que se utilizou o adubo nitrogenado totalmente no início do primórdio floral, ficando a menor quantidade para aqueles tratamentos nos quais se aplicou o nitrogênio totalmente por ocasião do plântio do arroz.

5.6.5. Eficiência de utilização do fertilizante nitrogenado.

Na Tabela 13 são apresentados os resultados da eficiência de utilização do fertilizante nitrogenado pelos grãos e pela planta inteira, obtidos para o cultivar de arroz IAC-47, sujeito a diferentes níveis e modos de aplicação de nitrogênio e submetido a veranicos de diferentes durações.

A eficiência de utilização do fertilizante nitrogenado pelos grãos diminuiu, em todos os níveis de aplicação do nitrogênio, à medida que aumentaram as durações dos veranicos. Esta redução é causada

pelo decréscimo na produção de grãos com o aumento da deficiência hídrica, o que vai proporcionar uma redução na quantidade de nitrogênio absorvida pelos grãos.

A variação da eficiência de utilização do fertilizante nitrogenado para a planta inteira foi menos drástica do que para os grãos, quando a deficiência hídrica aumentou. A redução da absorção de nitrogênio com o déficit hídrico é a responsável pelo decréscimo na eficiência. Este resultado está de acordo com SHIGA (1975) que também relata uma redução na eficiência de utilização do fertilizante nitrogenado com a redução da umidade do solo.

Considerando os tratamentos sem déficit hídrico e que receberam aplicação de 80 ppm de nitrogênio, para comparação com a literatura, verifica-se que a eficiência de utilização do fertilizante nitrogenado observada neste experimento pode ser considerada semelhante às obtidas por outros pesquisadores, uma vez que vários autores (MITSUI, 1956; BROADBENT e TUSNEEM, 1971; PARK e SHIN, 1973; PATRICK Jr. e REDDY, 1976; VLEK et alii, 1979; MOORE Jr. et alii, 1981) relatam eficiências que variam de 30 a 65%. No presente experimento, as perdas de nitrogênio por lixiviação e deflúvio superficial foram nulas, uma vez que o trabalho foi conduzido em vasos com fundo fechado; porém, as perdas por volatilização foram acentuadas, em função das altas temperaturas que ocorreram no interior da casa de vegetação onde foi conduzido o experimento. CRASWELL e VLEK (1979) e PARK e SHIN (1973) consideram as perdas de nitrogênio através da volatilização, denitrificação, lixiviação e deflúvio superficial como causas principais da baixa eficiência de utilização do fertilizante

nitrogenado pelo arroz. Segundo SHIGA (1975) e CRASWELL e VLEK (1979), a imobilização do fertilizante no solo também contribui para o uso ineficiente deste nutriente.

A eficiência de utilização do fertilizante nitrogenado pelos grãos e pela planta inteira diminuiu com o incremento dos níveis de nitrogênio. Nos tratamentos que não sofreram déficit hídrico, a maior eficiência obtida foi quando se aplicou 80 ppm de nitrogênio, tanto nos grãos como na planta inteira, caindo gradativamente nos outros níveis de aplicação. No veranico intermediário, os grãos apresentaram uma eficiência semelhante aos tratamentos que não receberam supressão de irrigação, enquanto que para a planta inteira, a maior eficiência também foi proporcionada quando se aplicou ao solo 80 ppm de nitrogênio; porém, os níveis de 160 e 240 ppm proporcionaram eficiências menores e não diferiram significativamente entre si.

Analisando-se a eficiência em função dos níveis de nitrogênio, no veranico de maior duração, pode-se observar que para os grãos, o comportamento da eficiência de utilização também foi semelhante àquele encontrado nos veranicos de menores durações. Entretanto, na planta inteira, as maiores eficiências de utilização do nitrogênio ocorreram quando se aplicou 80 e 160 ppm de nitrogênio, ficando para o nível de 240 ppm a responsabilidade de ter proporcionado a menor eficiência dentre os tratamentos que receberam o adubo nitrogenado.

Os modos de aplicação de nitrogênio, com exceção no veranico de oito dias de duração, para grãos, e no veranico de zero dias, para a planta inteira, proporcionaram maiores eficiências quando se apli-

cou o nitrogênio de modo fracionado ou totalmente no início do primórdio floral. Já, para aqueles que foram exceção, a maior eficiência foi proporcionada pela aplicação do nitrogênio totalmente no início do primórdio floral, enquanto que a menor eficiência foi obtida quando se utilizou o adubo nitrogenado totalmente por ocasião do plantio.

5.7. Nitrogênio no solo

5.7.1. Teor e quantidade de nitrogênio total no solo

Na Tabela 14 são apresentados os resultados do teor e da quantidade de nitrogênio total no solo, após a colheita do experimento.

Pode ser observado que o teor e a quantidade de nitrogênio no solo aumentaram com o incremento da deficiência hídrica. Isto deve ter ocorrido em virtude das quantidades de nitrogênio extraídas pelas plantas que sofreram déficit hídrico terem sido maiores do que aquelas que não o sofreram.

De modo geral, os teores de nitrogênio no solo podem ser considerados baixos, pois segundo MALAVOLTA (1967), os teores inferiores a 0,80% são baixos. Estes baixos teores de nitrogênio no solo devem ter ocorrido em função de uma boa exploração do sistema radicular das plantas de arroz, que ocuparam todo o solo do vaso, desde a superfície até o fundo.

Os teores e as quantidades de nitrogênio no solo, em função dos níveis de aplicação do nitrogênio, foram crescentes quando se aplicou até 160 ppm do fertilizante nitrogenado e decresceu para aqueles tratamentos que receberam 240 ppm do nutriente.

Quanto aos modos de aplicação do nitrogênio, pode-se observar que os maiores teores e quantidades de nitrogênio no solo foram proporcionados por aqueles tratamentos que receberam o nitrogênio de uma única vez, ficando por conta do modo de aplicação fracionado do nitrogênio os menores teores e quantidades do nutriente no solo.

5.7.2. Porcentagem e quantidade de nitrogênio no solo proveniente do fertilizante

Na Tabela 15 são apresentados os resultados da porcentagem e da quantidade de nitrogênio no solo proveniente do fertilizante, após a colheita do experimento.

Pode ser observado que os veranicos não afetaram significativamente estes dois parâmetros. No entanto, a porcentagem de nitrogênio no solo proveniente do fertilizante foi menor nos tratamentos com estresse hídrico, enquanto que a quantidade de nitrogênio proveniente do fertilizante apresentou diminuição nos tratamentos sem estresse hídrico, embora não tenha diferido significativamente dos valores observados nos outros tratamentos. Isto ocorreu devido à maior absorção pelas plantas do nitrogênio proveniente do fertilizante nos tratamentos sem estresse hídrico em relação aos outros tratamentos que sofreram déficit hídrico,

reduzindo a quantidade de nitrogênio no solo.

A porcentagem e a quantidade de nitrogênio no solo proveniente do fertilizante cresceu com o incremento dos níveis de nitrogênio, ficando os maiores valores naqueles tratamentos que receberam 240 ppm de nitrogênio, independentemente do veranico aplicado.

As diferenças entre níveis, com relação à quantidade de nitrogênio no solo proveniente do fertilizante, está de acordo com as diferenças observadas nas quantidades de nitrogênio provenientes do fertilizantes extraídas pelas plantas naqueles níveis.

A porcentagem do nitrogênio aplicado como fertilizante que ficou no solo diminuiu com o incremento do estresse hídrico, devido ao aumento na absorção. Os valores observados neste experimento estão de acordo com os relatados por CRASWELL e VLEK (1979) que chegaram a obter até mais de 25% de imobilização de nitrogênio pelo solo. Já, SHIGA (1975) afirma que em experimento conduzido a nível de campo com arroz de sequeiro, 36% do fertilizante nitrogenado aplicado foi imobilizado no solo.

Os modos de aplicação do nitrogênio que proporcionaram maiores porcentagens e quantidades de nitrogênio no solo proveniente do fertilizante, quando as plantas não sofreram deficiência hídrica ou receberam uma seca de quatro dias de duração, foram os modos de aplicação fracionada e aquele em que se aplicou o nitrogênio totalmente por ocasião do plantio. Já, no veranico de maior duração, o modo de aplicação do nitrogênio que proporcionou maior porcentagem e quantidade de nitrogênio no solo foi o de maneira fracionada, ficando por conta dos outros dois modos de aplicação as menores porcentagens e quantidades deste nutriente no solo.

5.8. Balanço do nitrogênio proveniente do fertilizante no sistema solo-planta

Na Tabela 16 são apresentados os resultados do balanço da quantidade de nitrogênio aplicado como fertilizante no sistema solo-planta, no experimento.

Pode-se verificar que foi possível contabilizar de 29,03% a 72,38% do total de nitrogênio fornecido ao sistema solo-planta, graças ao uso do fertilizante nitrogenado marcado. A porcentagem de 29,03% foi observada em um tratamento em que se aplicou ao solo 240 ppm de nitrogênio totalmente por ocasião do plantio e as plantas foram submetidas a um veranico de oito dias. Já, a porcentagem de 72,38% foi obtida em um tratamento em que se aplicou ao solo 80 ppm de nitrogênio totalmente no início do primórdio floral e as plantas não sofreram falta de água. Isto significa que as quantidades não contabilizadas são devidas a possíveis erros nas determinações do nitrogênio proveniente do fertilizante na planta e no solo, que devem ter sido mínimos, e à perda por volatilização, pois nos tratamentos com déficit hídrico o solo estava secando, o que favorece a perda por volatilização (TERMAN, 1979). Além disso, as elevadas temperaturas verificadas na casa de vegetação durante o experimento também favorecem as perdas por volatilização. Este mesmo autor afirma que as perdas de nitrogênio são grandemente reduzidas quando o solo apresenta uma alta umidade, razão pela qual as perdas verificadas nos tratamentos que não sofreram déficit hídrico foram bem mais baixas do que aquelas em que as plantas foram submetidas a deficiência hídrica.

6. CONCLUSÕES

Levando-se em consideração as condições em que foi conduzido o experimento, e com base nos resultados obtidos, pôde-se concluir que:

1) A deficiência hídrica reduziu o número de perfilhos, o número de grãos cheios por panícula, o peso dos grãos, a altura das plantas, a produção de grãos, a produção total de matéria seca, o índice de colheita, e aumentou a porcentagem de grãos vazios, a duração do ciclo, o rendimento de matéria seca das raízes e a relação raiz/colmo.

2) A deficiência hídrica alterou a dinâmica do nitrogênio no sistema solo/planta, reduzindo a quantidade de nitrogênio total e a proveniente do fertilizante absorvida pelas plantas, bem como a eficiência de utilização do fertilizante nitrogenado pelas plantas, e aumentou o teor de nitrogênio total na planta, a porcentagem de nitrogênio na planta proveniente do fertilizante e o teor e quantidade de nitrogênio total no solo.

3) A deficiência hídrica também reduziu a porcentagem de recuperação do nitrogênio aplicado como fertilizante, devido a perdas por volatilização.

4) Sem deficiência hídrica, as maiores produções da matéria seca foram obtidas quando se aplicaram 160 ou 240 ppm de nitrogênio de modo fracionado.

5) Em condições de déficit hídrico, pode-se recomendar 80 ppm de nitrogênio aplicado de modo fracionado, para obter-se a máxima produção de matéria seca.

6) A altura das plantas aumentou com a aplicação de fertilizante nitrogenado em todas as durações de veranico.

7) O ciclo das plantas de arroz foi maior quando se aplicaram 240 ppm de nitrogênio totalmente no início do primórdio floral das plantas.

8) A maior relação raiz/colmo ocorreu quando não se aplicou o fertilizante nitrogenado.

9) A produção de grãos foi reduzida pela deficiência hídrica em todos os níveis de nitrogênio. Quando as plantas não receberam adubação nitrogenada, a produção foi sempre menor em todos os veranicos. Sem deficiência hídrica, pode-se aplicar até 160 ppm de nitrogênio sem afetar negativamente a produção de grãos, enquanto que para condições de déficit hídrico, apenas 80 ppm do fertilizante, indicando que plantas bem nutridas em nitrogênio sofrem mais quando submetidas a estresse hídrico

do que as que não estiverem muito bem nutridas com o nitrogênio.

10) A aplicação de 80 ppm de nitrogênio ao solo, de modo fracionado (1/3 por ocasião do plantio e os restantes 2/3 no início do primórdio floral), foi a maneira mais indicada para aumentar a produção de grãos e dos componentes desta produção no cultivar de arroz IAC-47.

11) O nitrogênio na planta, com exceção da eficiência de utilização do fertilizante nitrogenado, apresentou uma tendência de aumentar quando se aplicaram 240 ppm de nitrogênio de modo fracionado ou totalmente no início do primórdio floral.

12) A eficiência de utilização do nitrogênio pela planta foi, geralmente, maior quando se aplicaram 80 ppm do fertilizante totalmente no início do primórdio floral.

13) O teor e quantidade de nitrogênio total no solo foram maiores quando se aplicaram 80 ou 160 ppm de nitrogênio de uma única vez, ou no plantio ou no primórdio floral.

14) A porcentagem e quantidade de nitrogênio no solo proveniente do fertilizante foram maiores quando se aplicaram 240 ppm de nitrogênio de modo fracionado ou totalmente por ocasião do plantio do arroz.

7. LITERATURA CITADA

- BAL, A.R., 1975. A note on the comparative study of free amino-acids content between wild salt tolerant rice and cultivated rice varieties. Curr. Sci. Bangalore, 44: 191-195.
- BAMBA, H. e T. OHKUBO, 1981. Relationship between root distribution of upland crops and their yield. III. Influence of soil moisture levels on root distribution and root dry matter of upland-cultured paddy rice, crossbred paddy and upland rice. Jap. J. Crop Sci. Tokyo, 50: 1-7.
- BANZATTO, N.V.; L.E. AZZINI; J. SOAVE; D.M. SOUZA; T.R. ROCHA e J. ALOISI SOBR^o, 1978. IAC-47. Novo cultivar de arroz-de-sequeiro. São Paulo, Instituto Agronômico de Campinas. 9 p.
- BARBER, S.A.; J.M. WALKER e E.H. VASEY, 1963. Mechanisms for the movement of plant nutrients from the soil and fertilizer to the plant root. J. Agric. Fd. Chem. Easton, 11: 204-207.

- BARNETT, N.M. e A.W. NAYLOR, 1966. Amino-acid and protein metabolism in bermuda grass during water stress. Pl. Physiol. Lancaster, 41: 1222-1230.
- BEGG, J.E. e N.C. TURNER, 1976. Crop water deficits. Adv. Agron. New York, 28: 161-217.
- BENNETT, O.L. e B.D. DOSS, 1960. Effect of soil moisture level on root distribution of cool-season forage species. Agron. J. Madison, 52: 204-207.
- BLAKE, G.R., 1965. Particle density. In: BLACK, C.A. et alii, Eds. Methods of soil analysis. American Society of Agronomy, Inc., Publ. Madison, Wisconsin, USA. 770 p.
- BLUMENSCHIN, A.; A.R.L. AQUINO; F. BLUMENSCHIN e F. DALL'ACQUA, 1983. A cultura de arroz de sequeiro no Brasil: problemas e perspectivas. In: CULTURA DO ARROZ DE SEQUEIRO. Instituto da Potassa & Fosfato (EUA), Instituto Internacional da Potassa (Suíça). Piracicaba, SP. p. 15-34.
- BRANDÃO, S.S., 1974. Cultura do arroz. Viçosa, U.F.V. 194 p.
- BREMNER, J.M., 1965a. Total nitrogen. In: BLACK, C.A. et alii, Eds. Methods of soil analysis. Madison, American Society of Agronomy. Part 2. p. 1149-1178.
- BREMNER, J.M., 1965b. Isotope ratio analysis of nitrogen in nitrogen-15.

Tracer investitation. In: BLACK, C.A. et alii, Eds. Methods of soil analysis. Madison, American Society of Agronomy. Part 2. p. 1256-1286.

BRILL, W.V., 1977. Biological nitrogen fixation. In: Scientific American Magazine. New York, 236: 68-81.

BRIX, H., 1962. The effect of water stress on the rates of photosynthesis and respiration in tomato plant and loblolly pine seedlings. Physiol. Plant. Copenhagen, 15: 10-20.

BROADBENT, F.E. e M.E. TUSNEEM, 1971. Losses of nitrogen from flooded soils in tracer experiments. Soil Sci. Soc. Am. Proc. Madison, 35: 922-926.

BROWN, F.B., 1969. Upland rice in Latin America. Int. Rice Commn. Newsl. Bangkok, 18: 1-5.

BUCKMAN, H.O. e N.C. BRADY, 1974. Natureza e propriedades dos solos. 3a. edição, Rio de Janeiro, Freitas Bastos. 594 p.

ÇATANI, R.A.; J.R. GALLO e H. GARGANTINI, 1954. Disponibilidade de nitrogênio em diversos fertilizantes nitrogenados. Bragantia. Campinas, 13: 95-103.

CHANG, T.T. e B.S. VERGARA, 1975. Varietal diversity and morphoagronomic

characteristics of upland rice. In: INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE. Major research in upland rice. Los Baños, Philippines. p. 72-90.

CHANG, T.T.; G.C. LORESTO e O. TAGUMPAY, 1972. Agronomic and growth characteristics of upland and lowland rice varieties. In: INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE. Rice breeding. Los Baños, Philippines. p. 645-661.

CHAUDHRY, M.S. e E.O. McLEAN, 1963. Comparative effects of flooded and unflooded soil conditions and nitrogen application on growth and nutrient uptake by rice plant. Agron. J. Madison, 55: 565-567.

CHEANEY, R.L., 1973. O manejo d'água. Lavoura arroz. Porto Alegre, 26: 36-48.

CHEN, D.; B. KESSLER e S.P. MONSELISE, 1964. Studies on water regime and nitrogen metabolism of citrus seedlings grown under water stress. Pl. Physiol. Lancaster, 39: 379-386.

CHIU, T.F.; L.T. LEE; B.L. TRAN e S.M. LIN, 1963. Studies on the nutrient absorption of rice plants in Taiwan (Part 4): comparative study on rice nutrition in the first and second crops in some paddy fields. Agric. Res. Taiwan. Taipei, 12: 28-40.

CLEMENTS, H.F., 1964. Interactions of factors affecting yield. A. Rev.

Pl. Physiol. Palo Alto, 15: 409-442.

COMISSÃO ESTADUAL DE FERTILIDADE DE SOLOS, 1977. Recomendações de fertilizantes para Goiás: 4a. aproximação. Goiânia, EMATER-GO. 54 p.

CRAFTS, A.S., 1968. Water deficits and physiological process. In: kozlowski, T.T., Ed. Water deficits and plant growth. New York, Academic Press. v. 2. p. 85-133.

CRASWELL, E.T. e P.L.G. VLEK, 1979. Fate of fertilizer nitrogen applied to wetland rice. In: SYMPOSIUM ON NITROGEN AND RICE, Los Baños, Philippines, 1979. Proceedings. Los Baños. International Rice Research Institute. p. 175-192.

CRUZ, J.C.; S.S. BRANDÃO; R.M. DEL GIUDICE; P.A. FERREIRA e B.T. LOUREIRO, 1975. Efeitos de diferentes tensões de umidade no solo em duas fases de desenvolvimento da planta, com relação ao crescimento e produção do arroz (Oryza sativa L.). Experientiae. Viçosa, 19: 187-209.

DAKER, A., 1973. Irrigação e drenagem. In: DAKER, A., Ed. A água na agricultura. 4a. edição, Rio de Janeiro, Freitas Bastos. 453 p.

DA MOTTA, F.S. e A.A. GOMES, 1971. Adaptação de cultivares de alto rendimento no Rio Grande do Sul. Ciência e Cultura. São Paulo, 23: 147-156.

- DAVIDSON, R.L., 1969. Effects of soil nutrients and moisture on root/shoot ratios in Lolium perenne L. and Trifolium repens L. Ann. Bot. London, 33: 571-577.
- DE DATTA, A.K.; P.C. MAGNAYE e J.C. MOOMAE, 1968. Efficiency of fertilizer nitrogen (¹⁵N-labeled) for flooded soil. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF SOIL SCIENCE, 99, Adelaide, Australia. p. 67-76.
- DE DATTA, S.K.; F.G. FAYE e R.N. MALLICK, 1975. Relaciones suelo-agua en arroz de secano. In: BORNEMISZA, E. e A. ALVARADO, Eds. Manejo de suelos en la America Tropical. Raleigh, N.C., University Consortium on Soils of the tropics - Soil Science Department - North Carolina State University. p. 172-190.
- DEL GIUDICE, R.M.; S.S. BRANDÃO; J.D. GALVÃO e F.R. GOMES, 1974. Irrigação do arroz por aspersão: profundidade de rega e limite d'água disponível. Experientiae. Viçosa, 18: 103-123.
- DOGAR, M.A., 1976. Uptake of ammonium, its interaction with phosphorus, potassium, zinc and effect on growth and composition of solution grown rice. Catholic University of Louvain, Louvain. 111 p.
- DONALD, C.M., 1962. In search of yield. J. Aust. Inst. Agric. Sci. Sydney, 28: 171-178.
- DOSS, B.D.; D.A. ASHLEY e O.L. BENNETT, 1960. Effect of soil moisture

regime on root distribution of warm season forage species. Agron. J. Madison, 52: 569-572.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa-Arroz, Feijão, 1977. Manual de métodos de pesquisa em arroz. 1a. aproximação. Goiânia. 106 p.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, 1979. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro. 282 p.

ENYI, B.A.C., 1968. Comparative studies of upland and swamp rice varieties (Oryza sativa L.). I. Effect of soil moisture on growth and nutrient uptake. J. Agric. Sci. Cambridge, 71: 1-13.

EPSTEIN, E., 1975. Nutrição mineral das plantas. Princípios e perspectivas. Trad. E. MALAVOLTA. São Paulo, Livros Técnicos e Científicos e EDUSP. 341 p.

FAGERIA, N.K., 1984. Adubação e nutrição mineral da cultura de arroz. Ed. Campos, Rio de Janeiro. 341 p.

FAGERIA, N.K. e G.E. WILCOX, 1977. Influência de nitrogênio e fósforo no crescimento do arroz. Lavoura arroz. Porto Alegre, 30: 24-28.

FAGERIA, N.K.; M.P. BARBOSA FILHO e M.J. GARBER, 1982. Nível de nutrientes e densidade de plantio adequado para experimentos com arroz em casa de vegetação. Pesq. agropec. bras. Brasília, 17: 1279-1284.

FERRAZ, E.C., 1983. Fisiologia da cultura do arroz. In: FERREIRA, M.E. et alii, Eds. Cultura do arroz de sequeiro. Instituto da Potassa & Fosfato (EUA), Instituto Internacional da Potassa (Suíça). Piracicaba, p. 77-90.

FREITAS, F.G. e C.O. SILVEIRA, 1977. Principais solos sob vegetação de cerrado e sua aptidão agrícola. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 49. Coord. M.G. Ferri. EDUSP & Livraria Itatiaia Editora Ltda. 405 p.

FURLANI, P.R.; O.C. BATAGLIA; A.M.C. FURLANI, I.E. AZZINI e N.C. SCHMIDT, 1977. Composição química inorgânica de três cultivares de arroz. Bragantia. Campinas, 36: 109-115.

GARGANTINI, H. e H.G. BLANCO, 1965. Absorção de nutrientes pela cultura do arroz. Bragantia. Campinas, 24: 515-528.

GASSER, J.K.R., 1964. Fertilizer urea. World Crops. London, 3: 1-8.

GATES, C.T., 1964. The effect of water stress on plant growth. J. Austr. Inst. Agric. Sci. Sydney, 30: 3-22.

GERMEK, E.B.; R. INFORZATO e C.M. FRANCO, 1950. Estudo sobre o sistema radicular do arroz. Bragantia. Campinas, 10: 89-92.

GREENWAY, H. e B. KLEPPER, 1969. Relation between anion transport and water flow in tomato plants. Physiol. Plant. Copenhagen, 22: 208-219.

- GREENWAY, H.; P.G. HUGHES e B. KLEPPER, 1969. Effects of water deficit on phosphorus nutrition of tomato plants. Physiol. Plant. Copenhagen, 22: 199-207.
- GROSSBRAUN, W.A., 1981. Nitrogênio: limitações, opções e perspectivas para a agricultura. Fertilizantes. São Paulo, 3(1).
- HALM, A.T., 1967. Effect of water regime on the growth and chemical composition of two rice varieties. Trop. Agric. Trinidad, 44: 33-37.
- HARTT, C.E., 1967. Effect of moisture supply upon translocation and storage of ^{14}C in sugarcane. Pl. Physiol. Lancaster, 42: 338-346.
- HAUCK, R.D. e J.M. BREMNER, 1976. Use of tracers for soil and fertilizer nitrogen research. Adv. Agron. New York, 28: 219-266.
- HERNANDEZ, J.L., 1969. Influencia del agua en el arroz. Arroz. Lima, 3: 33-36.
- HILL, J., 1980. The remobilization of nutrients from leaves. J. Pl. Nutr. New York, 2: 407-444.
- HOFFMAN, G.J.; S.L. RAWLINS; M.J. GARBER e E.M. CULLEN, 1971. Water relations and growth of cotton as influenced by salinity and relative humidity. Agron. J. Madison, 63: 822-826.

HSIAO, T.C., 1973. Plant responses to water stress. A. Rev. Pl. Physiol.
Palo Alto, 24: 519-570.

HSIAO, T.C. e E. ACEVEDO, 1974. Plant responses to water deficits, water
use efficiency and draught resistance. Agric. Meteorol. Amsterdam,
14: 59-84.

INSTITUT INTERNATIONAL DE LA POTASSE, 1955. Le riz et sa fertilization.
Berne. p. 24-31.

INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE, 1971. Annual report for 1970.
Los Baños, Philippines. p. 123-156.

INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE, 1976. Annual report for 1975.
Los Baños, Philippines. p. 146.

ISHIZUKA, U., 1965. Nutrient uptake at different stages of growth. In:
SYMPOSIUM ON THE MINERAL NUTRITION OF THE RICE PLANT, Los Baños,
Philippines, 1964. Proceedings. Baltimore, John Hopkins. p. 199-217.

ISHIZUKA, Y., 1972. Physiology of the rice plant. Adv. Agron. New York,
23: 241-315.

JACKSON, M.L., 1976. Análisis químico de suelos. 3a. edição, Barcelona,
Omega. 662 p.

- KATYAL, J.C. e K.G. PILLAI, 1975. Research in India on fertilizer use efficiency. Int. Rice Research Conf. IRRI, Los Baños. Philippines. 8 p.
- KIEHL, E.J., 1979. Manual de edafologia: relações solo-planta. Editora Agronômica Ceres, São Paulo. 264 p.
- KILMER, V.J. e V.T. ALEXANDER, 1949. Methods of making mechanical analysis of soil. Soil Sci. Baltimore, 68: 15-26.
- KOZLOWSKI, T.T., 1964. Water metabolism in plants. New York, Harper and Row. 227 p.
- KRAMER, P.J., 1974. Tension hidrica y crecimiento de las plantas. In: Relaciones hidricas de suelos y plantas: una sintesis moderna. Mexico, EDUTEX e Centro Regional de Ayuda Tecnica. p. 393-443.
- KRUPP, H.K.; W.P. ABILAY e E.I. ALVAREZ, 1972. Some water stress effects on rice. In: INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE. Rice breeding. Los Baños, Philippines. p. 663-675.
- LANCHER, W., 1975. Physiological plant ecology. Berlin, Springer-Verlag. 252 p.
- LOPES, A.S., 1983. Solos sob "Cerrado". Características, propriedades e manejo. Instituto da Potassa & Fosfato (EUA), Instituto Internacional

da Potassa (Suiça). Piracicaba, SP. 162 p.

MADRUGA, L.A.N. e A.B. RENA, 1977. Variações no teor de prolina livre em folhas destacadas de cinco cultivares de arroz (Oryza sativa L.), submetidas à desidratação. Rev. Ceres. Viçosa, 24: 217-225.

MAJUMBER, B. e M. PRAMANIK, 1979. Note on the effect of low rainfall on the flowering time in rice. Indian J. agric. Sci. New Delhi, 49: 138-139.

MALAVOLTA, E., 1967. Manual de química agrícola - adubos e adubação. 2a. edição, São Paulo, Ceres. 606 p.

MALAVOLTA, E., 1980. Elementos de nutrição mineral de plantas. São Paulo, Ceres. 251 p.

MALAVOLTA, E., 1981. Nutrição mineral e adubação de arroz de sequeiro. 3a. edição, São Paulo, Ultrafertil. 40 p.

MALI, P.C. e S.L. MEHTA, 1977. Effect of drought on enzymes and free proline in rice varieties. Phytochemistry. Oxford, 16: 1355-1357.

MATSUSHIMA, S., 1965. Nitrogen requirements at different stages of growth. In: SYMPOSIUM ON THE MINERAL NUTRITION OF THE RICE PLANT, Los Baños, Philippines, 1964. Proceedings. Baltimore, John Hopkins. p. 214-242.

- MATSUSHIMA, S., 1968. Water and physiology of Indica rice. Proc. Crop Sci. Soc. Jap. Rice cultivation in Southeast Asia. Tokyo, p. 102-109. Special Issue.
- MEDEIROS, A.A., 1980. Exigências nutricionais e correção de deficiências minerais em duas cultivares de arroz (Oryza sativa L., cv. IAC-47 e IAC-435). Piracicaba, ESALQ/USP. 99 p. (Dissertação de Mestrado).
- MENGEL, D.B. e S.A. BARBER, 1974. Development and distribution of the corn root system under field conditions. Agron. J. Madison, 66: 341-344.
- MILLER, R.D. e D.D. JOHNSON, 1964. The effect of soil moisture tension on carbon dioxide evolution, nitrification, and nitrogen mineralization. Soil Sci. Soc. Am. Proc. Madison, 28: 644-647.
- MITSUI, S., 1956. Inorganic nutrition fertilization and soil amelioration for lowland rice. 3a. edição, Tokyo, Yokendo. 107 p.
- MOORE Jr., P.A.; J.T. GILMOUR e B.R. WELLS, 1981. Seasonal patterns of growth and soil nitrogen uptake by rice. Soil Sci. Soc. Am. J. Madison, 45: 875-879.
- MORAES, J.F.V., 1978. O arroz de sequeiro. In: CONGRESSO NACIONAL DE ECONOMIA ORIZÍCOLA, 29, Cuiabá. Anais. Cuiabá.

- NAYLOR, A.W., 1972. Water deficits and nitrogen metabolism. In:
KOZLOWSKI, T.T., Ed. Water deficits and plant growth. New York,
Academic Press, v. 3. p. 241-254.
- OBERMUELLER, A.J. e D.S. MIKKELSEN, 1974. Effects of water management
and soil aggregation on the growth and nutrient uptake of rice.
Agron. J. Madison, 66: 627-631.
- OKAJIMA, H., 1960. Studies on the physiological function of the root
systems in the rice plant, viewed from the nitrogen nutrition.
Bull. Inst. Agric. Res. Tokyo University. Tokyo, 12: 1-146.
- O'TOOLE, J.C. e T.T. CHANG, 1979. Drought resistance in cereals - rice:
a case study. In: MUSSEL, H. e R.C. STAPLES, Eds. Stress physiology
in crop plants. New York, John Wiley & Sons. p. 373-405.
- PANDE, H.K. e B.N. MITTRA, 1970. Response of lowland rice to varying
levels of soil, water, and fertility management in different seasons.
Agron. J. Madison, 62: 197-199.
- PANDE, H.K. e P. SINGH, 1970. Water and fertility management of rice
varieties under low atmospheric evaporative demand. J. agric. Sci.
Cambridge, 75: 61-67.
- PARICHA, P.C. e P. SAHOO, 1975. Studies on the physiological variability in
some mutant cultures of rice to resist drought. Oryza. Calcutta, 12:
73-81.

PARK, H. e C.S. SHIN, 1973. Mineral nutrition of field-grown rice plant.

II. Recovery of fertilizer nitrogen, phosphorus, and potassium in relation to climatic zone and physical or chemical characteristics of soil profile. J. Korean Soc. Soil Sci. Fert. Seoul, 6: 17-26.

PATRICK Jr., W.H. e W.J. FONTENOT, 1976. Growth and mineral composition of rice at various soil moisture tensions and oxygen levels. Agron. J. Madison, 68: 325-329.

PATRICK Jr., W.H. e K.R. REDDY, 1976. Fate of fertilizer nitrogen in a flooded rice soil. Soil Sci. Soc. Am. J. Madison, 40: 678-681.

PEARSON, R.W., 1974. Significance of rooting pattern to crop production and some problems of root research. In: CARSON, E.W., Ed. The plant root and its environment. Charlottesville. Note. Soil Sci. Soc. Am. Proc. Madison, 29: 327-328.

PLAUT, Z. e L. REINHOLD, 1965. The effect of water stress on ¹⁴C sucrose transport in bean plants. Aust. J. biol. Sci. Melbourne, 18: 1143-1155.

PONNAMPERUMA, F.N., 1975. Growth-limiting factors of aerobic soils. In: INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE. Major research in upland rice. Los Baños, Philippines. p. 40-43.

PROKSCH, G., 1969. Routines analysis of ¹⁵N in plant material by mass-spectrometry. Plant and Soil. The Hague, 31: 380-384.

- RAMAKRISHNAYYA, G. e D.P. BHATTACHARJEE, 1973. Concentration of sugars in rice varieties under soil moisture deficit. Oryza. Calcutta, 10: 31-35.
- RAHATTA, S.B.; W. DIJKSHOORN e J.E.M. LAMPE, 1979. Nitrogen uptake by rice plants from a dry soil at maintained water supply from a greater depth. Netherland J. Agric. Sci. Netherlands, 27: 99-110
- REICHMAN, G.A.; D.L. GRUNES e F.G. VIETS Jr., 1966. Effect of soil moisture on ammonification and nitrification in two Northern Plains soils. Soil Sci. Soc. Am. Proc. Madison, 30: 363-366.
- REYES, E.D.; J.G. DAVIDE; L.G. ORARA e R.A. CALIXIHAN, 1962. Nitrogen, phosphorus, and potassium uptake by a low land rice variety at different stages of growth. Philipp. Agric. Los Baños, 46: 7-19.
- RICHARDS, L.A., 1965. Physical condition of water in soil. In: BLACK, C.A. et alii, Eds. Methods of soil analysis. Madison, American Society of Agronomy, Part 1. p. 128-152.
- RICHARDS, L.A. e C.H. WADLEIGH, 1952. Soil water and plant growth. In: SHAW, B.T., Ed. Soil physical conditions and plant growth. New York, Academic Press. p. 73-251.
- ROBERTS, B.R., 1964. Effect of water stress on the translocation of photosynthetically assimilated carbon-14 in yellow poplar. In:

ZIMMERMAN, M.H., Ed. The formation of wood in forest trees. New York, Academic Press. p. 273.

ROBINSON, J.B.D., 1957. The critical relationship between soil moisture content in the region of the wilting point and the mineralization of natural soil nitrogen. J. agric. Sci. Cambridge, 49: 100-105.

SANCHEZ, P.A., 1976. Properties and management of soils in the tropics. New York, John Wiley & Sons. p. 184-222.

SENEWIRATNE, S.T. e D.S. MIKKELSEN, 1961. Physiological factors limiting growth and yield of Oryza sativa under unflooded conditions. Plant and Soil. The Hague, 14: 127-146.

SHAH, C.B. e R.S. LOOMIS, 1965. Ribonucleic acid and protein metabolism in sugar beet during drought. Physiol. Plant. Copenhagen, 18: 240-254.

SHIGA, H., 1975. Mineral microbial transformations in upland rice soil. In: INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE. Major research in upland rice. Los Baños, Philippines. p. 217-237.

SILVA, J.C.A.; T.E. RODRIGUES; J.C. SABINO; I.A. GOMES; A.P. CRUZ; F.A. OLIVEIRA; C. DAGHLIAN; I.A. GUERRINI; J.A. MAZZA; F.S. CORREA; M.A. SCHIAVUZZO e M.P. COSTA, 1981. Marcha de absorção e exigências minerais do arroz (Oryza sativa L.), cultivares IAC-25 e IAC-47. Piracicaba, ESALQ/USP. 37 p. (Mimeografado).

- SIMS, J.L. e G.A. PLACE, 1968. Growth and nutrient uptake of rice at different growth stages and nitrogen levels. Agron. J. Madison, 60: 692-696.
- SINGH, M.K. e T. SASAHARA, 1981. Photosynthesis and transpiration in rice as influenced by soil moisture and air humidity. Ann. Bot. London, 48: 513-518.
- SLATYER, R.O., 1967. Development and significance of internal water deficits. In: SLATYER, R.O., Ed. Plant-water relationships. London, Academic Press, cap. 9. p. 275-308.
- STEINMETZ, S.; L.F. STONE e B.S. PINHEIRO, 1979. Deficiência hídrica e produtividade de arroz de sequeiro (Nota Prévia). Goiânia, EMBRAPA-CNPAF. 2p. (Mimeografado).
- STONE, L.F., 1982. Produtividade e utilização do nitrogênio pelo arroz (Oryza sativa L.): efeitos de deficiência hídrica, cultivares e vermiculita. Piracicaba, ESALQ/USP. 200 p. (Tese de Doutorado).
- STONE, L.F.; P.M. SILVEIRA; A.B. OLIVEIRA e A.R.L. AQUINO, 1979. Efeitos da supressão de água em diferentes fases do crescimento na produção de arroz irrigado. Pesq. agropec. bras. Brasília, 14: 105-109.
- STORRIER, R.R., 1965. The influence of water on wheat yield, plant nitrogen uptake and soil mineral nitrogen concentration. Aust. J.

exp. Agric. Anim. Husb. Melbourne, 5: 310-316.

SUTCLIFFE, J.F., 1980. As plantas e a água. São Paulo, E.P.U.-EDUSP.
126 p.

SWAMINATHAM, M.S., 1984. Rice. Scientific American. New York. v. 250,
nº 1. p. 63-71.

TERMAN, G.L., 1979. Volatilization losses of nitrogen as ammonia from
surface - applied fertilizers, organic amendments and crop residues.
Adv. Agron. New York, 31: 189-223.

TISDALE, S.L. e W.L. NELSON, 1975. Fertilizers and efficient use of
water. In: TISDALE, S.L., Ed. Soil fertility and fertilizers.
New York, MacMillan. cap. 16, p. 622-646.

TODD, G.W., 1972. Water deficits and enzymatic activity. In: KOZLOWSKI,
T.T., Ed. Water deficits and plant growth. New York, Academic Press.
v. 3. p. 177-216.

TOMAR, V.S. e B.P. GHILDYAL, 1973. Internal leaf water status and
transport of water in rice plants. Agron. J. Madison, 65: 861-865.

TRIVELIN, P.C.O.; E. SALATI e E. MATSUI, 1973. Preparo de amostras
para análise de ¹⁵N por espectrometria de massa. Piracicaba, CENA.
41 p. (Boletim Técnico, nº 2).

TSUTSUI, H., 1972. Manejo da água para produção de arroz. Lavoura arroz. Porto Alegre, 25: 36-41.

TURNER, N.C., 1979. Drought resistance and adaptation to water deficits in crop plants. In: MUSSEL, H. e R.C. STAPLES, Eds. Stress physiology in crop plants. New York, John Wiley & Sons. p. 343-372.

USDA, 1975. Soil taxonomy: a basic system of soil classification to making and interpreting soil surveys. Washington. 754 p.
(Agriculture Handbook, nº 436).

VIETS Jr., F.G., 1972. Water deficits and nutrient availability. In: KOZLOWSKI, T.T., Ed. Water deficits and plant growth. New York, Academic Press. v. 3. p. 217-239.

VILLA NOVA, N.A.; V. BARBIERI e R. SCARDUA, 1980. Evapotranspiração e evaporação: principais métodos de estimativa climatológica, segundo as recomendações da FAO (1979). Piracicaba, Departamento de Física e Meteorologia-ESALQ/USP. 22 p. (mimeografado).

VLEK, P.L.G.; C.W. HONG e L.T. YOUNGDAHL, 1979. An analysis of N nutrition on yield and yield components for the improvement of rice fertilization in Korea. Agron. J. Madison, 71: 829-833

VON UEXKULL, H.R., 1976. Aspects of fertilizer use in modern, high-yield rice culture. 2a. edição, Berne/Switzerland. International Potash Institute. p. 18-28.

- WADLEIGH, C.H. e A.D. AYERS, 1945. Growth and biochemical composition of bean plants as conditioned by soil moisture tension and salt concentration. Pl. Physiol. Lancaster, 20: 106-132.
- WARDLAW, I.F., 1968. The control and pattern of movement of carbohydrates in plants. Bot. Rev. Lancaster, 34: 79-105.
- WEBSTER, C.E. e P.N. WILSON, 1966. Agriculture in the tropics. London, Longman.
- WETSELAAR, R. e G.D. FARQUHAR, 1980. Nitrogen losses from tops of plants. Adv. Agron. New York, 33: 263-301.
- WOODHAMS, D.H. e T.T. KOZLOWSKI, 1954. Effects of soil moisture stress on carbohydrate development and growth in plants. Am. J. Bot. Lancaster, 41: 316-320.
- YOSHIDA, A., 1981. Fundamentals of rice crop science. In: INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE. Los Baños, Philippines. 269 p.
- YOSHIDA, S., 1975. Factors that limit the growth and yields of upland rice. In: INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE. Major research in upland rice. Los Baños, Philippines. p. 46-71.
- YOSHIDA, T. e R.R. ANCAJAS, 1973. The fixation of atmospheric nitrogen in the rice rhizosphere. Soil Biol. Biochem. Oxford, 5: 153-155.

ZHOLKEVICH, V.N. e T.F. KORETSKAYA, 1959. Metabolism of pumpkin roots during soil drought. Fiziologiya Rast. Moskva, 6: 690-700.

A P P E N D I C E

TABELA 17 - Rendimentos médios de matéria seca de colmos, folhas, ráquis + grãos vazios e grãos cheios do cultivar de arroz IAC-47, em diferentes níveis e modos de aplicação de nitrogênio, quando submetida a veranicos de diferentes durações, durante a floração das plantas.

Veranicos (dias)	Matéria Seca (g/vaso)																
	Colmos				Folhas				Râquis + Grãos Vazios				Grãos Cheios				
	Níveis de Nitrogênio (ppm)				Níveis de Nitrogênio (ppm)				Níveis de Nitrogênio (ppm)				Níveis de Nitrogênio (ppm)				
	0	80	160	240	0	80	160	240	0	80	160	240	0	80	160	240	
0	MA1 (1)	8,22	18,48	24,25	24,73	6,19	13,24	16,46	20,43	0,76	2,12	2,80	2,55	10,21	29,12	34,70	28,64
	MA2 (2)	8,48	17,92	19,26	18,60	6,78	15,95	9,58	10,79	0,54	2,11	2,67	3,07	11,54	24,80	26,33	23,12
	MA3 (3)	8,25	18,40	18,72	20,23	6,85	13,01	9,39	18,06	0,91	2,42	2,71	2,89	12,00	23,29	20,06	19,11
4	MA1	7,04	14,62	19,41	21,81	6,43	13,57	16,09	20,11	0,80	2,52	3,41	3,58	9,26	20,55	18,04	20,03
	MA2	7,08	14,50	15,00	13,64	6,75	15,74	14,05	10,93	1,11	3,31	3,41	3,80	8,53	17,78	20,60	10,21
	MA3	7,02	14,83	15,18	16,93	7,32	12,54	9,59	19,50	1,04	3,40	2,91	3,47	8,87	19,58	12,82	11,42
8	MA1	7,09	14,24	19,37	19,76	6,80	15,09	19,03	19,32	1,79	3,88	4,49	4,39	8,43	9,16	8,45	3,15
	MA2	7,00	13,11	12,87	13,32	6,78	14,57	15,05	10,46	1,17	3,31	4,43	4,74	8,56	13,56	4,73	6,30
	MA3	7,03	12,66	12,77	15,87	7,47	14,08	10,66	19,28	0,97	4,38	3,47	4,36	8,78	10,42	6,89	7,37

(1) MA1 = Nitrogênio aplicado 1/3 por ocasião do plantio e os restantes 2/3 aplicados no início do primórdio floral; (2) MA2 = Nitrogênio aplicado totalmente por ocasião do plantio; (3) MA3 = Nitrogênio aplicado totalmente no início do primórdio floral.

TABELA 18 - Porcentagem média de átomos de ^{15}N em diversas partes da planta do cultivar de arroz IAC-47, em diferentes níveis e modos de aplicação de nitrogênio, quando submetida a veranicos de diferentes durações, durante a floração das plantas.

Veranicos (dias)	Átomos de ¹⁵ N (%)														
	Raízes						Parte Aérea								
	Níveis de Nitrogênio (ppm)						Níveis de Nitrogênio (ppm)								
	Níveis de Nitrogênio (ppm)						Níveis de Nitrogênio (ppm)								
		0	80	160	240	240	0	80	160	240	240	0	80	160	240
0	MA1 ⁽¹⁾	0,366	2,259	3,205	3,653	0,366	0,366	2,699	3,794	4,184	0,366	3,571	4,238	4,553	
	MA2 ⁽²⁾	0,366	2,249	3,025	3,579	0,366	0,366	2,623	3,329	3,823	0,366	2,812	3,500	3,862	
	MA3 ⁽³⁾	0,366	2,240	3,090	3,677	0,366	0,366	3,333	3,924	4,356	0,366	4,156	4,470	4,718	
4	MA1	0,366	2,261	3,163	3,724	0,366	0,366	3,023	3,850	4,315	0,366	3,628	4,286	4,587	
	MA2	0,366	2,260	2,988	3,501	0,366	0,366	2,667	3,346	3,888	0,366	2,829	3,552	3,865	
	MA3	0,366	2,167	3,152	3,670	0,366	0,366	3,361	4,019	4,465	0,366	4,158	4,616	4,742	
8	MA1	0,366	2,269	3,152	3,761	0,366	0,366	3,329	4,028	4,342	0,366	3,757	4,336	4,593	
	MA2	0,366	2,222	3,005	3,510	0,366	0,366	2,658	3,485	3,890	0,366	2,902	3,635	3,902	
	MA3	0,366	2,151	3,079	3,612	0,366	0,366	3,480	4,224	4,487	0,366	4,182	4,650	4,771	

(1) MA1 = Nitrogênio aplicado 1/3 por ocasião do plantio e os restantes 2/3 aplicados no início do primórdio floral; (2) MA2 = Nitrogênio aplicado totalmente por ocasião do plantio; (3) MA3 = Nitrogênio aplicado totalmente no início do primórdio floral.

TABELA 19 - Porcentagem média de átomos de ^{15}N no solo, após a colheita, nos diversos tratamentos do experimento.

Veranicos (dias)		Átomos de ^{15}N (%)			
		Níveis de Nitrogênio (ppm)			
		0	80	160	240
0	MA1 ⁽¹⁾	0,370	0,488	0,549	0,591
	MA2 ⁽²⁾	0,370	0,460	0,530	0,608
	MA3 ⁽³⁾	0,370	0,457	0,523	0,578
4	MA1	0,370	0,469	0,551	0,581
	MA2	0,370	0,487	0,529	0,594
	MA3	0,370	0,447	0,544	0,563
8	MA1	0,370	0,481	0,548	0,614
	MA2	0,370	0,464	0,524	0,572
	MA3	0,370	0,462	0,519	0,580

(1) MA1 = Nitrogênio aplicado 1/3 por ocasião do plantio e os restantes 2/3 aplicados no início do primórdio floral; (2) MA2 = Nitrogênio aplicado totalmente por ocasião do plantio; (3) MA3 = Nitrogênio aplicado totalmente no início do primórdio floral.