

Características físico-químicas do grão de cultivares de arroz em função da adubação nitrogenada

Physico-chemical parameters of rice cultivars fertilized with nitrogen

Fábio Luiz Checchio Mingotte^{1*}; Renata Kimie Hanashiro²;
Domingos Fornasieri Filho³

Resumo

O arroz (*Oryza sativa* L.) destaca-se como alimento básico da população mundial devido suas importantes propriedades nutricionais. No entanto, as características físico-químicas do grão de arroz variam com a cultivar, podendo ainda ser influenciadas pelo manejo cultural, a exemplo da adubação nitrogenada. O trabalho teve por objetivo avaliar características físico-químicas dos grãos de treze cultivares de arroz de terras altas, sob irrigação suplementar por aspersão, submetidas a diferentes doses de nitrogênio (0, 40, 80, 120 e 160 kg ha⁻¹) em cobertura. Foram avaliados os componentes de rendimento de engenho, assim como a classe comercial, temperatura de gelatinização nos grãos beneficiados; teor de nitrogênio total e porcentagem de proteína bruta nos grãos integrais. A adubação nitrogenada influencia positivamente no rendimento de grãos inteiros, com destaque para IAC 25 e BRS Colosso. BRS Aroma, IAC 202, IAC 500, BEST 2000, Curinga e Baldo apresentam alta porcentagem de grãos quebrados. As cultivares Baldo e Carnaroli (próprios para a culinária italiana), IAC 25 e Caiapó enquadram-se na classe dos grãos longos; as demais, como longo-finos. As cultivares, exceto CIRAD 141, apresentam grãos com temperatura de gelatinização entre intermediária e baixa, proporcionando rápida cocção. O conteúdo protéico dos grãos é variável entre as cultivares, com a adubação nitrogenada proporcionando seu incremento.

Palavras-chave: *Oryza sativa* L., nitrogênio, qualidade nutricional, teste de álcali

Abstract

Rice (*Oryza sativa* L.) stands out as a staple food of the world population due to important nutritional properties. However, rice physico-chemical parameters vary according to genotype and management, for example, the use of nitrogen fertilizer. The aim of this work was to evaluate physico-chemical parameters of grains from thirteen cultivars of upland rice under supplemental sprinkler irrigation and fertilized with different nitrogen rates by topdressing (0, 40, 80, 120 and 160 kg ha⁻¹). Parameters such as milling efficiency, commercial grade, gelatinization temperature, as well as total nitrogen and crude protein contents of grains were evaluated. Nitrogen fertilization positively influences the whole grain yield, especially IAC 25 and BRS Colosso. BRS Aroma, IAC 202, IAC 500, BEST 2000, Curinga and Baldo have a high percentage of broken grains. The cultivars Baldo and Carnaroli (appropriate for Italian cuisine), IAC 25 and Caiapó are classified as long grain and the others, as long-thin. The cultivars, except CIRAD 141, displayed grain gelatinization temperature between intermediate and low, providing quick cooking. The grain content protein varies among cultivars, and it can be increased with nitrogen fertilization.

Key words: *Oryza sativa* L., nitrogen, nutritional quality, alkali test

¹ Engenheiro Agrônomo, MSc., Doutorando em Agronomia, Univ. Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal-SP; bolsista FAPESP; flemingotte@gmail.com

² Engenheira Agrônoma, Mestranda em Agricultura Tropical e Subtropical, Instituto Agronômico (IAC), Campinas-SP; rehanashiro@gmail.com

³ Engenheiro agrônomo, Prof. Dr., Departamento de Produção Vegetal, Univ. Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal-SP; fornasierif@fcav.unesp.br

* Autor para correspondência

Introdução

O arroz (*Oryza sativa* L.) é um dos alimentos mais importantes para a nutrição humana, sendo a base alimentar de mais de 3 bilhões de pessoas no mundo. Nos países mais pobres da Ásia, o consumo de arroz, da ordem de 100-150 kg/pessoa/ano, perfaz mais de metade do aporte energético e protéico dessas populações (KENNEDY; BURLINGAME, 2003). Tem destacado papel na alimentação básica da população brasileira, especialmente para o extrato de baixa renda, contribuindo com 24% do total de calorias e 18% das proteínas consumidas (SGARBIERI, 1986), sendo consumido basicamente na forma de grãos descascados e polidos. O arroz integral cru é constituído essencialmente por carboidratos (80%), cuja quase totalidade é representada pelo amido; com conteúdo protéico médio de 7,5% (base úmida), podendo oscilar entre 5 e 13% pelas diferenças varietais (KENNEDY; BURLINGAME, 2003).

O grão de arroz contém dois tipos de amido: amilose e amilopectina. Aumentos ou decréscimos no teor de uma delas refletem-se de forma inversa no teor da outra (VIEIRA, 2004). O teor de amilose está correlacionado com as propriedades texturais, como maciez, coesão, cor, brilho e com volume de absorção de água e expansão. Relaciona-se, portanto, com as mudanças que ocorrem durante o processo de cocção e determinam a qualidade culinária do arroz (KENNEDY; BURLINGAME, 2003). Ainda, segundo Fonseca et al. (2011), as condições de processamento utilizadas podem interferir na tonalidade do grão após seu cozimento. De acordo com o teor de amilose, o arroz é classificado em: glutinoso ou ceroso (< 3,0% de amilose) e não glutinoso (>3% de amilose). O não glutinoso é, ainda, classificado como de muito baixa (3,1-10,0%), baixa (10,1-15,0%), intermediária (15,1-20,0%), intermediária/alta (20,1-25%) e alta (25,1-30%) amilose. Alto teor de amilose normalmente resulta em grãos secos e soltos que podem endurecer após o resfriamento; baixo teor resulta em grãos macios, aquosos e pegajosos

no cozimento. Cultivares portadoras de grãos com teor de amilose intermediário apresentam grãos pouco aquosos, soltos e macios, mesmo após o resfriamento, sendo os preferidos pelo consumidor brasileiro (FERREIRA et al., 2005). O meio ambiente influencia o conteúdo de amilose: temperaturas altas durante a maturação dos grãos diminuem o teor de amilose, podendo variar até 6% de uma estação de cultivo para outra (SOAVE et al., 1995).

A cocção do arroz ocasiona o aumento e solubilização dos grânulos de amido, resultando em alterações, como aumento de volume, fragmentação dos grãos e desenvolvimento de texturas diferenciadas no arroz cozido. A temperatura de gelatinização (TG) do amido refere-se à temperatura de cozimento na qual a água é absorvida e 90% dos grânulos de amido são gelatinizados e inchados irreversivelmente, com simultânea quebra de cristalinidade (GUIMARÃES, 1989; VIEIRA; CARVALHO, 1999). A TG pode variar de 55 a 80° C; em termos práticos, é um teste que avalia o índice de resistência à cocção, ou seja, as características do amido determinam o tempo de cozimento (MARTINEZ RACINES; CUEVAS PÉREZ; MEDINA, 1989). A TG baixa (63 a 68° C) e intermediária (69 a 73° C), implicam a necessidade de menor tempo e água e, portanto, menos energia para o cozimento; TG alta (74 a 80° C) requer mais água e mais tempo para cozinhar, com o centro do grão permanecendo duro após a cocção (FERREIRA et al., 2005). Cultivares de arroz com baixa TG são as preferidas em alimentos infantis, usos específicos na indústria cervejeira, e em alguns cereais desidratados para o café da manhã (KELLY, 1961); as com TG intermediária são as preferidas para processos de parbolização e na cozinha; as alta TG são, geralmente, consideradas indesejáveis para a maioria dos usos e processos de cocção (VIEIRA; CARVALHO, 1999). A TG é uma característica varietal, aparentemente controlada por um ou dois genes, podendo ser influenciada pela temperatura ambiente durante o desenvolvimento do grão

(JENNINGS; COFFMAN; KAUFMAN, 1979). A TG é comumente estimada de maneira indireta, através do grau de dispersão e clarificação dos grãos de arroz submetidos à ação de soluções alcalinas (MARTINEZ RACINES; CUEVAS PÉREZ; MEDINA, 1989). Nos programas nacionais de melhoramento do arroz, para atender as exigências de consumo, buscam-se cultivares com teor de amilose intermediário a alto, cujos grãos, quando cozidos, apresentam-se secos e soltos e com TG intermediária a baixa (VIEIRA; CARVALHO, 1999).

A proteína do arroz é constituída por diferentes frações – albumina, globulina, prolamina e glutelina. A glutelina representa 70 a 80% da proteína total, apresentando teores mais elevados do aminoácido essencial lisina – o maior limitante ao aproveitamento biológico das proteínas dos cereais –, em relação às frações globulina e prolamina (SGARBIERI, 1986).

O nitrogênio, o segundo nutriente mais extraído e o mais exportando pela cultura do arroz (FORNASIERI FILHO; FORNASIERI, 2006), é constituinte de inúmeros compostos orgânicos como aminoácidos, ácidos nucléicos e proteína (EPSTEIN, 1975). A deficiência de nitrogênio em arroz é relativamente comum no Brasil, o que estaria relacionado à fatores como: baixo conteúdo de matéria orgânica no solo; perdas por lixiviação e por volatilização; reduzido uso de fertilizante nitrogenados; desbalanço nutricional; deficiência hídrica (EPSTEIN, 1975; RAIJ, 1991; FAGERIA; SANT'ANA; MORAIS, 1995). É um dos principais fatores envolvidos na produtividade (FAGERIA; BALIGAR, 2001; FAGERIA; BARBOSA FILHO, 2001) e na melhoria da qualidade nutricional do grão de arroz (FERRAZ JUNIOR et al., 1997). Quando fornecido em quantidades superiores às necessidades de crescimento vegetativo, próximo à antese, possibilita elevar o conteúdo protéico (CHING; RYND, 1978), com incremento no valor biológico por interferir positivamente na fração protéica da glutelina, (CHING; RYND, 1978; FERRAZ JUNIOR et al., 1997).

No processo de comercialização do arroz é necessário considerar as exigências específicas dos diversos segmentos envolvidos no processo produtivo e comercial do arroz, quanto à qualidade física do grão expressa por renda no benefício, rendimento de inteiros, aspecto e dimensões dos grãos. Fornasieri Filho e Fornasieri (2006) citam que a legislação brasileira prevê uma renda base de 68% para o rendimento de benefício, constituída de 40% de grãos inteiros e 28% de grãos quebrados e quirera, sendo que valores abaixo desses estão fora das exigências para comercialização do produto. Estas exigências estão correlacionadas com as características genéticas de cada cultivar, condições climáticas e práticas culturais durante o desenvolvimento, maturação e colheita do grão, assim como tipos de processamento e manejo pós-colheita (BHATTACHARYA, 1980). Colheitas realizadas com teor de umidade muito alta, possibilitam, no momento do beneficiamento, alta porcentagem de grãos mal formados, gessados e imaturos; colheitas realizadas tardiamente levam a um rendimento crescente de grãos quebrados no processo de beneficiamento (MARCHEZAN, 1991). Outro fator capaz de influenciar na qualidade industrial dos grãos de arroz é o manejo da adubação nitrogenada, havendo controvérsias sobre o grau de influência na mesma. Arf et al. (1996), com as cultivares de arroz Rio Paranaíba, Guarani e Araguaia e Farinelli et al. (2004) com a cultivar IAC 202, de terras altas e irrigadas por aspersão, quando submetidas a diferentes doses de N em cobertura, não observaram influência do N no rendimento de benefício e de grãos inteiros, com o rendimento de benefício ficando acima de 70% e o de grãos inteiros acima de 60%. O mesmo foi observado por Alvarez et al. (2002) com diferentes cultivares de arroz de terras altas irrigadas por aspersão em função da aplicação de doses de nitrogênio em cobertura. Por outro lado, Bordin et al. (2003), com a cultivar de arroz de terras altas IAC 202 e Freitas et al. (2001), com as cultivares de arroz irrigado IAC 101, IAC 102 e IAC 104 verificaram aumento no rendimento de engenho e de rendimento de grãos inteiros.

Ressalte-se que a rentabilidade obtida pelos orizicultores é função da produtividade e da qualidade do produto. O preço pago ao produtor depende da qualidade física dos grãos, observada após o beneficiamento, constituindo-se o percentual de grãos inteiros um dos mais importantes quesitos para determinação do seu valor de comercialização. Também, o consumidor brasileiro tem a tendência acentuada para o consumo de arroz de grãos longos e finos, de cozimento rápido, com significativo ganho de volume após o cozimento, soltos e que, após o esfriamento, não se tornem rijos ou agregados (FERREIRA et al., 2005).

O conceito de qualidade é, pois, concebido e visto de maneira diferenciada, dependendo da finalidade do consumo, do grupo étnico envolvido, do tipo de processamento pós-colheita, entre outros. Na determinação da qualidade de uma cultivar devem-se considerar as demandas de todos os segmentos da cadeia. Desta forma, é importante conhecer as características organolépticas e físico-químicas do grão de arroz, suas relações quanto a cocção e aparência, que definem os padrões de qualidade no mercado.

O trabalho teve por objetivo avaliar características físico-químicas dos grãos de treze cultivares de arroz de terras altas, sob irrigação suplementar por aspersão, submetidas a diferentes doses de nitrogênio, aplicadas em cobertura.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no período de primavera-verão no ano agrícola de 2006/2007, em área experimental localizada no município de Jaboticabal-SP, situado a 21°14'05" S e 48°17'09" W, a uma altitude de 615 m. O clima é do tipo Aw (clima megatérmico/tropical úmido), com chuvas no verão e inverno relativamente seco, apresentando precipitação média anual de 1435 mm e temperatura média anual de 22,1°C.

A cultura foi conduzida em Latossolo Vermelho eutrófico, típico, textura argilosa, A moderado, caulínico oxidado, mesoférrico e relevo suavemente ondulado (EMBRAPA, 1999), cujas características químicas, determinadas em amostras do solo de 0 – 20 cm de profundidade, conforme método descrito por Raij (1987), encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1. Resultado da análise química do solo, antes da instalação do experimento, na camada de 0-20 cm de profundidade. Jaboticabal (SP), 2006/2007.

P resina	M.O.	pH	K	Ca	Mg	H+Al	SB	T	V
mg dm ⁻³	g dm ⁻³	CaCl ₂	-----mmol _c dm ⁻³ -----			%			
52	40	5,8	1,4	40	22	20	63,4	83,4	76

Fonte: Elaboração dos autores.

As adubações de P e K e micronutrientes foram baseadas na análise do solo e na tabela de recomendação de adubação para a cultura do arroz de sequeiro, irrigado por aspersão, para o Estado de São Paulo, para uma produtividade esperada de 4 t ha⁻¹ (CANTARELLA; RAIJ; CAMARGO, 1996). A adubação mineral de semeadura foi constituída de 300 kg ha⁻¹ da formulação 08-20-20, com 0,3% de Zn.

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, em esquema experimental de parcelas subdivididas, com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos pela combinação de treze cultivares de arroz nas parcelas (arbóreo: Baldo e Carnaroli; aromático: BRS Aroma, IAC 500; comum tradicional de terras altas: Caiapó, IAC 25; intermediário: BRS Colosso, BRS Primavera, Curinga, CIRAD 141, IAC 201; moderno: BEST

2000, IAC 202) e cinco doses de N em cobertura (0, 40, 80, 120 e 160 kg ha⁻¹) no estádio de “ponto algodão” nas subparcelas, conforme recomendações de Fornasieri Filho e Fornasieri (2006).

Cada subparcela foi representada por oito linhas com 6m de comprimento; considerou-se como espaço útil para as avaliações as seis linhas centrais, com cinco metros de comprimento. O espaçamento entre as linhas foi de 0,40 m e a densidade de semeadura de 200 sementes m⁻².

O controle de plantas daninhas foi realizado no estádio de pré-emergência da cultura, com a utilização do produto a base de pendimethalin (1,5 kg ha⁻¹ de i.a.); em pós-emergência foi utilizado herbicida à base de cihalofop-butilico (270 g ha⁻¹ do i.a.); em pós-emergência tardia, em jato dirigido, 2,4-D amina na dose de 1,0 L ha⁻¹ do produto comercial, além de catação mecânica.

Realizou-se a pulverização preventiva com propiconazole no início do florescimento, para o controle de doenças da parte aérea, em especial da causada pelo fungo *Pyricularia grisea*.

O sistema de irrigação foi por aspersão, através de sistema convencional, e o manejo da irrigação foi feito utilizando as leituras de tensiômetros do tipo vacuômetro, instalados nas profundidades de 10 e 20 cm e da curva característica de retenção de água do solo, efetuando-se as irrigações quando o tensiômetro indicava valores correspondentes a -0,07 MPa.

Ao final do ciclo, quando 2/3 das cariopses em 50% das panículas apresentavam-se duras e as demais, semiduras, procedeu-se a colheita do material vegetal contido nas linhas da área útil. Em seguida foi realizada a trilha mecânica e abanação para eliminação da palha e grãos chochos; a secagem ocorreu em terreiros, sob ambiente natural. Após nova abanação, com peneiras manuais, realizou-se a avaliação do conteúdo de água nos grãos. Tomaram-se, a seguir, amostras de dois quilogramas de grãos

por subparcela para armazenamento em câmara fria, onde foram mantidas por aproximadamente dois meses e a seguir foram realizadas as determinações relativas ao teor de nitrogênio total (N_t) nos grãos e das práticas de beneficiamento.

Os métodos utilizados para determinação das características em avaliação estão descritos a seguir:

1. *Componentes de rendimento de engenho*: amostras de 100 gramas de arroz em casca foram beneficiadas em testadora de arroz da marca SUZUKI. O tempo de beneficiamento das amostras foi constituído por duas etapas, a de 10 segundos nos roletes de descascamento seguida por 90 segundos na câmara de brunimento. A separação dos grãos inteiros e quebrados foi realizada com o “trieur” número 1, obedecendo a normas vigentes (BRASIL, 1988). De cada amostra foram coletados a casca e o farelo, separadamente.

1.1. *Renda do benefício*: determinada pela soma do rendimento de grãos inteiros e quebrados, resultando no percentual de arroz beneficiado oriundo de amostra de arroz com casca de cada unidade experimental.

1.2. *Rendimento de grãos inteiros*: determinado pela pesagem dos grãos descascados e brunidos com comprimento igual ou superior a três quartas partes de seu comprimento.

1.3. *Porcentagem de farelo*: obtida pela pesagem do produto resultante de cada amostra de arroz beneficiado, separado da casca em uma peneira de malha 0,5 mm.

1.4. *Porcentagem de casca*: determinada pela pesagem das cascas de cada amostra beneficiada. Após a separação do farelo, as cascas foram submetidas a passagem de ar, no equipamento denominado de soprador de grãos, para retirar fragmentos de grão de arroz e eventuais grãos inteiros que foram acrescentados à amostra respectiva.

Dimensões, classe dos grãos e teste de álcali

Dimensão do grão: após beneficiamento, foram tomadas duas subamostras de dez grãos polidos de cada um dos tratamentos, e procedidas as medições do comprimento (C), da largura (L) e da espessura (E) do grão, com auxílio de paquímetro.

Classe do grão: de acordo com os padrões definidos por Brasil (1988), os grãos beneficiados foram classificados como longo-fino ($C \geq 6$ mm; $E \leq 1,85$ mm; $C/L > 2,75$), longo ($C \geq 6$ mm), médio ($C < 6$ e ≥ 5 mm) e curto ($C < 5$ mm).

Expansão do grão: para isso utilizou-se do teste de digestão alcalina, também conhecido por teste de álcali, desenvolvido por Little, Hilder e Dawson (1958). Avaliou-se de maneira indireta a temperatura de gelatinização a partir de seis grãos de arroz brunido de cada amostra em placas de Petri contendo 10 ml de solução de KOH a 2,08 %. As placas foram cobertas e mantidas por 24 horas a 30° C. O grau de expansão dos grãos foi avaliado numa escala de 1 a 7, em que: (1) grãos não afetados; (2) grãos inchados; (3) grãos inchados com colar incompleto ou estreito; (4) grãos inchados, com colar completo e amplo; (5) grãos fendidos e com colar completo e amplo; (6) grãos dispersos, unindo-se pelo colar; (7) grãos completamente dispersos e misturados entre si. As amostras com grãos de arroz dentro da escala 1 e 2 da digestão alcalina são de alta temperatura de gelatinização; as de escala 3 de gelatinização alta/intermediária; entre 4 e 5, média e 6 e 7, baixa temperatura.

Nitrogênio e Proteína bruta (PB)

Teor de N no grão integral: procedeu a determinação dos teores de Nt contidos nos grãos na forma integral de cada unidade experimental, segundo metodologia descrita em Bataglia et al. (1978).

Porcentagem de PB no grão integral: determinada através do teor de Nt contido no grão integral multiplicado pelo fator 5,95, por a glutelina, a maior fração protéica presente no grão, conter 16,8% de nitrogênio (SGARBIERI, 1986).

Análises estatísticas

A análise de variância dos dados foi efetuada com auxílio do programa Sistema de Análise Estatística – Estat. Empregou-se o teste de Tukey, ao nível de 5% para comparar as médias entre cultivares, utilizando-se as variâncias complexas calculadas, dentro de cada dose de nitrogênio. O teste t a 5% de probabilidade foi utilizado para avaliar a significância das regressões polinomiais, referentes aos efeitos de nitrogênio aplicado.

Resultados e Discussão

Os valores médios relativos aos diversos componentes industriais das cultivares de arroz em função da utilização de doses diferenciadas de N estão apresentados nas Tabelas 2 a 7.

Com relação ao teor de proteína bruta no grão integral cru, verifica-se que esse componente é influenciado pelas cultivares e pela adubação nitrogenada, havendo interação significativa entre ambos os fatores (Tabela 2). Os teores protéicos médios no grão integral cru estão compreendidos entre 13,4 (BRS Curinga) e 8,1% (BEST 2000). De acordo com Kennedy e Burlingame (2003), o conteúdo protéico do grão integral cru do arroz é, em média, de 7,5 (base úmida de 12%), podendo oscilar entre 5 e 13% pelas diferenças varietais.

Tabela 2. Valores percentuais de proteína bruta contidas no grão integral cru de cultivares de arroz de terras altas, submetidas a diferentes doses de nitrogênio em cobertura. Jaboticabal (SP). Safra 2006/2007.

CULTIVAR – C	Proteína Bruta no Grão Integral (%)
Caiapó	10,9 def
BRS Primavera	9,4 gh
IAC 25	11,7 cd
IAC 201	13,0 ab
CIRAD 141	11,7 cd
IAC 202	9,2 hi
BRS Curinga	13,4 a
BRS Colosso	11,3 cde
BEST 2000	8,1 i
IAC 500	12,1 bc
BRS Aroma	9,9 fgh
Baldo	11,9 bcd
Carnaroli	10,4 efg
Teste F (C)	38,10**
DMS (Tukey) 5%	1,12
Doses de N em cobertura (kg ha⁻¹) – D	
0	9,5 e
40	10,2 d
80	11,0 c
120	11,8 b
160	12,5 a
Teste F (D)	75,65**
DMS (Tukey) a 5%	0,49
Teste F (Cx D)	3,16**
CV(%) C	9,1
CV(%) D	8,2

** = significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. Médias seguidas por letras iguais na mesma coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Fonte: Elaboração dos autores.

De forma geral, a adubação nitrogenada proporcionou o incremento no teor protéico dos grãos (Tabela 2). Com o desdobramento da interação entre cultivares e doses de N em cobertura verificase que, com exceção das cultivares Caiapó, BRS Aroma e BRS Primavera, as demais apresentam incremento no conteúdo protéico dos grãos com o uso crescente de N em cobertura, com supremacia nesse componente para os grãos das cultivares BRS Curinga e IAC 201 (Tabela 3). Bordin et al. (2003) e Farinelli et al. (2004) também verificaram que o incremento nas doses de N em cobertura resultou em maior teor de proteína no grão de arroz. Esses

resultados demonstram que a adubação nitrogenada em cobertura promove a translocação desse nutriente para os grãos na forma de proteína, o que é de elevado interesse na alimentação humana, por possibilitar a ingestão de alimento com maior e melhor valor nutricional. Essa melhoria da qualidade nutricional do arroz é causada, principalmente, pela elevação dos teores de glutelina, principal proteína de reserva, acumulada nos corpos protéicos do endosperma, a qual apresenta teores mais elevados de lisina – o aminoácido que mais limita o aproveitamento biológico das proteínas dos cereais –, com a redução nos teores de prolamina (SOUZA; STARK; FERNANDES, 1993; NAVES, 2007).

Tabela 3. Equações de regressão relativas ao teor de proteína nos grãos em cultivares de arroz de terras altas, submetidas a diferentes doses de nitrogênio em cobertura e dose de N determinada para obtenção do máximo conteúdo de proteína no grão integral cru. Jaboticabal (SP). Safra 2006/2007.

Cultivar	Equação	Dose de N (kg ha ⁻¹)	R ²
Caiapó	-	-	NS
BRS Primavera	-	-	NS
IAC 25	Y = 0,034 X + 9,5	-	0,94**
IAC 201	Y = 0,047 X + 11,2	-	0,91**
CIRAD 141	Y = 0,035 X + 9,4	-	0,92**
IAC 202	Y = 0,016 X + 8,2	-	0,85**
BRS Curinga	Y = 0,019 X + 12,2	-	0,93**
BRS Colosso	Y = -0,0004 X ² + 0,10 X + 8,3	125	0,88**
BEST 2000	Y = 0,018 X + 7,0	-	0,84**
IAC 500	Y = 0,016 X + 11,0	-	0,90**
BRS Aroma	-	-	NS
Baldo	Y = -0,0002 X ² + 0,041 X + 10,9	102	0,72*
Carnaroli	Y = 0,022 X + 9,2	-	0,80**

NS = não significativo; * e ** = significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

Fonte: Elaboração dos autores.

Com relação aos componentes comerciais do arroz (Tabela 4) verifica-se, de forma geral, que as percentagens médias de casca estão compreendidas entre 25,8 (IAC 500) e 16,3% (Baldo), com a adubação nitrogenada não apresentando influência nesse componente, não ocorrendo interação significativa entre ambas as variáveis experimentais. As cultivares IAC 500, BEST 2000 e BRSMG Curinga foram aquelas com maior proporção de casca nos grãos maduros de arroz e Baldo (arroz arbóreo), IAC 25 e BRS Colosso os com menor proporção de casca.

Com relação a renda de benefício (% de grãos brunidos), as cultivares IAC 25 (73,8%), BRS Colosso (73,3%) e Baldo (73,1%) apresentaram os maiores valores e os menores valores observados em IAC 500 (56,8%) e BEST 2000 (63,6%). A adubação nitrogenada não influenciou este componente de beneficiamento do arroz (Tabela 4). Nacionalmente, atribui-se ao arroz em casca uma renda base no benefício de 68% (FORNASIERI FILHO; FORNASIERI, 2006), sendo a renda de 60% um valor razoável (USBERTI FILHO; AZZINI; SOAVE, 1986).

Em relação ao rendimento de grãos inteiros e quebrados, aos quais em nível nacional, são atribuídos como favoráveis valores $\geq 40\%$ e $\leq 28\%$, respectivamente (FORNASIERI FILHO; FORNASIERI, 2006), observa-se, na Tabela 4, que a maioria dos resultados médios obtidos se enquadra às exigências do mercado nacional, exceto para as cultivares BRS Aroma (19,8%), IAC 202 (25,7%), BRS MG Curinga (28,3%), Baldo (37,8%) e Best 2000 (39,1%). A interação cultivares e doses de N foi significativa para rendimento de grãos inteiros, com as cultivares IAC 25, CIRAD 141, IAC 202, BRSMG Curinga, BEST 2000, IAC 500 e BRS Aroma respondendo de forma linear positiva ao incremento de N em cobertura, ao passo que Baldo responde positivamente até a dose 118 kg ha⁻¹; nas cultivares Caiapó, BRS Primavera, BRS Colosso, IAC 201 e Carnaroli, a adubação nitrogenada não interferiu nesse componente (Tabela 5). É interessante observar que a influência positiva do N em cobertura ocorre principalmente nas cultivares com menor rendimento médio de grãos inteiros; nas cultivares em que na média este quesito é mais elevado, não se observa a influência do N aplicado (Tabelas 4 e 5).

Tabela 4. Valores percentuais de casca de arroz, rendimento de grãos brunidos, grãos inteiros e grãos quebrados em cultivares de arroz de terras altas, submetidas a diferentes doses de nitrogênio em cobertura. Jaboticabal (SP). Safra 2006/2007.

CULTIVAR – C	Casca de arroz (%)	Renda no benefício (%)	Rendimento de inteiros (%)	Rendimento de quebrados (%)
Caiapó	18,2 cdef	71,2 abc	52,7 c	18,5 ef
BRS Primavera	17,7 def	72,5 ab	56,1 b	16,7 ef
IAC 25	16,4 f	73,8 a	65,2 a	8,6 g
IAC 201	17,6 ef	72,0 abc	53,1 bc	18,9 ef
CIRAD 141	19,7 bcde	69,6 bcd	52,6 c	17,1 ef
IAC 202	19,9 bcd	68,9 cd	25,7 f	43,1 b
BRS MG Curinga	21,5 b	67,9 d	28,3 f	39,6 b
BRS Colosso	16,9 f	73,3 a	64,3 a	9,0 g
BEST 2000	24,9 a	63,6 e	39,1 de	24,4 d
IAC 500	25,8 a	56,8 f	42,1 d	14,7 f
BRS Aroma	20,5 bc	67,9 d	19,8 g	48,2 a
Baldo	16,3 f	73,1 a	37,8 e	35,3 c
Carnaroli	17,7 def	71,8 abc	52,7 c	19,1 e
Teste F (C)	44,09**	54,39**	532,55**	239,32**
DMS (Tukey) a 5%	2,3	3,2	3,2	4,2
N em cobertura (kg ha⁻¹) – (D)				
0	19,7	69,3	43,8	25,5
40	19,4	69,5	44,3	25,2
80	19,7	69,4	45,0	24,4
120	19,2	69,6	46,7	23,1
160	19,4	69,2	47,0	22,2
Teste F (D)	0,95 ^{NS}	0,31 ^{NS}	15,53**	14,70**
DMS (Tukey) a 5%	0,9	1,1	1,4	1,4
Teste F (Cx D)	1,61 ^{NS}	2,51 ^{NS}	4,74**	6,64**
CV(%) C	10,61	4,17	6,20	15,69
CV(%) D	8,81	2,96	5,66	10,78

NS = não significativo e ** = significativo a 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente. Médias seguidas por letras iguais na mesma coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Fonte: Elaboração dos autores.

Tabela 5. Equações de regressão relativas ao rendimento de grãos inteiros em cultivares de arroz de terras altas, submetidas a diferentes doses de nitrogênio em cobertura e dose de N determinada para obtenção da maior percentagem de grãos inteiros. Jaboticabal (SP). Safra 2006/2007.

Cultivar	Equação	Dose N (kg ha ⁻¹)	R ²
Caiapó	-	-	NS
BRS Primavera	-	-	NS
IAC 25	$Y = 0,0241 X + 63,3$	-	0,58**
IAC 201	-	-	NS
CIRAD 141	$Y = 0,0286 X + 50,3$	-	0,71*
IAC 202	$Y = 0,0550 X + 21,3$	-	0,84**
BRS MG Curinga	$Y = 0,0786 X + 22,0$	-	0,86**
BRS Colosso	-	-	NS
BEST 2000	$Y = 0,0731 X + 33,3$	-	0,85**
IAC 500	$Y = 0,0332 X + 9,4$	-	0,81**
BRS Aroma	$Y = 0,0295 X + 17,4$	-	0,72**
Baldo	$Y = -0,0008 X^2 + 0,1889 X + 45,5$	118	0,97**
Carnaroli	-	-	NS

NS = não significativo; * e ** = significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

Fonte: Elaboração dos autores.

Dados da literatura sugerem que a influência da aplicação de N na porcentagem de grãos inteiros não é constante. Freitas et al. (2001; 2007), Bordin et al. (2003) e Boldieri, Cazetta e Fornasieri Filho (2010) verificaram que a adubação nitrogenada incrementa a % de grãos inteiros em algumas cultivares, mas não em outras; Andrade et al. (1992), Arf et al. (1996), Alvarez et al. (2002) e Farinelli et al. (2004) não verificaram a influência da adubação nitrogenada sobre o rendimento de grãos inteiros. Tais resultados contrastantes indicam que a resposta à adubação nitrogenada em cobertura no que se refere ao rendimento de grãos inteiros é mais influenciada pelo genótipo do que pela aplicação de N, podendo ser afetada pelo momento da colheita.

O que pode ter influenciado na redução da qualidade industrial das cultivares BRS Aroma, BRSMG Curinga, IAC 202 e Baldo, quanto ao rendimento de inteiros, um dos mais importantes parâmetros na determinação do valor de comercialização do arroz, foi o momento inadequado de colheita ou mesmo a secagem e o armazenamento inadequado dos grãos. Há necessidade de definir o melhor momento para colheita das cultivares que apresentaram baixa qualidade industrial. Segundo

Marchezan, Godoy e Marcos Filho (1993), o rendimento de grãos inteiros é determinado pela cultivar e pelo manejo da cultura, ou seja, pelo teor de umidade do grão no momento da colheita, das condições ambientais predominantes durante o período de granação e após a maturidade fisiológica dos grãos. A influência do caráter genético na expressão desse componente não pode ser descartada, conforme observado por Andrade et al. (1992), Marchezan, Godoy e Marcos Filho (1993), Freitas et al. (2001; 2007), entre outros. Em condições de campo, após a maturidade fisiológica, o grão de arroz é higroscópico, possibilitando a ocorrência do processo de reumidificação. Pode ocorrer por chuva, orvalho e alta umidade do ar; pode, também, ocorrer pela troca de umidade entre os grãos mais secos e os mais úmidos numa massa de grãos colhidos. Portanto, na colheita, quanto menor a proporção de grãos abaixo do limite crítico de umidade, menor frequência de grãos trincados se espera ter (FONSECA et al., 2003). No armazenamento o processo de reumidificação também ocorre: quanto menor for o teor de umidade, maior será sua capacidade de absorção e maiores os diferenciais de tensão criados no grão durante o

processo, levando ao trincamento interno dos grãos (FORNASIERI FILHO; FORNASIERI, 2006).

Observa-se na Tabela 6 os valores médios das diversas cultivares de arroz, relacionados às dimensões do grão previamente brunido, quais sejam: comprimento, largura, espessura, relação comprimento/largura e a sua classificação quanto à classe dos enquadramentos dos grãos. Pode-se verificar que, com exceção das cultivares

tradicionais de arroz de terras altas Caiapó e IAC 25, e das arbóreas Baldo e Carnaroli – próprias para a culinária italiana –, classificadas como da classe dos grãos longos e largos, as demais apresentam comprimento acima de 6 mm, espessura $\leq 1,90$ mm e relação C/L acima dos 2,75, sendo da classe longo-fino, que têm a preferência dos consumidores por apresentarem elevada expansão em volume após a cocção (FERREIRA et al., 2005).

Tabela 6. Valores médios das dimensões do grão beneficiado (mm) de cultivares de arroz de terras altas, submetidas a diferentes doses de nitrogênio em cobertura. Jaboticabal (SP). Safra 2006/2007.

Cultivar	Comprimento (mm)	Largura (mm)	Espessura (mm)	Relação C/L	Classe
Caiapó	6,47	2,37	1,84	2,73	Longo
BRS Primavera	7,23	2,03	1,72	3,53	Longo-Fino
IAC 25	7,18	2,39	1,92	3,01	Longo
IAC 201	7,10	1,89	1,68	3,61	Longo-Fino
CIRAD 141	6,55	2,16	1,78	3,03	Longo-Fino
IAC 202	6,53	2,18	1,62	3,06	Longo-Fino
BRS MG Curinga	6,67	2,15	1,71	3,14	Longo-Fino
BRS Colosso	6,80	2,08	1,68	3,28	Longo-Fino
BEST 2000	6,44	2,11	1,68	3,09	Longo-Fino
IAC 500	6,61	2,11	1,60	3,12	Longo-Fino
BRS Aroma	6,74	2,02	1,67	3,41	Longo-Fino
Baldo	6,69	2,84	2,01	2,35	Longo
Carnaroli	6,76	3,09	2,04	2,19	Longo

Fonte: Elaboração dos autores.

Os valores relativos ao teste de expansão em álcali (“alkali test”) das diversas cultivares de arroz encontram-se na Tabela 7. A adubação nitrogenada não interferiu no grau de dispersão dos grãos quando submetidos em solução de KOH diluída, motivo pelo qual não estão apresentados os dados de análise estatística relativos a esse componente qualitativo do grão beneficiado. O teste de expansão em álcali mede o grau de dispersão dos grãos, indicando a capacidade dos mesmos se manterem mais ou menos íntegros após o cozimento; representa, de forma indireta, a temperatura de cocção após a qual o amido se gelatiniza, ou seja, a temperatura de gelatinização (TG) dos grãos de arroz. O referido

teste revela baixos a intermediários valores de TG para todas as cultivares, com exceção do CIRAD 141, com TG intermediário/alto.

Cultivares com altas temperaturas de gelatinização (74 a 80°C) requerem mais tempo e mais água para cozinhar e, em geral, o centro dos grãos permanece semiduro após a cocção, provocando certo desconforto durante a mastigação; alta TG também estaria correlacionada com baixo teor de amilose no endosperma (FERREIRA et al., 2005). Baixo teor de amilose resulta em grãos macios, aquosos e pegajosos no cozimento. Nos programas nacionais de obtenção de linhagens de arroz busca-se materiais, preferencialmente, com

teores de amilose intermediário (21 a 25%) e de TG intermediária a baixa, por apresentarem grãos secos e soltos após rápido cozimento, que se mantêm macios no reaquecimento (FERREIRA et al., 2005).

Pode-se considerar que as cultivares apresentam características físicas de cocção desejáveis pelo mercado consumidor, com exceção do CIRAD 141, por apresentar alta TG. Sabe-se que seus grãos exigem tempo de armazenamento superior a quatro meses para chegar ao ponto de cocção, e este foi realizado aos dois meses após a colheita dos grãos.

Durante o período de armazenamento ocorre uma série de alterações no produto, decorrentes da maturação pós-colheita, que contribuem para a melhoria culinária do arroz (FORNASIERI FILHO; FORNASIERI, 2006), com provável redução da insolubilidade da proteína e do amido, o que possibilitaria a redução do tempo de cozimento do produto (VIEIRA, 2004); nas demais cultivares pode ser desnecessário tempo de armazenamento superior a dois meses para subsequente processamento via cocção.

Tabela 7. Valores obtidos por digestão alcalina (“alkali-test”) para determinação indireta da temperatura de gelatinização em grãos beneficiados de cultivares de arroz de terras altas, submetidas a diferentes doses de nitrogênio em cobertura. Jaboticabal (SP). Safra 2006/2007.

Cultivar	Digestão alcalina	
	Valores da Escala	Temperatura de gelatinização
Caiapó	4-5	Intermediária
BRS Primavera	6-7	Baixa
IAC 25	6-7	Baixa
IAC 201	6-7	Baixa
CIRAD 141	3-4	Intermediária/Alta
IAC 202	6-7	Baixa
BRS MG Curinga	4-5	Intermediária
BRS Colosso	6-7	Baixa
BEST 2000	5-6	Intermediária/Baixa
IAC 500	5-6	Intermediária/Baixa
BRS Aroma	4-5	Intermediária
Baldo	6-7	Baixa
Carnaroli	6-7	Baixa

Fonte: Elaboração dos autores.

Conclusões

A adubação nitrogenada em cobertura não interfere na % de casca e no rendimento de benefício, influenciando positivamente no rendimento de grãos inteiros e no teor de proteína bruta no grão.

As cultivares IAC 25 e BRS Colosso apresentam os maiores rendimentos de grãos inteiros e BRS Aroma, IAC 202, IAC 500, BEST 2000, Curinga e Baldo elevada porcentagem de grãos quebrados.

As cultivares arbóreas (Baldo e Carnaroli), IAC 25 e Caiapó enquadram-se na classe dos grãos longos; as demais, como longo-finos.

Com exceção da CIRAD 141, os demais materiais apresentam grãos com temperatura de gelatinização entre intermediária e baixa, possibilitando rápida cocção.

Referências

- ALVAREZ, A. C. C.; ARF, O.; PEREIRA, J. C. R.; BUZETTI, S. Comportamento de cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.) irrigado por aspersão em função da aplicação de diferentes doses de nitrogênio em cobertura. In: CONGRESSO DA CADEIA PRODUTIVA DE ARROZ, 1.; REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 7., 2002, Florianópolis. *Anais...* Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2002. p. 526-529.
- ANDRADE, W. E. B.; AMORIM NETO, S.; FERNANDES, G. M. B.; OLIVEIRA, H. F. Épocas de aplicação de nitrogênio em cultivares de arroz irrigado na Região Norte Fluminense. *Lavoura Arrozreira*, Porto Alegre, v. 45, n. 404, p. 14-17, 1992.
- ARF, O.; SÁ, M. E.; RODRIGUES, R. A. F.; BUZETTI, S.; STRADIOTO, M. F.; PASTANA, A. R. M. P. Comportamento de cultivares de arroz para condição de sequeiro irrigado por aspersão em diferentes doses de adubação nitrogenada em cobertura. *Científica*, São Paulo, v. 24, n. 1, p. 85-97, 1996.
- BATAGLIA, O. C.; TEIXEIRA, J. P. F.; FURLANI, A. M. C.; GALLO, J. R. *Métodos de análise química de plantas*. Campinas, IAC, 1978. 31 p. (Circular, 87).
- BHATTACHARYA, K. R. Breakage of rice during milling: a review. *Tropical Science*, London, v. 22, n. 2, p. 225-276, 1980.
- BOLDIERI, F. M.; CAZETTA, D. A.; FORNASIERI FILHO, D. Adubação nitrogenada em cultivares de arroz de terras altas. *Revista Ceres*, Viçosa, v. 57, n. 3, p. 421-428, 2010.
- BORDIN, L.; FARINELLI, R.; PENARIOL, F. G.; FORNASIERI FILHO, D. Sucessão de cultivo de feijão-arroz com doses de adubação nitrogenada após adubação verde, em semeadura direta. *Bragantia*, Campinas, v. 62, n. 3, p. 417-428, 2003.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Portaria n.2 89, de 17 de novembro de 1988. *Norma de identidade, finalidade, embalagem e apresentação do arroz*. Brasília, 1988, 25 p.
- CANTARELLA, H.; RAIJ, B. van; CAMARGO, C. E. O. Cereais. In: RAIJ, V. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. *Recomendações de calagem e adubação para o Estado de São Paulo*. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônomo/Fundação IAC, 1996, p. 43-73. (Boletim técnico, 100).
- CHING, M.; RYND, L. Development differences in embryos of high and low protein wheat seeds during germination. *Plant Physiology*, Rockville, v. 62, p. 866-870, 1978.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília: Embrapa-SPI, Embrapa-CNPS, 1999. 412 p.
- EPSTEIN, E. A. Aquisição de nitrogênio. In: MALAVOTA, R. (Trad.). *Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas*. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos; São Paulo: EDUSP, 1975, p. 213-234.
- FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C. Lowland rice response to nitrogen fertilization. *Communication Soil Science Plant Analysis*, Philadelphia, v. 32, n. 9-10, p. 1405-1428, 2001.
- FAGERIA, N. K.; BARBOSA FILHO, M. P. Nitrogen use efficiency in lowland rice genotypes. *Communication Soil Science Plant Analysis*, Philadelphia, v. 32, n. 13-14, p. 2079-2089, 2001.
- FAGERIA, N. K.; SANT'ANA, E. P.; MORAIS, O. P. Resposta de genótipos de arroz de sequeiro favorecido à fertilidade do solo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 30, n. 9, p. 1155-1161, 1995.
- FARINELLI, R.; PENARIOL, F. G.; FORNASIERI FILHO, D.; BORDIN, L. Características agrônomicas de arroz de terras altas sob plantio direto e adubação nitrogenada e potássica. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 28, n. 3, p. 447-454, 2004.
- FERRAZ JUNIOR, A. S. L.; SOUZA, S. R.; FERNANDES, M. S.; ROSSIELLO, R. O. P. Eficiência de uso de nitrogênio para produção de grão e proteína por cultivares de arroz. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 32, n. 4, p. 435-442, 1997.
- FERREIRA, C. M.; PINHEIRO, B. S.; SOUSA, I. S. F.; MORAIS, O. P. *Qualidade do arroz no Brasil: evolução e padronização*. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2005. 61 p.
- FONSECA, F. A.; SOARES JÚNIOR, M. S.; CALIARI, M.; GARCIA, D. M.; BASSINELLO, P. Z.; EIFERT, E. C. Efeito da temperatura e do tempo de imersão da etapa de encharcamento sobre a cor dos grãos de arroz parboilizado de cultivares de terras altas. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 32, n. 1, p. 221-234, 2011.
- FONSECA, J. R.; CASTRO, E. M.; ZIMMERMANN, F. J. P.; CUTRIM, V. A. “BRS Colosso”, “BRS Soberana” características e pontos de colheita. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. 3 p. (Comunicado técnico, 56).

- FORNASIERI FILHO, D.; FORNASIERI, J. L. *Manual da cultura do arroz*. Jaboticabal: FUNEP, 2006. 589 p.
- FREITAS, J. G.; AZZINI, L. E.; CANTARELLA, H.; BASTOS, C. R.; CASTRO, L. H. S. M.; GALLO, P. B.; FELÍCIO, J. C. Resposta de cultivares de arroz irrigado ao nitrogênio. *Scientia Agrícola*, Piracicaba, v. 58, n. 3, p. 573-579, 2001.
- FREITAS, J. G.; CANTARELLA, H.; SALOMON, M. V.; MALAVOLTA, V. M. A.; CASTRO, L. H. S. M.; GALLO, P. B.; AZZINI, L. E. Produtividade de cultivares de arroz irrigado resultante da aplicação de doses de nitrogênio. *Bragantia*, Campinas, v. 66, n. 2, p. 317-325, 2007.
- GUIMARÃES, E. P. *Qualidade de grão em arroz*. In: Reunião da Comissão Técnica de Arroz da Região II, Campinas, 1989. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1989. 14 p.
- JENNINGS, P. R.; COFFMAN, W. R.; KAUFMAN, H. E. *Rice improvement*. Los Banos: IRRI, 1979. 104 p.
- KELLY, V. Properties of rice products desirable for baby formulation. In: RICE UTILIZACION CONFERENCE, 2., 1961, Albany. *Proceedings...* Albany: USDA, 1961. p. 17.
- KENNEDY, G.; BURLINGAME, B. Analysis of food composition data on rice from a plant genetic resources perspective. *Food Chemistry*, Amsterdam, v. 80, n. 4, p. 589-596, 2003.
- LITTLE, R. R.; HILDER, G. B.; DAWSON, E. H. Differential effect of dilute alkali on 25 varieties of milled white rice. *Cereal Chemistry*, St. Paul, n. 35, p. 111-126, 1958.
- MARCHEZAN, E. Grãos inteiros em arroz. *Lavoura Arrozeira*, Porto Alegre, v. 44, n. 398, p. 3-8, 1991.
- MARCHEZAN, E.; GODOY, O. P.; MARCOS FILHO, J. Relações entre épocas de semeadura, de colheita e rendimento de grãos inteiros de cultivares de arroz irrigado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 28, n. 7, p. 843-848, 1993.
- MARTINEZ-RACINES, C. P.; CUEVAS-PÉREZ, F. E.; MEDINA, L. M. *Evaluación de la calidad culinaria y molinera del arroz*. Cali: CIAT, 1989. 75 p. (CIAT, Série 04SR-07.01).
- NAVES, M. M. V. Características químicas e nutricionais do arroz. *Boletim CEPPA*, Curitiba, v. 25, n. 1, p. 51-60, jan./jun. 2007.
- RAIJ, B. van. *Análise química do solo para fins de fertilidade*. Campinas: Fundação Cargill, 1987. 170 p.
- _____. Nitrogênio. In: _____. (Ed.). *Fertilidade do solo e adubação*. São Paulo: Agronômica Ceres, 1991, cap. 9, p. 163-180.
- SGARBIERI, V. C. Fontes de proteínas na alimentação. In: _____. *Proteínas em alimentos protéicos*. São Paulo: Varela, 1986. cap. 2, p. 139-257.
- SOAVE, D.; BASTOS, C. R.; AZZINI, L. E.; ZULLO, M. A. T. Teor de amilose em genótipos de arroz. *Bragantia*, Campinas, v. 54, n. 1, p. 11-15, 1995.
- SOUZA, S. R.; STARK, E. M. L. M.; FERNANDES, M. S. Teores e qualidade das proteínas de reserva do arroz em função de aplicação suplementar de N. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 28, n. 5, p. 575-583, 1993.
- USBERTI FILHO, J. A.; AZZINI, L. E.; SOAVE, J. Características agronômicas e de qualidade de produtos de cultivares de sequeiro e irrigado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 21, n. 12, p. 1283-1296, 1986.
- VIEIRA, N. R. A. Qualidade de grãos e padrões de classificação de arroz. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v. 25, n. 222, p. 94-100, 2004.
- VIEIRA, N. R. A.; CARVALHO, J. L. V. Qualidade tecnológica. In: VIEIRA, N. R. A.; SANTOS, A. B.; SANT'ANA, E. P. (Org.). *A cultura do arroz no Brasil*. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. p. 586-604.