

EFEITO DA CALAGEM E GESSAGEM SUPERFICIAIS NA PRODUÇÃO E QUALIDADE DE SEMENTES DE ARROZ EM SISTEMA DE PLANTIO DIRETO¹

Simone Aparecida de Oliveira^{2*}, Cláudio Cavariani³, Edson Cabral da Silva⁴, Rogério Peres Soratto³, Carlos Alexandre da Costa Crusciol³

¹Parte da Tese de Doutorado do primeiro autor desenvolvida na Faculdade de Ciências Agrônomicas da UNESP - Campus de Botucatu.

²Faculdade de Engenharia / UNESP - Campus de Ilha Solteira, Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio-Economia. Rua Monção, 830 - CEP: 15.385-000. E-mail: simone@agr.feis.unesp.br (*autor para correspondência).

³Departamento de Produção Vegetal da Faculdade de Ciências Agrônomicas da UNESP - Campus de Botucatu. C.P. 237 - CEP 18603-970 Botucatu, SP. E-mail: ccavariani@registro.unesp.br, soratto@fca.unesp.br, crusciol@fca.unesp.br

⁴USP/CENA, Laboratório de Fertilidade do Solo, Av. Centenário, 303 - CEP 13400-970 Piracicaba, SP. E-mail: ecsilva@cena.usp.br

RESUMO: O arroz é o alimento mais importante para a segurança alimentar do mundo e o manejo aplicado ao solo, geralmente influencia a produção e qualidade da semente. O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da calagem e da gessagem, aplicada superficialmente ao solo, durante a implantação do sistema de plantio direto, sobre a produção e qualidade das sementes de arroz. O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental Lageado, da Faculdade de Ciências Agrônomicas - UNESP, município de Botucatu (SP), num Latossolo Vermelho distroférico, utilizando-se o arroz de terras altas (cv. IAC 202), no ano agrícola 2002/03. O delineamento experimental foi de blocos casualizados com oito tratamentos e quatro repetições, em esquema de parcelas subdivididas. As parcelas foram constituídas por quatro doses de calcário dolomítico: 0; 1,1; 2,7 e 4,3 Mg ha⁻¹ e as subparcelas por ausência e presença de gesso agrícola, igual a 2,1 Mg ha⁻¹. A aplicação de calcário contribuiu para o aumento na produtividade de sementes de arroz com boa qualidade fisiológica. A combinação de calcário e gesso teve efeito positivo sobre a produtividade e os teores de Ca, Mg e S das sementes de arroz.

Palavras-chave: *Oryza sativa*, calcário, gesso, qualidade de sementes, teor de nutrientes.

EFFECTS OF THE LIMING AND GYPSUM IN SURFACE ON THE SEEDS PRODUCTIVITY ON AND QUALITY OF RICE ON THE NO TILLAGE SYSTEM

SUMMARY:: The rice (*Oryza sativa* L.) is the most important food by food security of the world and the management applied to soil usually influences the production and seed quality. The objective this work was evaluate the effects the superficial liming and gypsum, in the implantation of no-tillage system, on the production and quality rice seeds. The experiment was carried in the Experimental farm Lageado, pertaining to the Faculdade de Ciências Agrônomicas - UNESP, located in Botucatu

(SP), Brazil, in a dystroferic Red Latosol, using the high land rice (cv. IAC 202), in 2002/2003 growing season. The used experimental design was randomized complete blocks with eight treatments and four replications, in split-plot. Being the plots consisting of rates dolomitic limestone: 0, 1.1, 2.7 and 4.3 Mg ha⁻¹, and subplots constituted by the absence or application of 2.1 mg ha⁻¹ of gypsum. The limestone application contributes for the increase in the productivity of seeds of rice with good physiologic quality. The limestone and gypsum combination has positive effect on the productivity and the content of Ca, Mg and S of the seeds of rice.

Key words: limestone, gypsum, seeds quality, nutrients content.

INTRODUÇÃO

O Brasil é o nono produtor de arroz do mundo e o maior produtor de América Latina. De acordo com a Conab, (2009), na safra 2007/08, o arroz foi cultivado em 2,88 milhões de hectares no Brasil, com uma produtividade média de apenas 4,20 Mg ha⁻¹. Dentre os principais fatores que contribuem para a baixa média de produtividade de arroz no país, destacam-se o cultivo em solos de baixa fertilidade, problemas de regime de chuvas e falta de infra-estrutura para absorver um sistema de manejo mais tecnificado.

No sistema de plantio direto (SPD), o não revolvimento do solo e o acúmulo de resíduos vegetais e de fertilizantes na superfície podem acelerar o processo de acidificação, conseqüentemente, no SPD existe, também, a necessidade de aplicação de corretivos de acidez (Sousa et al 1996).

Em solos não revolvidos, como os verificados em SPD, a ação corretiva da aplicação superficial do calcário, é limitada pela sua reduzida mobilidade no perfil do solo (Raij et al., 1996). Assim, a aplicação de gesso na superfície do solo tem sido proposta como uma alternativa para promover a lixiviação do cálcio e, conseqüente, decréscimo na saturação de alumínio do subsolo, facilitando o crescimento das raízes e o maior aproveitamento de água e nutrientes pelas plantas (Ritchey et al., 1980; Farina & Channon, 1988; Sousa et al, 1996; Martins et al., 1998).

A qualidade fisiológica, caracterizada pela germinação e vigor, relaciona-se à

capacidade da semente em desempenhar suas funções vitais, podendo ser influenciada por diversos fatores no transcurso do processo de produção. As funções de ativação enzimática, de síntese, de transferência de energia e de regulação hormonal são passos fundamentais do desenvolvimento e da maturação das sementes; assim, tanto macro como micronutrientes apresentam importância similar nesses eventos (Sá, 1994).

O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da calagem e da gessagem superficiais, durante a implantação do sistema de plantio direto, sobre a produção e a qualidade de sementes de arroz.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado na Fazenda Experimental Lageado, pertencente à Faculdade de Ciências Agronômicas - UNESP, Município de Botucatu, SP (48° 23' W e 22° 58' S; 765 m de altitude). O clima predominante na região, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo Cwa, caracterizado como tropical de altitude, com inverno seco e verão quente e chuvoso.

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho distroférrico (350 g kg⁻¹ de argila) (Embrapa, 2006). A caracterização química do solo, antes da instalação dos ensaios, na camada de 0-0,20 m, apresentou os seguintes resultados: pH (CaCl₂): 4,2; M.O.: 20 g dm⁻³; P (resina): 9,5 mg dm⁻³; Ca: 14 mmolc dm⁻³; Mg: 5 mmolc dm⁻³; K: 1,2 mmolc dm⁻³; H+Al: 36 mmolc dm⁻³; SB: 20,2 mmolc dm⁻³; CTC: 57 mmolc dm⁻³ e

saturação por bases de 37%.

Esta área permaneceu por dois anos em pousio. Em fevereiro de 2001, foi semeada a soja (safrinha) com preparo convencional do solo (aração e gradagem). Em outubro de 2001, foi feita uma subsolagem e, em seguida, foi cultivada com guandu, que foi manejado com triturador de palha (02/10/2002).

O delineamento experimental foi de blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas e quatro repetições. As parcelas foram constituídas por quatro doses de calcário dolomítico aplicadas superficialmente no solo (0; 1,1; 2,7 e 4,3 Mg ha⁻¹), visando elevar a saturação por bases original de 37% para 50%, 70% e 90%, respectivamente. As subparcelas foram constituídas pela ausência ou aplicação de 2,1 Mg ha⁻¹ de gesso agrícola (20% de Ca e 16% de S). Cada subparcela tinha a dimensão de 48,6 m² (5,4 x 9,0 m). As doses de calcário foram definidas em função da análise química do solo, na camada de 0-0,20 m; e a de gesso, com base no teor de argila do solo, na profundidade de 0,20-0,40 m (350 g kg⁻¹), utilizando a seguinte equação: NG (mg ha⁻¹) = 6 x teor de argila em g kg⁻¹, ambas conforme recomendações descritas em Raij et al. (1996).

Inicialmente (03/10/2002), foi realizada dessecação da cobertura vegetal da área com a aplicação de herbicida glifosate (2.160 g ha⁻¹) + 2,4 D (1.400 g ha⁻¹). A calagem (15/10/2002) foi realizada sobre os resíduos vegetais de guandu (7,4 Mg ha⁻¹ de matéria seca). No dia seguinte, realizou-se a aplicação de gesso agrícola na metade das parcelas, superficialmente, sem incorporação ao solo.

Em 20/11/2002, foi feita a semeadura do arroz, cultivar IAC-202, utilizando-se cerca de 70 sementes por metro de sulco, com espaçamento entrelinhas de 0,30 m. Cada subparcela foi constituída por 8 linhas de 9,0 m comprimento. A adubação de semeadura foi de 300 kg ha⁻¹ da fórmula-NPK 08-28-16 + 0,5% de Zn + 5% de S. Após a semeadura, aplicouse o herbicida em pré-emergência oxadiazon (1.000 g ha⁻¹). A emergência das plântulas ocorreu no dia 29/11/2002.

Aos 37 dias após a emergência

plântulas (DAE), aplicou-se herbicida propanil + 2,4-D (2.700 + 220 g ha⁻¹). A adubação de cobertura foi realizada com a aplicação de 50 kg ha⁻¹ de N, na forma de uréia, aos 45 DAE, quando se encontravam no estágio de perfilhamento. O florescimento ocorreu aos 96 DAE.

A colheita do arroz foi efetuada manualmente quando os grãos dos 2/3 superiores de 50% das panículas apresentavam-se duros e os do terço inferiores, semiduros. O ponto de colheita foi detectado aos 116 DAE. A produção de sementes foi determinada mediante a colheita manual de 3 linhas centrais de 7,0 m de comprimento, em cada subparcela. Em seguida, foi realizada a trilha manual, secagem à sombra e a limpeza do material, separando-se a palha e os grãos chochos com auxílio de uma peneira, através de abanação manual. Logo após, foi determinado o peso dos grãos, padronizando-se a 13% de umidade.

A avaliação da qualidade das sementes foi realizada logo após a colheita e aos seis meses de armazenamento, em câmara seca a 25°C e umidade relativa de 50%, no Laboratório de Análise de Sementes do Departamento de Produção Vegetal - Setor de Agricultura, FCA/UNESP.

As avaliações foram realizadas, em cada um dos tratamentos, de acordo com as Regras para Análise de Sementes (Brasil, 1992):

a) **Massa de 1000 sementes** - 8 subamostras;

b) **Peso volumétrico** - 2 subamostras foram pesadas em balança de precisão (0,001 g) e os dados obtidos transformados em kg hl⁻¹;

c) **Teor de água das sementes** - 4 subamostras de 25 sementes, colocadas em recipientes de alumínio com tampa, pesadas em balança de precisão (0,001 g) e secas em estufa a 105°C+ 3°C, durante 24 horas;

d) **Primeira contagem de germinação** - avaliada com o teste padrão de germinação, considerando-se o número de plântulas normais verificadas no 7º dia, após a instalação do mesmo;

e) Teste de germinação - 4 repetições de 50 sementes, em rolo de papel toalha e semeadura entre papel previamente umedecido com água com 2,5 vezes seu peso. Os rolos foram colocados em sacos plásticos, e levados à câmara de germinação com temperatura regulada a 25°C. Foram realizadas leituras aos 7 e 14 dias, e os resultados expressos em porcentagem;

f) Teste de envelhecimento acelerado - 300 sementes distribuídas sobre uma tela de aço inox, fixada no interior de caixas plásticas (gerbox), contendo 40 ml de água destilada.

Os recipientes, com as amostras, foram colocados em estufa incubadora com temperatura regulada a 42°C por 120 horas (Marcos Filho et al., 1987). Em seguida, as sementes foram submetidas ao teste de germinação, com 4 repetições de 50 sementes, realizando-se a contagem de plântulas normais no 7º dia, expressando-se os resultados em porcentagem de plântulas normais;

g) Matéria seca de plântulas normais da primeira contagem, da germinação e do envelhecimento acelerado - as plântulas normais, de cada rolo foram separadas dos resquícios das sementes e colocadas em sacos de papel Kraft e, secadas em estufa a 65°C até atingir peso constante;

h) Teste de condutividade elétrica - 4 subamostras de 25 sementes, com massa conhecida, foram imersas em 75 ml de água destilada e deionizada, por 24 horas a 25°C; em seguida, agitou-se a amostra e procedeu-se a leitura dos lixiviados em condutivímetro Digimed a 25°C, conforme Vieira (1994);

i) Lixiviação de K e Ca - avaliada com base na metodologia descrita por Dias et al.

(1997);

j) Teste de emergência em campo - foram semeadas 4 subamostras de 50 sementes, em sulco com 1,0 m de comprimento e, aproximadamente 0,03 m de profundidade. A avaliação foi feita aos 21 dias após a semeadura, considerando as plântulas emersas presentes;

k) Velocidade de emergência em campo - a partir da data do início da emergência das plantas, diariamente foram anotados os números de plântulas emersas, até que o processo se estabilizasse (Marcos Filho et al., 1987);

l) Composição química - foram pesadas 4 g de sementes e determinados dos teores de N, P, K, Ca, Mg e S, de acordo com a metodologia descrita em Malavolta et al. (1997).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, aplicando-se o teste F. As médias referentes à aplicação de gesso foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Para doses de calcário realizou-se a análise de regressão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com relação à produtividade de sementes e massa de 1000 sementes, foram observadas interações entre dois os fatores. Fixado o tratamento sem aplicação de gesso, a elevação das doses de calcário proporcionou elevação da produção, embora sem diferença significativa entre a dose 2,7 Mg ha⁻¹ e a testemunha. Em relação à massa de 1000 sementes, as doses mais elevadas de calcário destacaram-se das demais (Tabela 01).

Tabela 01. Produção, teor de água, massa de 1000 e peso volumétrico de sementes de arroz cv. IAC 202, na colheita (0 mês), considerando doses de calcário e aplicação de gesso, Botucatu, SP.

Calcário (Mg ha ⁻¹)	Sem gesso	Com gesso	Média
Produtividade (kg ha⁻¹)			
0,0	636bA	687bA	661
1,1	1128aA	671bB	899
2,7	1003abB	1407aA	1205
4,3	1114aA	859bA	986
Média	970	906	
Teor de água (%)			
0,0	11,16	11,27	11,22
1,1	11,43	11,33	11,38
2,7	11,21	10,96	11,08
4,3	11,86	11,42	11,64
Média	11,41	11,24	
Massa de 1000 sementes (g)			
0,0	18,48cA	17,80dB	18,14
1,1	18,50cA	18,96cA	18,73
2,7	20,63bB	21,58aA	21,10
4,3	22,74aA	20,87bB	21,81
Média	20,08	19,80	
Peso volumétrico (kg hL⁻¹)			
0,0	52,6	51,8	52,2b
1,1	54,0	52,8	53,4a
2,7	52,2	52,2	52,2b
4,3	53,4	52,6	53,0ab
Média	53,5A	52,4B	

Médias seguidas por letras distintas, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem entre si a 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey.

Considerando a aplicação de gesso, a dose de 2,7 Mg ha⁻¹ de calcário sobressaiu-se em relação às demais, tanto em produtividade quanto na massa de 1000 sementes (Tabela 01). Já quando fixadas as doses de calcário, não se constatou benefícios claros à produtividade e à massa de 1000 sementes pela aplicação de gesso em relação aos tratamentos sem gesso. Comparado aos resultados observados por Crusciol et al. (2003), a produção de sementes foi reduzida, provavelmente em decorrência de variações de temperatura e precipitação ocorrida próximo à época de florescimento das plantas. De acordo com os resultados, o emprego da calagem induziu ao aumento da produtividade e da massa de sementes de arroz, de terras altas. Este comportamento contraria o

observado por Dynia & Moraes (1998) e Moraes & Dynia (1998) que, no entanto, utilizaram área de várzea em que ocorre, naturalmente, elevação do pH do solo com a irrigação por inundação. Mesquita (1993) verificou elevação da produtividade de arroz com o emprego de gesso, fato não claramente constatado neste estudo.

O peso volumétrico foi influenciado pelos fatores isolados, calagem e gessagem (Tabela 01). Desse modo, em termos médios, o uso do gesso foi desvantajoso em relação aos tratamentos sem gesso; embora tenha sido acusada superioridade da dose de 1,1 Mg ha⁻¹ de calcário sobre a massa volumétrica das sementes, os valores foram próximos aos verificados nas demais doses.

Tabela 02. Equações de regressão, ponto máximo ou mínimo (PM) e coeficiente de determinação (R²) de produtividade, massa de 1000 e peso volumétrico de sementes de arroz cv. IAC 202, na colheita (0 mês), considerando doses de calcário e aplicação de gesso, Botucatu, SP.

Tratamento	Equações	PM	R ²
Produção (Mg ha⁻¹)			
C	Y = -66,59x ² + 372,17x + 633,64	2,79	0,94**
C x SG	Y = 83,10x + 802,02	-	0,46*
C x CG	Y = -87,12x ² + 461,69x + 558,54	2,65	0,54**
Massa de 1000 sementes (g)			
C	Y = 0,93x + 18,07	-	0,95**
C x SG	Y = 1,05x + 17,96	-	0,94**
C x CG	Y = -0,32x ² + 2,17x + 17,54	3,39	0,93**

PM = b/-(2a); ns, **, *: não significativo, significativo a 1% e 5%, respectivamente, pelo teste de F.

os dados de produtividade ajustaram-se a um modelo quadrático, indicando doses entre 2,65 e 2,79 Mg ha⁻¹, como condicionadoras de máxima produtividade (Tabela 02). Já, a massa de 1000 sementes, aumentou de forma linear com as doses de calcário contribuindo, assim, para a produção de sementes com maior massa. Caires et al. (2004) verificaram que a aplicação de gesso em combinação com

a calagem ocasionou acréscimo de 17% na produtividade de milho, revelando-se uma prática eficiente para maximizar a produtividade de grãos. Este aumento na produtividade não foi ocasionado por alterações no crescimento do sistema radicular; porém, esteve relacionado com o aumento da saturação por Ca nas camadas superficiais do solo.

Tabela 03. Dados da qualidade fisiológica de sementes de arroz cv. IAC 202, na colheita (0 mês) e após armazenamento (6 meses), considerando doses de calcário e aplicação de gesso, Botucatu, SP.

Calcário (Mg ha ⁻¹)	0 mês			6 meses		
	Sem gesso	Com gesso	Média	Sem gesso	Com gesso	Média
1^a contagem (%)						
0,0	50,50bB	70,50abA	60,50	69,50	72,50	71,00
1,1	68,00aB	76,00aA	72,00	72,00	68,50	70,25
2,7	71,50aA	73,00abA	72,25	77,00	71,50	74,25
4,3	77,50aA	64,50bB	71,00	79,00	73,00	76,00
Média	66,88	71,00		74,38	71,38	
MSP - 1^a contagem (mg pl.⁻¹)						
0,0	2,25	2,16	2,20b	1,69	2,06	1,87c
1,1	2,26	2,30	2,28b	2,04	2,13	2,08bc
2,7	2,64	2,60	2,62a	2,47	2,43	2,45ab
4,3	2,73	2,51	2,62a	2,85	2,53	2,69a
Média	2,47A	2,39A		2,26A	2,29A	
Germinação (%)						
0,0	80,00	85,50	82,75	82,50	82,00	82,25a
1,1	84,00	91,00	87,50	86,00	81,00	83,50a
2,7	84,00	86,00	85,00	86,00	86,00	86,00a
4,3	90,00	83,50	86,75	89,00	82,50	85,75a
Média	84,50	86,50		85,88A	82,88B	
MSP - Germinação (mg pl.⁻¹)						
0,0	3,14aA	2,25bB	2,69	2,00	2,16	2,08c
1,1	2,49bA	2,48abA	2,48	2,22	2,22	2,22bc
2,7	2,72abA	2,72aA	2,72	2,50	2,66	2,58ab
4,3	2,93abA	2,64abA	2,78	2,87	2,57	2,72a
Média	2,82	2,52		2,40A	2,40A	

MSP - matéria seca de plântulas; Médias seguidas por letras distintas, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem entre si a 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey.

Houve interação significativa entre os dois fatores, após a colheita, para primeira contagem e matéria seca de plântulas normais da germinação (Tabela 03). A dose de 4,3 Mg ha⁻¹ na ausência de gesso propiciou aumento na matéria seca de plântulas da germinação e na porcentagem de plântulas normais da primeira contagem. As doses de calcário de 2,7 e 4,3 Mg ha⁻¹ foram benéficas para o aumento

da matéria seca de plântulas da primeira contagem (0 e 6 meses) e matéria seca de germinação (6 meses). No entanto, a aplicação de gesso influenciou negativamente a porcentagem de plântulas normais da germinação, aos 6 meses (Tabela 03). Nakagawa et al. (1990) também verificaram que, a calagem proporcionou aumento na germinação de sementes de amendoim.

Tabela 04. Equações de regressão, ponto máximo ou mínimo (PM) e coeficiente de determinação (R²) da qualidade fisiológica de sementes de arroz cv. IAC 202, na colheita (0 mês) e após armazenamento (6 meses), considerando doses de calcário e aplicação de gesso, Botucatu, SP.

Tratamento	0 mês			6 meses		
	Equações	PM	R ²	Equações	PM	R ²
1ª contagem (%)						
C	$Y = -1,64x^2 + 9,12x + 61,56$	2,78	0,89**	-	-	ns
C x SG	$Y = 5,61x + 55,51$	-	0,83**	-	-	-
C x SG	$Y = -1,65x^2 + 12,75x + 52,17$	3,86	0,93*	-	-	ns
C x CG	$Y = -1,64x^2 + 5,49x + 70,94$	1,67	0,97*	-	-	ns
MSP - 1ª contagem (mg pl.⁻¹)						
C	$Y = 0,11x + 2,21$	-	0,86**	$Y = 0,19x + 1,88$	-	0,99**
C x SG	$Y = 0,13x + 2,21$	-	0,90**	$Y = 0,27x + 1,72$	-	0,99**
C x CG	$Y = 0,09x + 2,21$	-	0,72**	$Y = 0,12x + 2,05$	-	0,95**
Germinação (%)						
C	-	-	ns	$Y = 0,88x + 82,59$	-	0,84*
C x SG	$Y = 2,05x + 80,34$	-	0,88*	$Y = 1,31x + 83,21$	-	0,86*
MSP - Germinação (mg pl.⁻¹)						
C	-	-	ns	$Y = 0,16x + 2,08$	-	0,97**
C x SG	$Y = 0,10x^2 - 0,45x + 3,05$	2,25	0,71**	$Y = 0,20x + 1,99$	-	0,99**
C x CG	$Y = 0,09x + 2,33$	-	0,72**	$Y = 0,12x + 2,17$	-	0,76*

MSP - matéria seca de plântulas; PM = b/-(2a); **, *, ns - teste de F significativo em nível de 1% e 5% de probabilidade e não significativo, respectivamente.

Na análise de regressão, os dados da primeira contagem (0 mês) ajustaram-se de forma quadrática (Tabela 04); as doses entre 1,67 e 3,86 Mg ha⁻¹ de calcário foram as que propiciaram porcentagens mais elevadas de

plântulas normais. Verificou-se elevação linear da porcentagem de germinação (0 e 6 meses), e a matéria seca de plântulas da primeira contagem (0 e 6 meses) e da germinação (6 meses) com o aumento das doses de calcário.

Tabela 05. Dados da qualidade fisiológica de sementes de arroz cv. IAC 202, na colheita (0 mês) e após armazenamento (6 meses), considerando doses de calcário e aplicação de gesso, Botucatu, SP.

Calcário (Mg ha ⁻¹)	0 mês			6 meses		
	Sem gesso	Com gesso	Média	Sem gesso	Com gesso	Média
Envelhecimento acelerado (%)						
0,0	61,50	65,50	63,50bc	46,00cA	48,00aA	47,00
1,1	54,50	59,50	57,00c	51,50bcA	62,50aA	57,00
2,7	72,50	67,50	70,00ab	65,00abA	59,50aA	62,25
4,3	73,50	73,00	73,25a	70,50aA	54,50aB	62,50
Média	65,50A	66,38A		58,25	56,13	
MSP - EA (mg pl.⁻¹)						
0,0	3,03bcA	2,92bcA	2,98	2,68	2,35	2,51b
1,1	3,17abA	2,79cB	2,98	2,82	2,65	2,74b
2,7	3,52aA	3,38aA	3,45	3,67	3,48	3,57a
4,3	2,61cB	3,33abA	2,97	3,69	3,11	3,40a
Média	3,08	3,11		3,21A	2,90B	
Teor de água do EA (%)						
0,0	37,15aA	32,04abB	34,59	30,32	27,74	29,03
1,1	33,79abA	27,40bB	30,60	26,95	24,65	25,80
2,7	28,93bB	35,10aA	32,02	26,74	37,80	32,27
4,3	29,11bA	29,53bA	29,32	26,59	24,46	25,52
Média	32,24	31,02		27,65	28,66	
Condutividade elétrica (µS/cm/g)						
0,0	84,03aA	91,52aA	87,77	77,18aA	78,31aA	77,74
1,1	85,57aB	95,33aA	90,45	68,82aB	78,41aA	73,62
2,7	64,34bA	65,07bA	64,71	55,36bA	49,38bA	52,37
4,3	38,08cB	59,67bA	48,87	36,22cB	47,59bA	41,90
Média	68,00	77,90		59,39	63,42	

MSP - matéria seca de plântulas; EA - envelhecimento acelerado; Médias seguidas por letras distintas, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem entre si a 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey.

Quanto ao vigor de sementes, verificou-se efeito da interação entre os fatores calagem e gessagem nos testes de envelhecimento acelerado (6 meses), matéria seca de plântulas normais do envelhecimento acelerado (0 mês) e condutividade elétrica (0 e 6 meses); efeitos isolados de calagem para envelhecimento acelerado (0 mês), e do calcário e gesso para matéria seca de plântulas normais do envelhecimento acelerado (6 meses) (Tabela 05).

O teste de envelhecimento acelerado acusou, ao início do armazenamento, benefícios ao vigor das sementes, quando se aplicou doses mais elevadas de calcário, aos 6 meses; também, as doses maiores

destacaram-se nos tratamentos sem gesso. Quando se compara os tratamentos sem e com gesso dentro das doses de calcário, constata-se ausência de efeitos, à exceção da dose de 4,3 Mg ha⁻¹ de calcário, sem aplicação de gesso, estatisticamente superior ao tratamento com aplicação de gesso (Tabela 05).

Em termos de matéria seca de plântulas normais do envelhecimento acelerado, aos 6 meses, destacaram-se a dose de 2,7 Mg ha⁻¹ de calcário no tratamento sem gesso, e de 2,7 e 4,3 Mg ha⁻¹ nos tratamentos com gesso. Não se constatou benefícios claros da aplicação de gesso, considerando as doses de calcário. Aos seis meses, as doses mais elevadas de

calcário destacaram-se ao proporcionarem plântulas com maior massa de matéria seca, após o envelhecimento acelerado.

O teor de água das sementes, no teste de envelhecimento acelerado, revelou-se compatíveis aos indicados por Lemos et al. (2001). Estes autores constataram que sementes de feijão com teores de água mais elevados, ao final do teste de envelhecimento acelerado, apresentaram menor vigor. De acordo com Marcos Filho (1999), esse comportamento ocorre devido às alterações degenerativas no metabolismo das sementes, provocando a queda da viabilidade, a redução da velocidade da germinação e/ou a morte das sementes.

Efeitos nítidos dos efeitos da calagem foram detectados pelo teste de condutividade elétrica. Desse modo, tanto ao início quanto aos 6 meses de armazenamento, constatou-se redução da condutividade elétrica no lixiviado das sementes, nas doses de calcário mais

elevadas (2,7 e 4,3 Mg ha⁻¹), independentemente dos tratamentos com e sem gesso. Esse efeito pode ser atribuído à função estrutural do cálcio que, entre outras funções, é responsável pela integridade das membranas celulares (Sá, 1994).

A lixiviação de K das sementes de arroz foi reduzida com aplicação de calcário, tanto ao início quanto ao final do período de armazenamento (Tabela 05), coincidindo com os resultados do teste de emergência em campo. A aplicação de gesso tendeu a reduzir o vigor, avaliado pela lixiviação de K. De acordo, com os dados dos testes de emergência e índice de velocidade de emergência de plântulas no campo, constataram-se benefícios à qualidade das sementes, para dose mais elevada de calcário, na ausência de gesso, após o armazenamento por seis meses. No entanto, este comportamento não foi verificado no início do armazenamento.

Tabela 06. Equações de regressão, ponto máximo ou mínimo (PM) e coeficiente de determinação (R²) da qualidade fisiológica de sementes de arroz cv. IAC 202, na colheita (0 mês) e após armazenamento (6 meses), considerando doses de calcário e aplicação de gesso, Botucatu, SP, 2002/03.

Tratamento	0 mês			6 meses		
	Equações	PM	R ²	Equações	PM	R ²
Envelhecimento acelerado (%)						
C	Y = 3,08x + 59,71	-	0,64**	Y = 3,43x + 50,24	-	0,79**
C x SG	Y = 3,89x + 57,62	-	0,64**	Y = 6,00x + 46,11	-	0,97**
C x CG	Y = 2,26x + 61,79	-	0,58*	Y = -2,38x ² + 11,18x + 49,55	2,35	0,80*
MSP - EA (mg pl.⁻¹)						
C	Y = -0,07x ² + 0,34x + 2,89	2,43	0,54**	Y = -0,08x ² + 0,57x + 2,42	3,56	0,89*
C x SG	Y = -0,14x ² + 0,52x + 2,95	1,86	0,83**	Y = 0,27x + 2,67	-	0,87**
C x CG	Y = 0,13x + 2,84	-	0,67**	Y = -0,11x ² + 0,69x + 2,25	3,14	0,88*
Teor de água do EA (%)						
C	Y = -0,95x + 33,55	-	0,62**	-	-	ns
C x SG	Y = -1,96x + 36,21	-	0,86**	-	-	ns
Condutividade elétrica (µS/cm/g)						
C	Y = -10,06x + 93,33	-	0,91**	Y = -8,96x + 79,55	-	0,97**
C x SG	Y = -2,69x ² + 0,39x + 85,36	0,07	0,99**	Y = -9,46x + 78,55	-	0,99**
C x CG	Y = -8,86x + 95,84	-	0,84**	Y = -8,46x + 80,54	-	0,85**
Lixiviação de K (mg g⁻¹)						
C	Y = -0,27x + 2,18	-	0,89**	Y = -0,11x + 1,33	-	0,98**
C x SG	Y = -0,31x + 2,16	-	0,93**	Y = -0,12x + 1,33	-	0,98**
C x CG	Y = -0,23x + 2,19	-	0,82**	Y = -0,10x + 1,33	-	0,86**
Emergência em campo (%)						
C x SG	-	-	ns	Y = 6,05x ² - 18,94x + 37,80	1,57	0,96**
C x CG	Y = -2,61x ² + 8,17x + 26,05	1,57	0,99*	-	-	ns
IVE						
C	-	-	ns	Y = 0,15x ² - 0,38x + 1,99	1,27	0,88*
C x SG	-	-	ns	Y = 0,39x ² - 1,15x + 1,84	1,47	0,96**
C x CG	Y = -0,10x ² + 0,34x + 0,77	1,70	0,99**	-	-	ns

MSP - matéria seca de plântulas; EA - envelhecimento acelerado; PM = b/-(2a); IVE - índice de velocidade de emergência; ns **, *: não significativo, significativo a 1% e 5%, respectivamente, pelo teste de F.

De acordo com a análise de regressão (Tabela 06), a matéria seca de plântulas do envelhecimento acelerado (0 e 6 meses), a emergência em campo e índice de velocidade (0 mês) ajustou-se a uma função quadrática, destacando-se as doses entre 1,57 e 3,56 Mg ha⁻¹ de calcário como vantajosas ao vigor das sementes de arroz. Aos seis meses, a emergência em campo e o índice de velocidade de emergência se comportaram de forma quadrática, apresentando doses mínimas entre 1,27 e 1,57 Mg ha⁻¹ de calcário, indicativo de que doses acima destes valores ocasionaram sementes mais vigorosas.

As doses de calcário elevaram a porcentagem de plântulas normais do envelhecimento acelerado, de forma linear. Já a condutividade elétrica e a lixiviação de K, apresentaram um comportamento linear decrescente; assim, a diminuição da lixiviação de solutos das sementes com as crescentes doses de calcário indicaria a melhor integridade das membranas (Tabela 06). Portanto, o calcário forneceu cálcio para a cultura do arroz, contribuindo para a produção de sementes de boa qualidade fisiológica.

Segundo Bewley e Black (1982), a integridade das membranas é incompleta

durante alguns minutos, após a embebição; com o decorrer do tempo, essa situação se altera com a retomada natural de sua configuração mais estável ou através da restauração por algum mecanismo enzimático ainda não identificado.

Com relação aos teores de nutrientes nas sementes, ocorreu interação entre dois fatores para K, Ca, Mg e S; na presença de gesso para Ca e S, na ausência de gesso para K, e na presença de gesso para Mg, influenciaram o aumento destes teores.

Assim, a aplicação de calcário e gesso, que são fontes de cálcio e enxofre, respectivamente, contribuiu para a elevação destes teores. Caires et al. (2004) verificaram que o efeito do gesso na redução da concentração de Mg nas folhas de milho, mostrando que a lixiviação de Mg no solo proporcionada com a sua aplicação, prejudicou a absorção do nutriente pelas plantas. Por isso, quando o gesso é aplicado em doses elevadas no solo, devem ser desenvolvidas estratégias para minimizar as perdas de Mg trocável. Por essa razão, o uso de gesso não tem sido recomendado de forma isolada, mas sim em combinação com o calcário dolomítico.

Tabela 07. Teores de nutrientes nas sementes de arroz cv. IAC 202, na colheita (0 mês), considerando doses de calcário e aplicação de gesso, Botucatu, SP, 2002/03.

Calcário (Mg ha ⁻¹)	Sem gesso	Com gesso	Média
		Nitrogênio (g kg⁻¹)	
0,0	15,67	15,78	15,72ab
1,1	16,12	14,98	15,55ab
2,7	16,57	15,96	16,27a
4,3	15,86	14,48	15,17b
		Fósforo (g kg⁻¹)	
0,0	2,83	3,13	2,98a
1,1	2,92	2,90	2,91ab
2,7	3,07	2,79	2,93a
4,3	2,34	2,70	2,52b
		Potássio (g kg⁻¹)	
0,0	6,09aA	5,47aA	5,78
1,1	5,08bA	5,51aA	5,29
2,7	4,65bA	4,49bA	4,57
4,3	2,97cB	3,75bA	3,36
		Cálcio (g kg⁻¹)	
0,0	0,39bB	0,53aA	0,46
1,1	0,53aA	0,56aA	0,55
2,7	0,42bA	0,39bA	0,41
4,3	0,55aA	0,62aA	0,58
		Magnésio (g kg⁻¹)	
0,0	1,62aA	1,76aA	1,69
1,1	1,57abA	1,62aA	1,59
2,7	1,68aA	1,56aA	1,63
4,3	1,32bB	1,64aA	1,48
		Enxofre (g kg⁻¹)	
0,0	1,11aA	1,09bA	1,10
1,1	1,12aA	1,12abA	1,12
2,7	1,03aB	1,18abA	1,10
4,3	1,11aB	1,20aA	1,15

Médias seguidas por letras distintas, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem entre si a 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey.

Quanto ao efeito isolado de calcário e do gesso, as doses de 0,0 a 2,7 Mg ha⁻¹ de calcário e a ausência de gesso, para N e P, contribuíram para a elevação dos mesmos (Tabela 07). Comparando os resultados encontrados neste trabalho, os teores de N e S foram semelhantes, os de P, K e Mg foram maiores e de Ca foi inferior aos encontrados por Crusciol et al. (2003) para arroz de terras altas.

Os teores de N, P, Ca, Mg e S se ajustaram a uma função quadrática; as doses entre 1,50 e 2,90 Mg ha⁻¹ de calcário proporcionaram o aumento dos mesmos. Já para o potássio, aumentou de forma linear com as doses crescentes de calcário.

CONCLUSÕES

A aplicação de calcário contribuiu para o aumento na produtividade de sementes de arroz com boa qualidade fisiológica.

A combinação de calcário e gesso teve efeito positivo sobre a produtividade e os teores de Ca, Mg e S das sementes de arroz.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Regras para análise de sementes. Brasília: SNDA/DNDV/CLV, 1992. 365 p.

BEWLEY, J.D.; BLACK, M. Physiology and biochemistry of seeds. Berlin: Springer-Verlag, v. 2, 1982. 375 p.

CAIRES, E.F.; KUSMAN, M.T.; BARTH, G.; GARBUIO, F.J.; PADILHA, J.M. Alterações químicas do solo e resposta do milho à calagem e aplicação de gesso. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.28, n.1, p. 125-136, 2004.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento de safra brasileira: grãos, sexto levantamento. Brasília: Conab, 2009 <http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/6graos_08.09.pdf>. Acesso em: 01 mar.

2009.

CRUSCIOL, C.A.C.; ARF, O.; SORATTO, R.R.; MACHADO, J.R. Influência de lâminas de água e adubação mineral na nutrição e produtividade de arroz de terras altas. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.27, p.647-654, 2003.

DIAS, D.C.F.S.; MARCOS FILHO, J.; CARMELO, Q.A.C. Teste de lixiviação de potássio para avaliação do vigor de sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill). Scientia Agrícola, Piracicaba, v. 52, n. 3, p. 444-451, 1997.

DYNIA, J.F.; MORAES, J.F.V. Calagem, adubação com micronutrientes e produção de arroz irrigado e feijoeiro em solo de várzea. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 33, n. 6, p. 831-838, 1998.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Chave de classificação dos solos: latossolos. In: Sistema brasileiro de classificação de solos: Brasília, Embrapa Produção de informações, Rio de Janeiro, 2006. <<http://200.20.158.8/blogs/sibcs/wp-content/uploads/2006/10/blog-latossolos-2.pdf>> Acesso em: 01 mar. 2009.

FARINA, M.P.W.; CHANNON, P. Acid subsoil smelioration. I. A comparison of several mechanical procedures. Soil Science Society of America Journal, Madson, v.52, p.160-175, 1988.

LEMONS, L.B.; PANOBIANCO, M.; SADER, R.; BANZATTO, D.A.; SILVA, T.R.B. Temperatura e período de exposição no teste de envelhecimento acelerado em sementes de cultivares de feijão. Cultura Agrônômica, Ilha Solteira, v.10, n.1, p.225-237, 2001.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da potassa e do Fosfato, 1997. 195 p.

MARCOS FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA-NETO, J.B. (Eds.). Vigor em sementes: conceitos e testes. Londrina: ABRATES, 1999. cap. 3, p. 1-24.

MARCOS FILHO, J.; CICERO, S.M.; SILVA, W.R. Testes de vigor. In: . Avaliação da qualidade das sementes. Piracicaba: FEALQ, 1987. p. 149-201.

MARTINS, O.C.; NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.H.; BARROS, N.F.; RIBEIRO, A.C. Respostas à aplicação de diferentes misturas de calcário e gesso em solos. II - Crescimento de raízes, absorção de nutrientes e produtividade da soja. Ceres, Viçosa, v.34, p.451-466, 1998.

MESQUITA, H.A. Efeito do gesso e do calcário em solo aluvial cultivado com arroz (*Oryza sativa* L.). 1993. 81 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, 1993.

MORAES, J.F.V.; DYNIA, J.F. Adubação, calagem, disponibilidade de nutrientes e produção de arroz e feijão em solo nivelado. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 33, n. 9, p. 1443-1449, 1998.

NAKAGAWA, J.; IMAIZUMI, J.; ROSSETO, C.A.V. Efeitos de algumas fontes de fósforo e da calagem na qualidade de sementes de amendoim. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 25, n. 4, p. 505-512, 1990.

RAIJ, B.van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2.ed. Campinas: Instituto Agrônomo & Fundação IAC, 1996. 285p. (Boletim Técnico 100).

RITCHEY, K.D.; SOUZA, K.M.G.; LOBATO, E.; CORREA, O. Calcium leaching to increase rooting depth in a Brazilian Savannah Oxisol. Agronomy Journal, Madson, v.72, p.40-44,

1980.

SÁ, M.E. Importância da adubação na qualidade de sementes. In: SÁ, M.E; BUZZETI, S. (Coord.). Importância da adubação na qualidade dos produtos agrícolas. São Paulo: Ícone, 1994. p. 65-98.

SOUZA, D.M.G.; LOBATO, E.; REIN, T.A. Uso de gesso agrícola nos solos dos Cerrados. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1996. 20 p. (EMBRAPA-CPAC. Circular Técnica, 32).

VIEIRA, R.D. Teste de condutividade elétrica. In: VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M. (Eds.) Testes de vigor em sementes. Jaboticabal: FUNEP, 1994. p. 103-132.I