

Seja o doutor do seu arroz

Nand Kumar Fageria¹

Evane Ferreira¹

Anne Sitarama Prabhu²

Morel P. Barbosa Filho¹

Marta Cristina Filippi¹

1. NUTRIÇÃO MINERAL DO ARROZ

No processo de modernização e racionalização da agricultura brasileira, o uso de adubação e de calagem constitui um fator importante para o aumento da produtividade. A crescente globalização da economia exige, cada vez mais, a adoção de métodos e técnicas de cultivo adequados, para manter a competitividade e a sustentabilidade do sistema agrícola. Neste contexto, a manutenção da fertilidade do solo, em nível adequado, é fundamental.

• Exigência nutricional do arroz

Para manter a fertilidade de um dado solo no nível adequado necessita-se conhecer não só seus parâmetros de fertilidade do solo bem como a exigência nutricional de uma dada cultura. A exigência nutricional do arroz é determinada por vários fatores como condições climáticas, tipo de solo, cultivar plantada, produtividade esperada e práticas culturais adotadas.

As Tabelas 1 e 2 mostram a acumulação de nutrientes pela cultura de arroz, de sequeiro e irrigado, em solo de cerrado e de várzea, respectivamente. A acumulação de nutrientes na cultura de arroz de sequeiro segue a seguinte ordem: N > K > P > Ca > Mg >

Fe > Mn > Zn > Cu. Para produzir uma tonelada de grãos de arroz de sequeiro são extraídos 47 kg de N, 7,5 kg de P, 34 kg de K, 5,5 kg de Ca, 4,5 kg de Mg, 96 g de Zn, 23 g de Cu, 377 g de Mn e 1.043 g de Fe. Na cultura de arroz irrigado, a acumulação de nutrientes segue a seguinte ordem: K > N > Ca > P > Mg > Fe > Mn > Zn > Cu. Para produzir uma tonelada de grãos de arroz irrigado são extraídos 20 kg de N, 4,5 kg de P, 34 kg de K, 5,3 kg de Ca, 3,2 kg de Mg, 113 g de Zn, 32 g de Cu, 718 g de Mn e 788 g de Fe.

2. DEFICIÊNCIAS NUTRICIONAIS NA CULTURA DE ARROZ

O crescimento normal das culturas exige, como essenciais, os 16 nutrientes seguintes: carbono, hidrogênio, oxigênio, nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, boro, cloro, cobre, ferro, manganês, molibdênio e zinco. Carbono, hidrogênio e oxigênio vêm do ar e da água. De acordo com a quantidade absorvida pelas plantas, os nutrientes restantes são divididos em macro e micronutrientes, que para serem absorvidos devem se encontrar na forma “disponível” e em concentrações e proporções adequadas. Ainda que os macronutrientes N, P, K, Ca, Mg e S sejam necessários em maior quantidade do que os micronutrientes B, Cl, Cu, Fe, Mn, Mo e Zn, todos são igualmente essenciais.

Tabela 1. Produção e acumulação de nutrientes pela cultura de arroz de sequeiro, sob diferentes níveis de fertilidade do solo.

Fertilidade do solo	Parte da planta	Produção kg/ha	N	P	K	Ca	Mg	Zn	Cu	Mn	Fe
			kg/ha								
Baixa	Parte aérea	2.110	20	4	53	7,00	5,00	97	16	445	1.517
	Grãos	1.684	51	5	3	0,69	1,86	38	26	54	120
	Total	3.794	71	9	56	7,69	6,86	135	42	499	1.637
Média	Parte aérea	2.992	28	7	72	10,00	7,00	152	20	639	1.454
	Grãos	2.117	88	7	4	0,83	2,36	46	31	72	137
	Total	5.109	116	14	76	10,83	9,36	198	51	711	1.591
Alta	Parte aérea	3.494	35	7	77	14,00	9,00	178	20	814	2.062
	Grãos	2.104	106	7	4	0,84	2,40	46	32	78	119
	Total	5.598	141	14	81	14,84	11,40	324	52	892	2.181
Média + adubo verde	Parte aérea	3.524	26	10	67	11,00	7,00	176	15	914	3.109
	Grãos	2.403	39	15	5	0,96	2,79	63	31	113	142
	Total	5.927	65	25	72	11,96	9,79	239	46	1.027	3.251

Os valores são média de três cultivos. No tratamento fertilidade média + adubo verde os dados são de apenas um cultivo.

¹ Engº Agrº, Pesquisador da EMBRAPA-CNPMS. Caixa Postal 151, 35701-970 Sete Lagoas-MG. Telefone:

² Biólogo, Pesquisador da EMBRAPA-CNPMS. Caixa Postal 151, 35701-970 Sete Lagoas-MG. Telefone:

Tabela 2. Produção e acumulação de nutrientes pela cultura de arroz irrigado, sob diferentes níveis de fertilidade, em solo de várzea¹.

Fertilidade do solo	Parte da planta	Produção kg/ha	N	P	K	Ca	Mg	Zn	Cu	Mn	Fe
			----- (kg/ha) -----					----- (g/ha) -----			
Baixa	Parte aérea	5.406	29	6	169	22,00	9,00	443	22	2.728	2.952
	Grãos	4.307	80	19	13	1,91	4,38	177	152	218	620
	Total	9.713	109	25	182	23,91	13,38	620	174	2.946	3.572
Média	Parte aérea	7.987	41	8	154	24,00	11,00	413	24	3.320	3.135
	Grãos	5.523	56	14	14	1,80	6,14	133	125	228	908
	Total	13.510	97	22	168	15,80	17,14	546	149	3.548	4.043
Alta	Parte aérea	10.726	55	11	207	36,00	16,00	642	53	4.902	3.927
	Grãos	5.464	61	15	13	1,68	6,10	134	140	228	884
	Total	16.190	116	26	220	7,68	22,10	776	193	5.130	4.811
Média + adubo verde	Parte aérea	6.879	41	7	144	24,00	9,00	334	26	3.668	3.533
	Grãos	6.332	72	17	15	2,57	7,40	157	139	214	1.054
	Total	13.211	113	24	159	26,57	16,40	491	165	3.882	4.587

¹ Os valores são média de três cultivos. No tratamento fertilidade média + adubo verde os dados são de apenas dois anos.

Dois instrumentos muito utilizados para diagnosticar o estado nutricional das plantas são a análise de planta e a análise de solo.

• Análise de planta

A análise de planta constitui um método prático para diagnosticar problemas nutricionais em plantas. A idéia básica da análise de planta é que o elemento essencial esteja presente na planta numa concentração suficiente para o seu crescimento. Esta concentração (nível crítico) pode ser estabelecida para cada nutriente, onde somente este será variável, mantendo todos os outros em níveis adequados.

A possibilidade de se corrigir deficiências nutricionais no campo vai depender, sobretudo, da idade da planta e do tempo a que ela está submetida à deficiência. Em plantas ainda jovens, e quando a correção é feita no início do aparecimento dos sintomas, a possibilidade de resposta é grande.

O processo de análise da planta envolve vários passos: amostragem, preparação da amostra, análise de laboratório e interpretação dos resultados.

(1). Amostragem

A amostragem bem feita é tão importante quanto a análise. Em geral, as folhas mais novas, que tenham completado seu desenvolvimento normal mas que ainda não entraram em senescência, situadas pouco abaixo do ponto terminal de crescimento, refletem com maior precisão o estado nutricional da planta (BARBOSA

FILHO & FAGERIA, 1980). As folhas defeituosas, atacadas por insetos, doenças, ou que receberam pulverizações recentes de inseticidas, não devem ser amostradas. O número de plantas ou de partes dela deve ser suficiente para avaliar efetivamente o estado nutricional da cultura. Para arroz, recomenda-se o método de amostragem contido na Tabela 3.

Após a amostragem, as plantas ou as partes delas devem ser colocadas, de preferência, em sacos de papel devidamente identificados, e enviadas ao laboratório para as análises.

(2). Preparo da amostra e análise no laboratório

Em geral, é necessário eliminar contaminações de solo quando se deseja analisar ferro, manganês, silício e alumínio; quando a amostra destina-se à análise de boro, cobre, molibdênio e zinco, este tipo de contaminação não afeta os resultados. No caso de plantas que receberam aplicações de inseticidas, fungicidas à base de zinco, cobre, manganês e outros, é necessário lavar as amostras com uma solução de detergente ou com HCl 0,1 N.

O teor de um elemento na planta pode ser influenciado pelo nível de outros elementos no meio de crescimento, podendo haver antagonismo ou sinergismo. Por isso, recomenda-se a análise de vários nutrientes, mesmo que o interesse direto não seja por todos (MALAVOLTA, 1980).

(3). Interpretação dos resultados

Na cultura do arroz, a interpretação dos resultados é feita com base nos dados da Tabela 4.

Tabela 3. Método de amostragem sugerido por Jones & Steyn.

Estádio de crescimento	Parte da planta	Número de plantas por amostragem
Plântulas (< 30 cm)	Toda a parte aérea	50-100
Período imediatamente anterior à floração	As 4 folhas superiores bem desenvolvidas	60-80
Não se recomenda fazer amostragem após a floração		

Fonte: Jones & Steyn, citados por BARBOSA FILHO & FAGERIA (1980).

Tabela 4. Teores deficientes, críticos, adequados e tóxicos de vários elementos na planta de arroz.

Elemento	Parte da planta analisada	Estádio de crescimento	Nível			
			Deficiente	Crítico	Adequado	Tóxico
N	Folha	Diferenciação da panícula	< 1,8%	1,8-2,6%	2,6-4,2%	-
P	Toda a parte superior	75 dias de idade	< 0,15%	0,15-0,25%	0,25-0,48%	> 0,8-1%
K	Toda a parte superior	75 dias de idade	< 1%	1,0-1,5%	1,5-4%	> 5%
Ca	Toda a parte superior	100 dias de idade	< 0,2%	0,20-0,25%	0,25-0,4%	> 0,65%
Mg	Toda a parte superior	100 dias de idade	< 0,12%	0,12-0,17%	0,17-0,3%	> 0,3%
S	Folha	Perfilhamento	< 0,1%	0,1-0,2%	0,2-0,6%	> 0,6%
Fe	Toda a parte superior	Perfilhamento	< 50 ppm	50-70 ppm	70-300 ppm	> 300 ppm
Zn	Toda a parte superior	Perfilhamento	< 10 ppm	10-20 ppm	20-150 ppm	> 500 ppm
Mn	Toda a parte superior	Perfilhamento	< 20 ppm	20-30 ppm	30-600 ppm	> 1.000 ppm
B	Folha adulta superior	Perfilhamento	< 15 ppm	15-20 ppm	20-100 ppm	> 200 ppm
Cu	Folha adulta	Perfilhamento	< 4 ppm	4-5 ppm	5-20 ppm	> 20 ppm
Mo	Folha adulta	Perfilhamento	< 0,1 ppm	0,1-0,5 ppm	0,5-2 ppm	-
Al	Toda a parte superior	Perfilhamento	-	-	-	> 300 ppm
Si	Toda a parte superior	Maturação	< 5%	-	-	-

Fonte: Chapman et al., Mikkelsen & Hunziker, citados por FAGERIA (1984).

• Análise de solo

A análise de solo é importante para os agricultores que desejam aplicar fertilizantes e que não dispõem de informações sobre sintomas de deficiência ou de resultados de análise de planta. Mesmo assim, a análise de solo apresenta uma série de limitações que podem ser compensadas pela análise de planta e vice-versa. Por exemplo, não têm sido realizadas rotineiramente análises de solo visando detectar possíveis deficiências de enxofre e de micronutrientes. As recomendações de nitrogênio são baseadas em ensaios de campo e não em análises de solo.

Por outro lado, a análise de planta apresenta certas limitações. Normalmente, é feita quando a cultura já está bastante desenvolvida, impedindo, muitas vezes, que o problema seja resolvido em tempo. Para a cultura de arroz não existem estudos de calibração com base em análise de planta para fins de recomendação de adubação.

Quando usar uma ou outra?

Na verdade, as duas servem a uma só finalidade, e assim sendo, a análise de solo completa-se com a análise foliar e vice-versa. A utilidade da análise de planta é muito grande como instrumento de controle da nutrição, ao passo que a análise de solo é insubstituível para avaliar a fertilidade do solo e estimar a concentração de um dado nutriente “disponível” para as plantas, como por exemplo acidez do solo, salinidade, fósforo, potássio, cálcio e magnésio.

3. SINTOMAS DE DEFICIÊNCIAS E CORREÇÃO

Os sintomas de deficiência de um dado nutriente podem ocorrer quando:

- o teor do nutriente é tão baixo que não satisfaz as necessidades da planta;

- a quantidade do nutriente é suficiente, mas com pouca disponibilidade para a cultura;
- não há equilíbrio no balanço nutricional.

Com o objetivo de auxiliar técnicos e agricultores na identificação de problemas nutricionais da cultura do arroz, são feitas, neste trabalho, descrições dos sintomas visuais, acompanhadas de fotografias, e apresentadas sugestões para que sirvam de orientação na solução dos problemas nutricionais mais comuns ocorridos com a cultura do arroz.

3.1. MACRONUTRIENTES

• Nitrogênio

A deficiência de nitrogênio no solo é causada por baixo teor de matéria orgânica e perdas por lixiviação, volatilização, desnitrificação e erosão. O sintoma de deficiência de nitrogênio é caracterizado por amarelecimento das folhas mais velhas e, dependendo da intensidade e da evolução da deficiência, pode atingir toda a planta. As lâminas das folhas inferiores morrem, ficando o tecido com coloração marrom-chocolate. A Foto 1 mostra a deficiência de nitrogênio em plantas inteiras de arroz.

Correção: por ser o nitrogênio um elemento muito instável no solo e por se encontrar, na sua maior parte, em formas orgânicas, não existem ainda critérios que avaliem satisfatoriamente sua disponibilidade no solo para as plantas. Por esta razão, o critério atualmente usado para recomendar adubação nitrogenada baseia-se em curvas de resposta das culturas às várias doses de nitrogênio. Com base nestes estudos, para a cultura de arroz de sequeiro recomenda-se de 40 a 50 kg de N/ha, parcelados em duas vezes (um terço no plantio e dois terços no início do aparecimento do primórdio floral) e 90 a 100 kg N/ha para o arroz irrigado, parcelados em três vezes durante o ciclo (um terço no plantio, um

terço aos 40-45 dias após o plantio e o um terço restante no início do aparecimento do primórdio floral, aproximadamente na metade do ciclo da cultivar).

Como fonte de nitrogênio pode-se usar tanto o sulfato de amônio como a uréia. Resultados de vários experimentos mostram que, em geral, não há diferença entre estas fontes quanto ao seu aproveitamento pela cultura do arroz. O sulfato de amônio contém, aproximadamente, 24% de enxofre, podendo superar a uréia em solos com deficiência deste nutriente. Por outro lado, a uréia contém maior teor de nitrogênio que o sulfato de amônio, o que lhe confere uma vantagem em relação ao custo de transporte e aplicação.

Tanto a uréia como o sulfato de amônio devem ser incorporados ao solo para evitar perdas de N por volatilização.

• Fósforo

O fósforo, assim como o nitrogênio, é um elemento móvel na planta, e a deficiência aparece primeiramente nas folhas velhas. A deficiência de fósforo reduz o perfilhamento e prolonga o ciclo da cultura (Foto 2). As folhas mais velhas apresentam coloração bronze, principalmente nas margens. O sintoma progride da ponta para a base e as folhas novas adquirem uma coloração verde-escura. O fósforo promove o desenvolvimento do sistema radicular.

Correção: a necessidade de fósforo pelas culturas é determinada pela curva de calibração, que relaciona o P extraível do solo com a produção relativa. A adubação fosfatada pode ser feita objetivando o fornecimento de fósforo às plantas sem se preocupar em elevar o nível de fósforo do solo (adubação de manutenção) ou com o objetivo de se elevar o nível de fósforo do solo (adubação corretiva). No primeiro caso, recomenda-se que a adubação seja feita com fontes solúveis de fósforo, na forma de grânulos, aplicados no sulco de plantio. Em geral, a dose varia de 40 a 60 kg de P_2O_5 /ha, para o arroz de sequeiro, e de 60 a 90 kg de P_2O_5 /ha, para o arroz irrigado, dependendo dos resultados da análise do solo. No caso da adubação corretiva, recomendam-se fontes menos solúveis na forma de pó, aplicadas a lanço e, posteriormente, incorporadas ao solo. Por se tratar de fonte de fósforo menos solúvel, recomenda-se que seja aplicada antes da calagem, portanto, ao contrário do que se faz na adubação de manutenção. É importante ressaltar que uma adubação não exclui a outra, isto é, caso seja realizada a adubação corretiva, é necessário também que se proceda a adubação de manutenção no sulco de plantio.

• Potássio

A deficiência de potássio na cultura de arroz não é tão comum como a de nitrogênio e a de fósforo. Entretanto, em solos muito arenosos, com baixa capacidade de retenção de potássio, poderá ocorrer deficiência deste elemento. A maior parte do potássio extraído pela cultura do arroz permanece na palhada. Em termos práticos, isto é importante à medida que os restos culturais são incorporados ao solo.

A deficiência de potássio resulta na redução do crescimento da planta. Os sintomas aparecem primeiro como clorose branca nas pontas das folhas mais velhas (Foto 3). À medida que o grau de deficiência se intensifica, o tecido torna-se marrom e necrótico na ponta da folha e o sintoma progride pela margem da mesma, desenvolvendo-se mais na metade da folha. A aplicação de potássio promove o desenvolvimento do sistema radicular.

Correção: em solos oxídicos, o potássio apresenta pequena possibilidade de retenção, sendo necessários, por isso, alguns cuidados no seu manejo, para evitar perdas por lixiviação. Por ser pouco exportado, recomenda-se que os restos culturais sejam mantidos na área de produção e incorporados ao solo. No caso de solos muito arenosos, a adubação deve ser parcelada, aplicando-se metade no plantio e metade em cobertura, juntamente com o nitrogênio.

A dose de K_2O recomendada varia de 30 a 50 kg/ha para arroz de sequeiro e de 40 a 80 kg/ha para arroz irrigado, dependendo do teor de potássio revelado pela análise de solo.

• Cálcio

O cálcio é um nutriente imóvel na planta, portanto, os sintomas de deficiência aparecem nas folhas mais novas. As folhas terminais morrem conforme a deficiência se acentua, causando severo atrofiamento das plantas (Foto 4). À medida que a deficiência persiste, as folhas mais velhas desenvolvem uma necrose marrom-avermelhada nas nervuras.

Correção: a deficiência de cálcio pode ser corrigida através de aplicações de calcário. A quantidade necessária de calcário é determinada pela análise de solo. Para o arroz de sequeiro, cultivado em solos de cerrado, recomenda-se elevar o pH a 5,5, o que é feito utilizando-se o critério do alumínio trocável mais cálcio e magnésio. Não se esquecendo de que a quantidade calculada deve ser corrigida para calcário com PRNT = 100%, aplica-se, portanto, a seguinte fórmula:

$$N.C. (t/ha) = \{ (2 \times Al) + [2 - (Ca + Mg)] \} \times f$$

onde:

N.C. = necessidade de calagem

f = 1 para incorporação do calcário na camada de 0-20 cm;

f = 1,5 para incorporação na camada de 0-30 cm de profundidade.

• Magnésio

Os sintomas de deficiência iniciam-se nas folhas mais velhas, com coloração amarelada e, mais tarde, a área entre as nervuras da folha torna-se alaranjada (Foto 5). Quando a deficiência se espalha por toda a folha, esta fica completamente seca.

Correção: para a correção da deficiência de magnésio recomendam-se aplicações de calcário dolomítico, cuja quantidade deve ser calculada conforme a fórmula explicitada para a correção da deficiência de cálcio.

• Enxofre

Os sintomas de deficiência de enxofre assemelham-se aos de nitrogênio. A diferença básica é que a deficiência de enxofre começa nas folhas mais novas e a de nitrogênio nas folhas mais velhas. Inicialmente, as folhas com esta deficiência tornam-se amarelo-esverdeadas (Foto 6). Com a intensificação da deficiência, quase todas ficam secas.

Correção: a deficiência de enxofre pode ser corrigida com a aplicação de sulfato de amônio no plantio ou em cobertura ou, ainda, com a aplicação de gesso espalhado na superfície do terreno, posteriormente incorporado ao solo através da aração e da gradagem.



Foto 1. Deficiência de nitrogênio em lavoura de arroz.



Foto 2. Parcelas com plantas normais (ao fundo) e com deficiência de fósforo (à frente).



Foto 3. Folhas de arroz com deficiência de potássio.

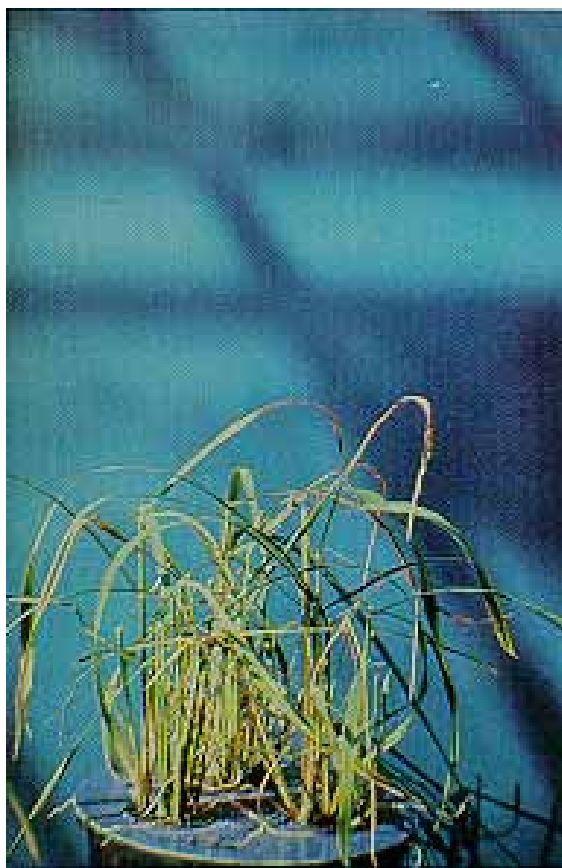


Foto 4. Planta de arroz com deficiência de cálcio.



Foto 5. Folhas de arroz com deficiência de magnésio.

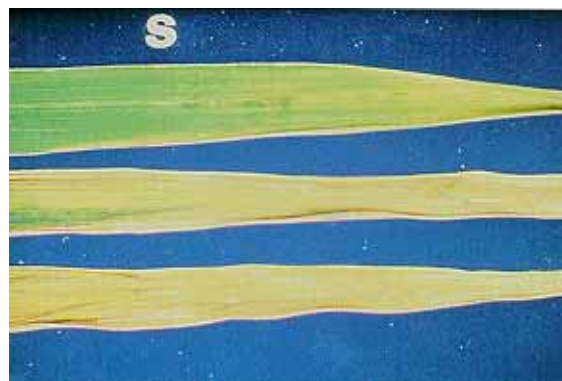


Foto 6. Folhas de arroz com deficiência de enxofre.

3.2. MICRONUTRIENTES

As deficiências de micronutrientes mais frequentes em arroz são as de zinco e de ferro. As causas da ocorrência destas deficiências são decorrentes, principalmente, da correção da acidez para elevar o pH acima de 6,0. Outra causa associada à deficiência de zinco é atribuída ao baixo teor deste elemento no material de origem.

• Ferro

O primeiro sintoma de deficiência de ferro pode ser identificado por uma clorose internerval das folhas mais novas. Com o tempo, toda a planta torna-se amarelada em tom de palha (Foto 7).

Toxidez de ferro

Contrariamente ao arroz de sequeiro, em arroz irrigado existe problema de toxidez de ferro. A toxidez ocorre devido ao aumento da concentração de Fe^{2+} na solução do solo, devido à inundação. Este aumento de Fe^{2+} é consequente da redução de Fe^{3+} que se encontra no solo drenado, sob a forma de óxidos de ferro de baixa solubilidade.

A Foto 8 mostra os sintomas de toxidez de ferro em arroz irrigado, em condições de campo.

• Zinco

O primeiro sintoma de deficiência de zinco observado em arroz é uma coloração verde esbranquiçada que se desenvolve no tecido, na base da folha de cada lado da nervura central. A lâmina da folha tem um alargamento proeminente na zona de clorose. A medida que a folha se torna mais velha, o tecido clorótico adquire coloração ferruginosa. As margens da folha, na área de coloração ferruginosa, são geralmente verdes.

As folhas mais novas, em desenvolvimento, têm tecido clorótico branco que, com a progressão da deficiência, tornam-se marrom-ferrugem. O crescimento da planta é atrofiado e as folhas, de cor ferrugem, tornam-se proeminentes em estágios posteriores (Foto 9).

• Manganês

Nas lâminas das folhas mais novas desenvolve-se clorose internerval (Foto 10), com nervuras proeminentes. São observadas linhas internervais amareladas, mais ou menos da mesma largura. Com a evolução da deficiência, o tecido internerval torna-se necrótico, de coloração amarronzada.

• Cobre

As folhas mais novas aparecem azul-esverdeadas, tornando-se cloróticas junto às pontas. A clorose desenvolve-se para baixo, ao longo da nervura principal de ambos os lados, seguida de necrose marrom-escura das pontas. As folhas enrolam-se, mantendo a aparência de agulhas em toda a sua extensão ou, ocasionalmente, na metade da folha, com a base final desenvolvendo-se normalmente (Foto 11).

• Boro

A deficiência de boro ocorre de forma localizada, nas folhas novas ou brotos. As pontas das folhas emergentes tornam-se

brancas e dobram-se, como no caso da deficiência de cálcio. Em casos severos, os pontos em crescimento podem morrer (Foto 12).

• Molibdênio

Na deficiência de molibdênio observa-se clorose internerval nas folhas mais novas, com enrolamento da lâmina para cima (Foto 13).

• Cloro

Os sintomas de deficiência de cloro são murcha e expansão restrita das folhas, podendo apresentar clorose com bronzeamento e necrose.

O cloro é um nutriente pouco estudado e, por não ser ainda encontrada deficiência nas culturas, não são apresentadas ilustrações a respeito.

Correção da deficiência de micronutrientes

A correção da deficiência de micronutrientes pode ser feita através de aplicações do elemento no solo ou via foliar. **Entretanto, quando a causa da deficiência for pH elevado (acima de 6,0), a aplicação de micronutrientes (Zn ou Fe) no solo pode não corrigir a deficiência, por se tratar, neste caso, de um problema de disponibilidade, e não de falta propriamente dita, do elemento no solo. Para este caso, a aplicação foliar é mais recomendável.**

Na Tabela 5 estão relacionadas as principais fontes de micronutrientes e as quantidades equivalentes para as duas formas de aplicação.

4. TABELAS DE RECOMENDAÇÃO DE ADUBAÇÃO

A seguir são apresentadas as tabelas de recomendação de adubação de manutenção para arroz de sequeiro e irrigado em alguns Estados brasileiros (Tabelas 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 e 14). As quantidades de fertilizantes recomendadas nas tabelas levam em conta a análise de solo, os aspectos econômicos e outras variáveis, como teor de matéria orgânica, porte da cultivar, textura do solo, e são determinadas a partir de curvas de resposta obtidas em solos com diferentes classes de fertilidade.

Deve-se observar que as quantidades recomendadas em muitos casos são diferentes para uma mesma classe de disponibilidade entre os diferentes Estados. Estas diferenças são consequências do nível de detalhamento das curvas de resposta e de calibração e do nível de produtividade esperado. Por outro lado, são encontradas recomendações de doses semelhantes de adubos para regiões diferentes com condições de solos também diferentes. Neste caso, são consequências de simples adaptações de recomendações adotadas em outras regiões (ANGHINONI & VOLKWEISS, 1984).

O fato é que **as tabelas de recomendação de adubação elaboradas em cada Estado não passam de uma simples sugestão de adubação, porquanto, ao nível de produtor, a recomendação de adubação deve ser feita pelo técnico local, o qual deve considerar o histórico da área, o nível de produtividade esperado, o tipo de cultivar e a capacidade do produtor em aceitar tecnologias.**



Foto 7. Planta de arroz, em fase inicial de crescimento, com deficiência de ferro.



Foto 8. Sintomas de toxidez de ferro em arroz irrigado.

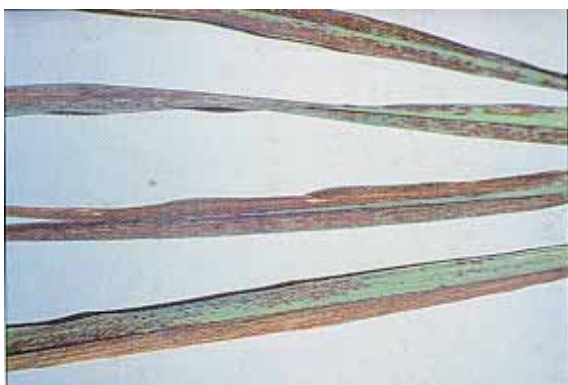


Foto 9. Folhas de arroz com deficiência de zinco.



Foto 10. Planta de arroz com deficiência de manganês.



Foto 11. Folhas de arroz com deficiência de cobre.



Foto 12. Folhas de arroz com deficiência de boro.

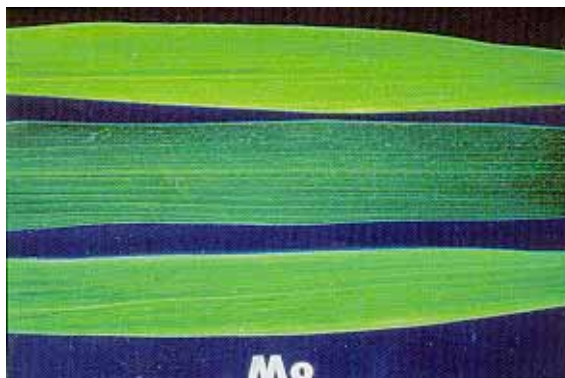


Foto 13. Folhas de arroz com deficiência de molibdênio.

Tabela 5. Doses de micronutrientes para aplicação no solo e via foliar em arroz.

Nutriente	Fertilizante, fórmula e teor de nutriente	Dose aplicada no solo (kg/ha)	Dose via foliar (kg/500 l de água)
Boro	Bórax ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ - 10,6% B)	10-15	1-2
Cobre	Sulfato de cobre ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ - 26% Cu)	20-25	1-2
Ferro	Sulfato ferroso ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ - 20% Fe)	-	5-8
Manganês	Sulfato de manganês ($\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ - 27% Mn)	-	1-2
Molibdênio*	Molibdato de amônio [$(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ - 54% Mo]	0,5-1,0	0,25-0,5
Zinco	Sulfato de zinco ($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ - 23% Zn)	20-30	1,0-2,5

* Antes de fazer a correção deve-se medir o pH do solo. Pode ser que a deficiência seja devida ao baixo pH; neste caso, uma simples correção do pH para os próximos cultivos é suficiente para aumentar a disponibilidade de molibdênio no solo.

Tabela 6. Recomendação de adubação de arroz irrigado, para os Estados de Rio Grande do Sul e Santa Catarina (SIQUEIRA et al. 1987).

NITROGÊNIO

Teores de matéria orgânica	Cultivares		
	Altas	Médias	Baixas
%	----- kg N/ha -----		
≤ 2,5	40	60	90
2,6-5,0	25	45	80
> 5,0	≤ 10	≤ 30	≤ 70

FÓSFORO E POTÁSSIO

Teores de P no solo	Teores de K no solo	Interpretação	Adubação fosfatada/cultivo		Adubação potássica/cultivo	
			Rio Grande do Sul	Santa Catarina	Rio Grande do Sul	Santa Catarina
----- ppm -----			----- kgP ₂ O ₅ /ha -----		----- kgK ₂ O/ha -----	
≤ 3,0	≤ 30	Muito baixo	60	40	60	80
3,1-6,0	31-60	Médio	40	40	40	60
> 6,0	> 60	Bom	≤ 20	≤ 20	≤ 20	≤ 40

Observações:

Nitrogênio: aplicar 10 kg N/ha na semeadura e o restante em cobertura, dependendo do teor de matéria orgânica do solo, do tipo de cultivar e das condições climáticas. Quando a dose de N a aplicar em cobertura for menor do que 50 kg N/ha, pode-se proceder uma única aplicação no início da diferenciação do primórdio floral. Quando a dose for maior do que 50 kg N/ha, é mais eficiente aplicar metade da dose aos 35 dias após a emergência das plântulas, ou no início do perfilhamento (emissão da quarta folha), e o restante no início da diferenciação do primórdio floral da maioria dos perfilhos. Para cultivares de porte alto e com baixo índice de perfilhamento o nitrogênio pode ser aplicado 1/3 no início do perfilhamento e o restante na diferenciação do primórdio floral. A adubação nitrogenada em cobertura deve ser aplicada a lanço sobre uma lâmina de água não circulante, interrompendo-se, para isto, as entradas e saídas de água do quadro por um período de 3 a 5 dias. Na decisão do total de N a aplicar na lavoura, devem também ser considerados os seguintes aspectos: a) histórico da área no que diz respeito à resposta da cultura ao nitrogênio em anos anteriores; b) incidência de doenças, especialmente Brusone, cujo desenvolvimento é favorecido pelo excesso de nitrogênio, e c) desenvolvimento vegetativo e caracterização de sintomas de deficiência de nitrogênio. No caso de desenvolvimento vegetativo exuberante, não é recomendável aplicar nitrogênio, especialmente para cultivares de porte alto e médio, mesmo em solos com baixos teores de matéria orgânica.

Fósforo e potássio: no caso de plantio de arroz pré-germinado, ou seja, em solos preparados sob lameiro, os fertilizantes fosfatados e potássicos podem ser incorporados na formação de lama ou aplicados após o renivelamento antes da semeadura. No sistema de semeadura em solo seco, os fertilizantes são aplicados e incorporados juntamente com as sementes ou nos sulcos, quando a semeadura for em linha.

Calagem: de modo geral, não se recomenda calagem para correção da acidez do solo para a cultura do arroz sob inundação, porque, nestas condições, o pH do solo estabiliza-se entre 6,0 e 6,5, aproximadamente 1 mês a partir do início da inundação. Após a drenagem do solo, o pH volta ao seu valor original. Entretanto, se o solo apresentar teores de cálcio e de magnésio trocáveis inferiores a 5 meq/100 ml, recomenda-se aplicar 1 t/ha de calcário dolomítico para suprir as deficiências nos nutrientes mencionados, funcionando, neste caso, o produto como fonte de nutrientes para a cultura.

Cultivares:

Cultivares altas: EEA-405, EEA-406, IRGA-407, Agulha, Bico Torto, Farroupilha, Japonês, Batatais, EMPASC-100 e IAC-435.

Cultivares porte médio: Bluebelle, Labelle, Labonnet, Dawn, BR/IRGA-411.

Cultivares baixas: CICA-4, CICA-8, CICA-9, IRGA-408, BR/IRGA-409, BR/IRGA-410, BR/IRGA-412, BR/IRGA-413, EMPASC-101, EMPASC-102, EMPASC-103, EMPASC-104 e IR-841.

Tabela 7. Recomendação de adubação de arroz de sequeiro para o Estado de Minas Gerais (CFSEMG, 1989).

N (aplicado junto ao P e K no plantio)	P ₂ O ₅			K ₂ O			N (em cobertura)
	Teor de P no solo			Teor de K no solo			
	Baixo	Médio	Alto	Baixo	Médio	Alto	
10	60	40	20	90	60	30	30

Observações:

- (1). Calagem: utilizar cerca de 50% da quantidade de corretivo recomendada pelo critério do Al³⁺ e Ca²⁺ + Mg²⁺ trocáveis, levando-se em consideração o valor Y, variável em função da textura do solo. No caso de se utilizar o critério por saturação de bases, recomenda-se a elevação desta para cerca de 40%. Se for conduzida outra cultura após a do arroz, a calagem poderá ser feita utilizando-se a quantidade total recomendada para a nova cultura.
- (2). Na adubação nitrogenada em cobertura, feita por ocasião do perfilhamento, pode-se aplicar, de acordo com desenvolvimento das plantas, até 30 kg de N/ha. Se o arroz for cultivado após a soja, ou se constituir num cultivo de primeiro ano, reduzir esta quantidade.
- (3). As quantidades de P₂O₅ recomendadas são válidas para aplicações localizadas de fertilizantes solúveis em água. Para aplicações a lanço desses fertilizantes e termofosfatos, que além de fontes de P₂O₅ contêm Mg e Si, recomenda-se aumentar em 50% estas doses de P₂O₅.
- (4). Constatando-se deficiência de zinco, bastante comum em áreas de cerrado, aplicar 2 a 4 kg de Zn/ha.
- (5). Em solos com baixos teores de matéria orgânica, ou com uso generalizado de fórmulas concentradas, sugere-se o uso de enxofre, aplicando-se quantidade de 20 a 30 kg de S/ha.
- (6). Produtividade esperada: 1.500 a 3.000 kg/ha com espaçamento de 0,50 m entre sulcos e 60 sementes por metro linear.

Tabela 8. Recomendação de adubação de arroz irrigado para o Estado de Minas Gerais (CFSEMG, 1989).

N (aplicado junto ao P e K no plantio)	P ₂ O ₅			K ₂ O			N (em cobertura)
	Teor de P no solo			Teor de K no solo			
	Baixo	Médio	Alto	Baixo	Médio	Alto	
20	90	60	30	90	60	30	40

Observações:

- (1). Calagem: para as várzeas com irrigação por inundação, no caso de solos turfosos ou mesmo com elevados teores de matéria orgânica, aplicar 50% da calagem recomendada pelo critério de Al³⁺ e Ca²⁺ + Mg²⁺ trocáveis, levando-se em consideração o valor de Y, variável em função da textura do solo. Em várzeas com solos contendo baixos teores de matéria orgânica, utilizar a quantidade total sugerida pelo mesmo critério. Para áreas irrigadas não por inundação, recomenda-se o uso integral da dose proposta. Se a cultura subsequente à cultura do arroz for mais exigente em fertilidade, como o feijoeiro nos solos turfosos ou com elevados teores de matéria orgânica, usar a quantidade integral do corretivo recomendado.
- (2). No caso de várzea úmida irrigada não por inundação, cultivada com uma variedade melhorada, utilizar o total da adubação recomendada. Entretanto, se for uma situação de área alta, com irrigação, utilizando-se uma variedade de sequeiro com espaçamento adequado, deve-se reduzir a adubação recomendada em 30 a 40%, evitando-se a possibilidade de acamamento (as variedades melhoradas não são recomendadas em áreas altas, sob irrigação).
- (3). A adubação nitrogenada de cobertura deverá ser feita por ocasião do perfilhamento. Nos solos turfosos, ou com altos teores de matéria orgânica (várzeas com irrigação por inundação), não se deve aplicar N no plantio. Utilizar 1/3 da dose total (20 kg de N/ha) no início do perfilhamento e os 2/3 restantes (40 kg N/ha), por ocasião do primórdio floral.
- (4). Em várzeas com irrigação por inundação, utilizar fontes de N que não sejam nítricas. Já em áreas irrigadas não por inundação pode-se fazer uso de fontes nítricas.
- (5). Para aplicações de fertilizantes a lanço, recomenda-se que as quantidades sejam elevadas em 50%. Na utilização de termofosfatos magnesianos que, além do P, são fontes de Mg e Si, deve-se aplicá-los, também, a lanço, com incorporação, aumentando-se sua quantidade em 50%.
- (6). Zinco: constatando-se a deficiência desse nutriente, aplicar 2 a 4 kg de Zn/ha.
- (7). Silício: em várzeas com irrigação por inundação, quando os solos forem turfosos ou com elevados teores de matéria orgânica, é aconselhável a adição de Si. Os termofosfatos magnesianos e as escórias de siderurgia são materiais que podem, eventualmente, ser usados para adicionar Si ao solo.
- (8). Enxofre: nos solos com baixo teor de matéria orgânica ou com uso generalizado de formas concentradas, sugere-se a aplicação de 20 a 30 kg de S/ha.
- (9). Produtividade esperada: várzeas com irrigação por inundação: 5.000 a 6.000 kg/ha. Áreas irrigadas, não por inundação: 3.500 a 4.000 kg/ha. Espaçamento: 0,20 x 0,30 m (plantio em covas, 10 a 20 sementes/cova) ou 0,30 m entre sulcos, com 120 sementes/metro linear.

Tabela 9. Recomendação de adubação N-P₂O₅-K₂O para arroz de sequeiro no Estado do Maranhão (BARBOSA FILHO, 1987).

P no solo (ppm)	K trocável			N em cobertura (kg/ha)
	0-45	46-150	> 150	
	----- N-P ₂ O ₅ -K ₂ O (kg/ha) -----			
0-10	10-60-40	10-60-30	10-60-20	
11-30	10-30-40	10-30-30	10-30-20	
> 30	10-20-40	10-20-30	10-20-20	
				30

Tabela 10. Recomendação de adubação para o arroz de sequeiro no Estado de Goiás (UFG/EMGOPA, 1988).

Disponibilidade no solo	P ₂ O ₅	K ₂ O
	----- kg/ha -----	
Muito baixa	50-60	40-50
Baixa	40-50	40-50
Média	30-40	30-40
Alta	20-30	20-30

Observações:

- (1). Adubação nitrogenada: aplicar de 10 a 15 kg de N/ha. Caso necessária, a adubação de cobertura deverá ser feita no início do primórdio floral, utilizando-se até 30 kg de N/ha.
- (2). Zinco: aplicar no sulco de plantio de 3 a 5 kg de Zn/ha a cada 2 ou 3 anos.
- (3). Calagem: recomenda-se aplicar a metade da dose indicada pela equação abaixo quando a saturação por alumínio for superior a 50%.

$$NC \text{ (t/ha)} = \{Al \times 2 + [2^* - (Ca + Mg)]\} \times 100/PRNT$$

* Para solos com teor de argila inferior a 20% deve-se substituir o valor 2 por 1,2.
- (4). A expectativa de produção para esta recomendação é de 1.800 kg de grãos/ha e sua eficiência depende de aração profunda e rotação de culturas.

Tabela 11. Recomendação de adubação para arroz irrigado por aspersão no Estado de Goiás (CFSG, 1988).

Disponibilidade no solo	P ₂ O ₅	K ₂ O
	----- kg/ha -----	
Muito baixa	80-90	50-60
Baixa	60-80	50-60
Média	40-60	40-50
Alta	30-40	30-40

Observações:

- (1). Adubação nitrogenada: aplicar 10 kg de N/ha no plantio e 20 kg de N/ha em cobertura, no início do primórdio floral.
- (2). Zinco: aplicar 5 kg de Zn/ha no sulco de plantio, sempre que se fizer a calagem.
- (3). Calagem: quando se visa cultura em sucessão deve ser indicada a critério do técnico.
- (4). A expectativa de produção para esta recomendação é de 2.500 a 3.500 kg de grãos/ha.

Tabela 12. Recomendação de adubação para arroz irrigado por inundação no Estado de Goiás (CFSG, 1988).

Teor de P no solo (extrator Mehlich)	Teor de K no solo (extrator Mehlich)	P ₂ O ₅	K ₂ O
----- ppm -----		----- kg/ha -----	
< 5	< 25	61-80	61-80
5-10	25-50	51-60	51-60
> 10	> 50	40-50	40-50

Observações:

- (1). Adubação nitrogenada: aplicar 10 kg de N/ha no plantio e 60 kg de N/ha em cobertura, no início do primórdio floral ou parcelar em duas aplicações. Evitar as fontes nítricas.
- (2). Calagem: recomendada para eliminar a toxidez de ferro e/ou suprir as necessidades de cálcio e magnésio da cultura em sucessão.
- (3). A expectativa de produção para esta recomendação é de 4.000 a 6.000 kg de grãos/ha.

Tabela 13. Recomendação de adubação de arroz irrigado para o Estado de São Paulo (CAMARGO & CAMARGO, 1985).

P resina µg/cm ³	K trocável (meq/100 cm ³)		
	0-0,07	0,08-0,15	> 0,15
	----- N-P ₂ O ₅ -K ₂ O (kg/ha) -----		
0-6	10-60-60	10-60-40	10-60-20
7-15	10-40-60	10-40-40	10-40-20
> 15	10-20-60	10-20-40	10-20-20

Observações:

- (1). Adubação nitrogenada em cobertura: aplicar até 30 kg de N/ha para cultivares de porte alto, 40 dias após a emergência, se o desenvolvimento vegetativo não for muito exuberante. Para cultivares de porte baixo, aplicar 30 kg de N/ha decorridos 40 dias da emergência, repetindo a cobertura 30 dias após, na mesma quantidade.
- (2). Aplicar 10 kg de S/ha e, se houver constatação de deficiência de zinco, 5 kg de Zn/ha.
- (3). Calagem: aplicar calcário quando a saturação por bases for inferior a 40%, em quantidade suficiente para elevá-la a 50%. Não aplicar mais do que 4 t de calcário/ha.
- (4). Produtividade esperada: cultivares altas: 3.500-4.500 kg/ha; cultivares baixas: 5.000-8.000 kg/ha.

Tabela 14. Recomendação de adubação de arroz de sequeiro para o Estado de São Paulo (CAMARGO & CAMARGO, 1985).

P resina µg/cm ³	K trocável (meq/100 cm ³)		
	0-0,07	0,08-0,15	> 0,15
	----- N-P ₂ O ₅ -K ₂ O (kg/ha) -----		
0-6	10-60-40	10-60-20	10-60-0
7-15	10-40-40	10-40-20	10-40-0
> 15	10-20-40	10-20-20	10-20-0

Observações:

- (1). Adubação nitrogenada em cobertura: aplicar até 30 kg de N/ha 40 dias após a emergência, quantidades maiores para solos há muito cultivados. Reduzir a aplicação de N em solos com crescimento inicial muito vigoroso e com as plantas muito verdes.
- (2). Aplicar 10 kg de S/ha e, se houver constatação de deficiência de zinco, 5 kg de Zn/ha.
- (3). Calagem: aplicar calcário quando a saturação por bases for inferior a 40%, calculando a quantidade para elevá-la a 50%. Não aplicar mais do que 3 t de calcário/ha.
- (4). Produtividade esperada: 1.500-3.500 kg/ha.