

## AVALIAÇÃO DO RISCO DE OCORRÊNCIA DE TOXIDEZ POR FERRO EM ARROZ IRRIGADO A PARTIR DA ANÁLISE DE SOLO SECO PELO MÉTODO OXALATO DE AMÔNIO EM SOLOS DA REGIÃO DA CAMPANHA

**SONCINI, Marcelo Machado<sup>1</sup>; SOUSA, Rogério Oliveira de<sup>2</sup>; WOLTER, Roberto Carlos Doring<sup>3</sup>; BUSS, Gerson Lübke<sup>4</sup>; SEHN, Claudia Filomena Schneider<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Universidade Federal de Pelotas, acadêmico de Agronomia; <sup>2</sup>UFPe/FAEM, Departamento de Solos.

<sup>3</sup>UFPe/FAEM, Pós-Graduando do PPGA; <sup>4</sup>UFPe/FAEM, Pós-Graduando do PPGMACSA.

[mmsoncini@terra.com.br](mailto:mmsoncini@terra.com.br)

### 1 INTRODUÇÃO

A toxidez por ferro em arroz irrigado é um distúrbio nutricional que ocorre em lavouras de diversos países sendo responsável por perdas significativas de produtividade. Diversas estratégias para minimizar os efeitos tóxicos do ferro vêm sendo desenvolvidas, porém há a dificuldade em avaliar o solo com a antecedência necessária, ainda em condições de sequeiro, de forma que se possam minimizar os efeitos da acumulação de  $Fe^{2+}$  durante o alagamento.

Vahl et al. (1999) propõem um método para prever a acumulação de  $Fe^{2+}$  durante o alagamento a partir dos teores de ferro extraído por oxalato de amônio a pH 6,0 de amostras em condições de sequeiro. Baseado nisso Sosbai (2010) propôs um método para diagnóstico de ocorrência de toxidez por ferro fundamentado na estimativa do  $Fe^{2+}$  acumulado e na interpretação da porcentagem de saturação da CTC por ferro.

Essa metodologia foi desenvolvida através de pressuposições teóricas e observações realizadas em casa de vegetação. A interpretação sugerida é baseada na absorção de ferro pela planta, pois no experimento em cujos resultados estão ancorados não houve sintomas de toxidez por ferro.

Segundo Vahl (1991) não necessariamente só as plantas que apresentam sintomas de toxidez por ferro é que tem o seu rendimento diminuído, pois com teores elevados de ferro no tecido (abaixo de teores que provocam sintomas) já é evidenciada queda de rendimento. Nesse sentido, Abifarin (1988) relata reduções anuais de até 30% no rendimento de arroz em áreas sem a ocorrência de sintomas foliares de toxidez por ferro, mas com teores altos de ferro no tecido das plantas.

Desse modo, o presente trabalho tem o objetivo de verificar se os critérios de interpretação para prognóstico do risco de ocorrência da toxidez por ferro em arroz irrigado por alagamento, a partir da análise de solo e extração do ferro por oxalato de amônio a pH 6,0, são válidos para determinados grupo de solos da região da campanha.

### 2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação e os tratamentos, foram compostos por 12 amostras de solos de várzea (Tab. 1), estruturados em um unifatorial. Os vasos foram dispostos em um delineamento em blocos casualizados com quatro repetições, totalizando 48 unidades experimentais. As unidades experimentais foram compostas por amostras de 6 kg de solo seco e 4 plantas de arroz da cultivar BRS Pelota, acondicionadas em vasos plásticos.

**Tabela 1.** Amostras de doze solos utilizados no experimento, município coletado e suas respectivas classificações brasileiras, unidade de mapeamento e CTC correspondente.

Solo	Município	Classificação Brasileira (Embrapa, 2006)	Unid. Mapeamento (Brasil, 1973)	CTC <sub>pH7</sub> (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )
1	Rosário do Sul	Planossolo Háptico	Vacacaí	4,03
2	Rosário do Sul	Planossolo Háptico	Vacacaí	6,99
3	Rosário do Sul	Planossolo Háptico	Vacacaí	7,73
4	Rosário do Sul	Planossolo Háptico	Vacacaí	6,23
5	Dom Pedrito	Planossolo Háptico	Vacacaí	5,01
6	Dom Pedrito	Planossolo Háptico	Vacacaí	9,16
7	Dom Pedrito	Planossolo Háptico	Vacacaí	6,22
8	Dom Pedrito	Planossolo Háptico	Bagé	8,82
9	Dom Pedrito	Luvissoilo Háptico	Virgínia	11,26
10	Dom Pedrito	Chernossolo Argilúvico	Ponche verde	16,37
11	Aceguá	Planossolo Háptico	Bagé	13,25
12	Aceguá	Planossolo Háptico	Bagé	15,38

Primeiramente o solo foi destorroado e peneirado, colocado em baldes de 8 L, na quantidade de 6 kg de solo seco por balde. Após foram retiradas sub-amostras de cada vaso para posterior determinação de Fe extraível com oxalato de amônio 0,2 M pH 6,0 (Fe<sub>o</sub> pH 6,0), conforme metodologia proposta por Vahl et al. (1999) e determinação da CTC do solo, segundo metodologia descrita em Tedesco et al. (1995). Conforme descrito em Sosbai (2010), os valores de Fe<sub>o</sub> pH 6,0 foram usados para estimar as quantidades de ferro trocável durante o alagamento através da equação:  $Fe^{2+} \text{ (cmol}_c \text{ dm}^{-3}) = 0,322 + 17,92 Fe_o \text{ (g } 100\text{cm}^{-3})$ . Através dos valores de Fe<sup>2+</sup> trocável estimado e da CTC potencial do solo foi calculada a porcentagem de saturação da CTC por Fe<sup>2+</sup>:  $PSFe^{2+} \text{ (%) = } 100 \times Fe^{2+} \text{ (cmol}_c \text{ dm}^{-3}) / CTC_{pH7,0}$ , e finalmente cada solo foi classificado quanto ao risco de ocorrência de toxidez por ferro segundo a escala de interpretação proposto em Sosbai (2010) do grau de PSFe<sup>2+</sup>: baixo (PSFe<sup>2+</sup> < 20), médio (21 < PSFe<sup>2+</sup> < 40) e alto (PSFe<sup>2+</sup> > 40).

A adubação de base foi realizada com a aplicação da quantidade equivalente a 180 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 64 kg ha<sup>-1</sup> de N, 120 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, na forma de Di-amônio-fosfato (DAP) e cloreto de potássio. A seguir foi realizado o ajuste da umidade gravimétrica para 18%, incubando-se o solo por um período de sete dias para que ocorressem as reações com o adubo.

Após esse período foram transplantadas 12 sementes pré-germinadas de arroz da variedade BRS Pelota em cada vaso. O solo foi mantido saturado por quatro dias, aplicando-se a seguir uma lâmina de água de 5 cm, mantida constante até o final do experimento através de irrigações diárias com água destilada. Realizou-se um desbaste aos sete dias do transplante, deixando-se quatro plantas de arroz por vaso. As adubações de cobertura foram: aos 15 dias após transplante aplicando-se as doses de 60 kg ha<sup>-1</sup> uréia, aos 32 com as doses de 100 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O e 60 kg ha<sup>-1</sup> de uréia, e aos 44 dias após transplante a dose de 60 kg de uréia por ha.

O arroz foi cultivado por um período de 52 dias até o início da fase reprodutiva, momento em que foi realizada a coleta da parte aérea das plantas com corte rente ao solo. O material coletado foi seco em estufa a 60°C de temperatura, e posteriormente moído para as análises químicas, sendo determinados os teores de Fe conforme metodologia descrita em Tedesco et al. (1995).

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e quando significativo, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo Teste de Tukey a

5% de probabilidade utilizando o programa estatístico Winstat (Machado & Conceição, 2001). Ainda foram realizadas análises de correlação linear simples de Pearson, considerando níveis de significância maiores que 95% ( $\alpha=0,05$ ).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados, apresentados na Tab. 2, indicam que os solos com maior quantidade de ferro extraído e conseqüentemente com maior acúmulo de  $\text{Fe}^{2+}$  trocável foram os de número 1, 8, 10, 11 e 12, enquanto que os menores valores foram obtidos no solo 6. Como para calcular a  $\text{PSFe}^{2+}$  é levado em consideração tanto o Fe trocável estimado quanto a CTC potencial de cada solo, nem sempre os solos com maiores quantidades de  $\text{Fe}^{2+}$  trocável apresentaram as maiores  $\text{PSFe}^{2+}$ . Desta forma a classificação dos solos quanto ao risco de toxidez por ferro indica alto risco de ocorrência apenas no solo 1 por possuir  $\text{PSFe}^{2+}$  maior que 40%, e embora os solos 10 e 11 apresentassem altas quantidades de ferro extraído, mas por possuírem alta CTC eles juntamente com o solo 2, 6 e 9 apresentam baixo risco de toxidez por ferro, visto que a  $\text{PSFe}^{2+}$  é menor que 20%. O restante dos solos apresentam médio risco de toxidez por ferro por apresentarem  $\text{PSFe}^{2+}$  entre 20 e 40%.

**Tabela 2.** Quantidade de ferro extraído por oxalato a pH 6,0, de  $\text{Fe}^{2+}$  trocável estimado, porcentagem de saturação da CTC por  $\text{Fe}^{2+}$ , classificação quanto ao risco de ocorrência de toxidez por ferro e teor de ferro no tecido aos 52 dias após o transplante nos doze solos utilizados no experimento.

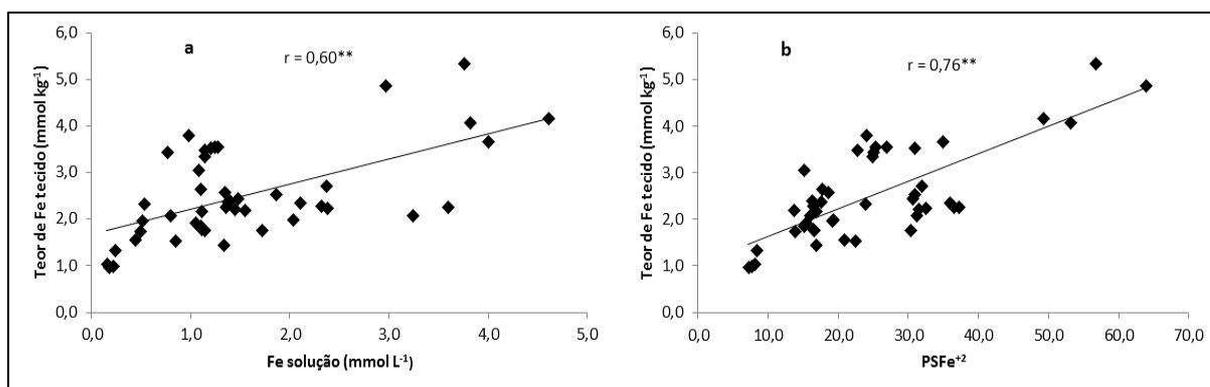
Solos	$\text{Fe}_0$ pH 6,0 (mg $\text{kg}^{-1}$ )	$\text{Fe}^{2+}$ trocável (cmol <sub>c</sub> $\text{dm}^{-3}$ )	$\text{PSFe}^{2+}$ (%)	Risco de toxidez	Teor Fe tecido (mg $\text{kg}^{-1}$ )
1	1073,08cd	2,24cd	55,67a	Alto	257,43a
2	430,86ef	1,09ef	15,66f	Baixo	106,62cd
3	902,37d	1,94d	25,10cd	Médio	197,24b
4	993,14d	2,10d	33,73b	Médio	151,41bc
5	456,60e	1,14e	22,76de	Médio	196,52b
6	216,78f	0,71f	7,76g	Baixo	60,05d
7	563,64e	1,33e	21,47def	Médio	103,13d
8	1468,72b	2,95b	33,50b	Médio	147,10bc
9	930,82d	1,99d	17,69ef	Baixo	125,85c
10	1235,67c	2,54c	15,49f	Baixo	111,48cd
11	1017,53d	2,15cd	16,20f	Baixo	133,59c
12	2490,31a	4,78a	31,10bc	Médio	120,86c

\*Médias seguidas de letras minúsculas distintas nas colunas diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

Os teores de ferro no tecido foram coerentes com o risco de ocorrência de toxidez por ferro (Tab. 2), pois nos solos considerados de baixo risco (solos 2, 6, 10 e 11) não foram diagnosticados teores elevados de ferro, e o solo com alto risco de toxidez (solo 1) apresentou o maior teor de ferro no tecido. Já os demais solos foram classificados de médio risco de toxidez com os valores do teor de ferro no tecido variando de 103 a 197mg  $\text{kg}^{-1}$ .

Os teores de ferro no tecido do arroz se correlacionaram com a  $\text{PSFe}^{2+}$  com  $r=0,76$  (Fig. 1b), indicando que quanto maior a relação de ferro pelos cátions no solo, maior é a absorção desse elemento pelas plantas de arroz. O uso da  $\text{PSFe}^{2+}$  é vantajoso, pois proporcionou um coeficiente de correlação melhor com os

teores de ferro no tecido quando comparado com a relação da concentração de ferro na solução do solo com  $r=0,60$  (Fig. 1a), além do que a concentração de ferro na solução do solo só será quantificada após o alagamento. Assim, como a  $PSFe^{2+}$  é calculada com base na análise de solo seco, é possível obter uma boa estimativa da quantidade de ferro absorvida pelas plantas de arroz, afóra que a CTC potencial do solo já é expedida no laudo de análise do solo, resultando realizar adicionalmente apenas a extração de  $Fe_0$  pH 6,0.



**Figura 1.** Correlação entre ferro na solução com ferro no tecido das plantas de arroz (a), porcentagem de saturação da CTC por  $Fe^{2+}$  (b). \*\*Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

#### 4 CONCLUSÃO

A extração de ferro por oxalato de amônio a pH 6,0 é um bom indicador para se estimar o ferro acumulado durante o alagamento do solo.

A interpretação para prognóstico do risco de ocorrência da toxidez por ferro em arroz irrigado proposto por Sosbai (2010) baseada na  $PSFe^{2+}$  é eficiente para previsão da ocorrência do problema para o grupo de solos do estudo.

#### 5 REFERÊNCIAS

ABIFARIN, A.O. Grain yield loss due to iron toxicity. **West Africa Rice Development Association Technical Newsletter**. Bouaké, v.8, p.1-2, 1988.

MACHADO, A.A.; CONCEIÇÃO, A.R. **WinStat – Sistema de Análises Estatísticas para Windows**, versão 2.0, NIA – Núcleo de Informática Aplicada, UFPel, CD-ROOM, 2003.

SOSBAI – Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado. **Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil**. Reunião Técnica da Cultura do Arroz Irrigado, 28. Bento Gonçalves, RS. – Porto Alegre: SOSBAI, 2010. 188 p.

TEDESCO, M.J. GIANELLO, C.; BISSANI, C.A ; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. rev. e ampl. Porto Alegre: Departamento de Solos da UFRGS. 1995. 174 p. (Boletim Técnico de Solos, n.5)

VAHL, L.C.; GUIDOTTI, R.M.M.; FABRES, R.T. Análise química de solo para a estimativa da acumulação de  $Fe^{2+}$  e  $Mn^{2+}$  durante o alagamento. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 1 E REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 23**. Pelotas. Anais... Pelotas, 1999. p. 369-371.