



## Variações na Concentração de Íons na Solução do Solo em Função de Doses e Fontes de Fertilizantes Nitrogenados em Arroz Irrigado em Várzeas Tropicais <sup>(1)</sup>

**Gustavo de Melo Oliveira Gonçalves<sup>(2)</sup>; Mellissa Ananias Soler da Silva<sup>(3)</sup>; Yoná Serpa Mascarenhas<sup>(4)</sup>; Eliana de Paula Fernandes<sup>(5)</sup>, Pedro Henrique Pereira Caetano<sup>(6)</sup>, Alberto Baêta dos Santos<sup>(3)</sup>.**

<sup>(1)</sup> Trabalho executado com recursos da Embrapa e CNPq

<sup>(2)</sup> Mestrando do curso de Pós-Graduação em Agronomia (Solo e Água), Universidade Federal de Goiás; Goiânia, Goiás.  
E-mail: gustavogo15@hotmail.com;

<sup>(3)</sup> Pesquisadora da Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, Goiás

<sup>(4)</sup> Doutoranda do curso de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal de Goiás; Goiânia, Goiás.

<sup>(5)</sup> Professora da Escola de Agronomia; Universidade Federal de Goiás; Goiânia, Goiás;

<sup>(6)</sup> Estudante de graduação em Agronomia, Universidade Federal de Goiás; Goiânia, Goiás.

**RESUMO:** Em solos inundados, as reações eletroquímicas e a dinâmica dos nutrientes ocorrem de forma diferenciada. O objetivo do trabalho foi determinar os efeitos de diferentes fontes e doses de nitrogênio em solos de várzea inundados no pH, potencial redox e na concentração de íons da solução do solo, visando a obtenção da fonte e dose de fertilizante economicamente viável e ambientalmente sustentável. As amostras foram coletadas na safra 2014/2015 no Campo Experimental da Fazenda Palmital, em Goianira, GO, em área de produção de arroz irrigado, cultivar BRS Catiana. O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados com quatro repetições, sendo duas fontes de nitrogênio (uréia comum e uréia de liberação lenta), três doses de N aplicadas em cobertura (30, 70, 150 kg ha<sup>-1</sup>), e a testemunha absoluta, sem aplicação alguma de N. Foram realizadas análises de pH, Eh, cálcio, magnésio, potássio, ferro, manganês e zinco. Não foi observado efeito estatístico significativo de doses ou fontes na concentração desses elementos na solução do solo. O efeito do tempo de inundação propiciou elevação no pH e nos teores de Ca, Mg, Fe, Mn e Zn e diminuição do Eh, K e matéria orgânica do solo.

**Termos de indexação:** adubação, solo alagado, disponibilidade de nitrogênio.

### INTRODUÇÃO

No Brasil o arroz é cultivado em solos de várzeas e de terras altas. Os solos de várzea apresentam como principal característica uma drenagem natural deficiente (hidromorfismo), ocasionado pelo relevo

predominantemente plano, freqüentemente associado a uma camada subsuperficial impermeável e uma camada superficial rasa, com fertilidade natural média a baixa (PINTO et al., 1999). Em solos inundados, as reações eletroquímicas e a dinâmica dos nutrientes ocorrem de forma diferenciada. Devido a uma maior instabilidade do ecossistema várzea, o uso de tecnologias inadequadas pode acarretar maiores riscos para os produtores e ao meio ambiente.

O N é um dos elementos mais influenciados pelas condições de anaerobiose, já que é utilizado pelos microrganismos anaeróbios como receptor de elétrons. O arroz inundado apresenta eficiência de recuperação de N em torno de 40%, essa eficiência de utilização de N pode ser melhorada com o uso de dose adequada, tipo de fonte e época de aplicação apropriada (FAGERIA & STONE, 2003).

O objetivo do trabalho foi determinar os efeitos de diferentes fontes e doses de nitrogênio em solos de várzea inundados no pH, potencial redox e na concentração de íons da solução do solo, visando a obtenção da fonte e dose de fertilizante economicamente viável e ambientalmente sustentável.

### MATERIAL E MÉTODOS

As amostras foram coletadas na safra 2014/2015 no Campo Experimental da Fazenda Palmital, da Embrapa Arroz e Feijão, no município de Goianira, Goiás, em Gleissolo Háplico. O clima da região é do tipo Aw, segundo Kottek et al. (2006). O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados com quatro repetições, sendo duas fontes de nitrogênio (uréia comum e uréia de liberação lenta),

três doses de N aplicadas em cobertura (30, 70, 150 kg ha<sup>-1</sup>), e a testemunha absoluta, sem aplicação alguma de N.

Foram coletadas amostras de solução do solo, semanalmente, durante o período de inundação no cultivo do arroz, cultivar BRS Catiana. A extração da solução foi realizada através de extratores constituídos de tubos de polivinilclorado (PVC) com 60 cm de comprimento, contendo cápsulas de porcelana porosa em uma das extremidades e, internamente, mangueiras de silicone ligando as cápsulas ao exterior dos tubos. Esse sistema é vedado com rolha de borracha que permite a passagem das mangueiras, que são ainda, fechadas com uso de válvulas de três vias, usadas para acoplamento de seringas com capacidade de 60 mL, na sucção da solução, instalados a 15 cm de profundidade no solo.

As análises de pH e Eh (potencial de oxirredução) foram feitas logo após a coleta da solução do solo no campo, e então, acidificadas com HCl (2M), e imediatamente congeladas para posterior análise dos seguintes elementos: cálcio, magnésio, potássio, ferro, manganês e zinco. A determinação de potássio foi realizada com o fotômetro de chama (Embrapa, 2009). As determinações de cálcio, magnésio, ferro, manganês e zinco, foram realizados em espectrofotômetro de absorção atômica (Embrapa, 2009). Os resultados foram avaliados com o uso de análises de regressão para os fatores significativos ( $P < 0,05$ ), com o uso do software R (Team, 2013).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O pH foi fortemente influenciado pelo tempo de inundação, não sofrendo, contudo, influência das doses ou fontes de fertilizante (Tabela 1). Inicialmente ocorreu uma redução dos valores e depois um aumento tendendo a neutralidade. As médias variaram de 6,5 no início da inundação até 6,9 no final do período de inundação. Segundo Sousa et al. (2000), esse é um comportamento previsto em solos ácidos alagados, o decréscimo inicial se verifica em decorrência do acúmulo de CO<sub>2</sub>, e o aumento subsequente ocorre devido as reações de oxirredução, que se processam com o consumo de hidrogênio.

A maioria dos valores de Eh concentrou-se entre 400 e 100 mV, em todos os tratamentos avaliados. Houve uma queda no potencial de oxirredução na solução do solo com o tempo de inundação. De-Campos (2006) estudando o potencial de

oxirredução na solução de solo saturado, observou decréscimo nos valores de Eh a partir do primeiro dia de incubação anaeróbica, sendo de 397 para -74 mV.

A concentração de cálcio na solução do solo aumentou até os 80 dias de alagamento, havendo maior deslocamento desse elemento para a solução do solo quando do uso de uréia comum. Observou-se incremento nas concentrações de Mg, assim como no caso do Ca, com o aumento do período de alagamento, para todas as doses, com interação entre essas e o tempo de inundação. Para esse elemento não se observou efeito de fontes. Esse incremento na concentração de Ca e Mg na solução do solo com o tempo de saturação, também foi observada por De-Campos (2006).

O efeito do tempo de inundação foi o fator mais importante sobre a disponibilidade do K na solução (Tabela 1). Contudo apresentou comportamento oposto ao Ca e Mg, com maior liberação de íons para a solução no início da inundação. Silva et al. (2003) observaram variações nos teores de K na solução do solo com a presença de plantas de arroz, havendo decréscimo de íons K nessa condição.

A disponibilidade da matéria orgânica foi influenciada pelo período de inundação, não havendo diferença estatística significativa entre doses e fontes. Houve uma queda nos valores até aproximadamente os 60 dias após o alagamento e após essa data, os valores mantiveram-se ao redor de 5,5 g kg<sup>-1</sup>.

Os teores de ferro apresentaram incremento com o tempo de inundação em ambos os tratamentos, exceção para a testemunha absoluta e para a dose de 70 kg ha<sup>-1</sup>, em que se observou baixa concentração de Fe ao longo do período. Após os 80 dias de inundação verificou-se um decréscimo na concentração de Fe na solução. Esse aumento nos teores de ferro da solução do solo se deve à redução dos óxidos de ferro e a posterior diminuição pode estar relacionada com o aumento do pH em função dos dias de alagamento (Souza et al, 2000).

Para o elemento manganês foi observado um crescimento nos teores em função do tempo de inundação, sem diferença estatística entre fontes de nitrogênio. Resultados semelhantes foram encontrados por Carvalho (2011), que relatou o incremento na concentração de Mn na solução do solo com relação ao tempo de inundação. As reações de Fe e Mn nos processos de redução são consideradas as mais importantes, devido a maior concentração desses em solos inundados (Fageria et al, 2002).



O Zn apresentou dinâmica um pouco diferenciada em relação aos demais nutrientes. Na fonte uréia comum, independentemente da dose, observou-se pequeno incremento na concentração de Zn até os 50 dias, com posterior redução nas concentrações desse elemento na solução (Tabela 1). Uma possível explicação para esse decréscimo é que a solubilidade do zinco é altamente dependente do pH. A cada unidade de aumento desse fator, a solubilidade do zinco decresce 100 vezes, e à medida que o pH se eleva acima de 6,0, aumentam as chances de ocorrer a formação de zincato de cálcio e de adsorção nas superfícies dos carbonatos (Souza & Ferreira, 1995).

### CONCLUSÕES

Não foi observado efeito estatístico significativo de doses ou fontes na concentração desses elementos na solução do solo.

O efeito do tempo de inundação propiciou elevação no pH e nos teores de Ca, Mg, Fe, Mn e Zn e diminuição do Eh, K e matéria orgânica do solo.

### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem as agências de fomento pelo auxílio através de bolsas e financiamento do trabalho: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq (453947/2014-0), a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA (SEG 03.12.12.002.00.00) e Fertilizantes Heringer pela colaboração.

### REFERÊNCIAS

CARVALHO, G. D. Uso de nitrogênio no cultivo de arroz irrigado e seus efeitos no solo, na planta e na emissão de óxido nitroso. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2011.

DE-CAMPOS, A. B. Effects of redox on the solution chemistry and aggregate stability of Midwest upland soils. Tese (Doutorado em Agronomia). Purdue University, USA, 2006

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. 2 Ed. Brasília: Informação Tecnológica, 2009. 628p

FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C.; CLARK, R. B. Micronutrients in crop production. *Advances in Agronomy*, New York, v. 77, p. 185-268, 2002.

FAGERIA, N. K.; STONE, L. F. Manejo do nitrogênio. In: FAGERIA, N.K.; STONE, L.F.; SANTOS, A.B. dos. Manejo da fertilidade do solo para o arroz irrigado. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. Cap.3, p.51-94.

KOTTEK, M. et al. World Map of Köppen-Geiger climate classification updated. *Meteorologische Zeitschrift*. Berlin, Stuttgart: Gebrüder Borntraeger. 15: 259-263 p. 2006.

MEURER, E. J.; Fundamentos de química do solo. In: SOUSA, R. O.; CAMARGO, F. A. O.; VAHL, L. C.; Solos alagados. 1 Ed. Porto Alegre: Genesis, 2000. P.127-146.

PINTO, L. F. S.; PAULETTO, E. A.; GOMES, A. da S.; SOUSA, R. O. de. Caracterização de solos de várzea. In: GOMES, A. da S.; PAULETTO, E. A. (ed.). Manejo do solo e da água em áreas de várzea. Pelotas: Embrapa Clima Temperado. 1999. p. 11-36.

SILVA, L. S.; SOUSA, R. O. de; Bohnen, h. Alterações no teores de nutrientes e, dois solos inundados, com e sem palha de arroz. *Ciencia Rural*, Santa Maria, v. 33, n. 3, p. 487-490. 2003.

Souza, E. C. A.; Ferreira, M. E. Zinco. In: Simpósio sobre Micronutrientes na Agricultura, Jaboticabal, 1988. Anais. Jaboticabal: Fundação ABC, 1995. p.302-344.

TEAM, R. C.; R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria, 2013.

**Tabela 1.** Efeitos de dias após a inundação (dai) e doses de nitrogênio aplicadas (ni), nos atributos químicos do solo. Goianira- Goiás, 2015.

Variável	Fonte	Equação	R <sup>2</sup>
pH	Uréia comum	$6,76+0,0007ni-0,006dai^2-0,0000001ni^2+0,00007dai^{2***}-0,00001dai.ni$	0,12
pH	FH	$6,74-0,01ni-0,004dai+0,00001ni^2+0,00005dai^2-0,000004dai.ni$	0,08
Eh	Uréia comum	$328,17-0,97dai^{***}+0,11ni$	0,13
Eh	FH	$389,8+1,67ni^{***}-3,96dai^{***}-0,01ni^{2***}+0,02dai^{2***}-0,004dai.ni$	0,27
Ca	Ureia comum	$6,13-0,005ni+0,10dai-0,00005ni^2-0,0005dai^2-0,0009dai.ni^{**}$	0,29
Ca	FH	$-0,25+0,057dai^{***}+0,013ni^{***}$	0,40
Mg	Uréia comum	$-0,58-0,02ni+0,10dai^{***}+0,00008ni^2-0,0005dai^{2**}+0,0004dai.ni^{***}$	0,46
Mg	FH	$-0,5-0,005ni+0,08dai^{**}+0,00002ni^2-0,0002dai^2+0,0002dai.ni^*$	0,44
K	Uréia comum	$26,47-0,09ni-0,42dai^2+0,0008ni^2+0,003dai^2-0,0006dai.ni$	0,04
K	FH	$30,44-0,06ni-0,57dai^{**}+0,001ni^2+0,004dai^{2***}-0,0009dai.ni$	0,08
Fe	Uréia comum	$-0,04-0,004ni+0,01dai+0,00002ni^2-0,00006dai^2-0,000009dai.ni$	0,05
Fe	FH	$-0,14-0,007ni+0,02dai^2+0,00004ni^2-0,0001dai^2-0,00006dai.ni$	0,07
Mn	Uréia comum	$-1,47+0,008ni+0,09dai^{***}-0,00003ni^2-0,0006dai^{2***}-0,00001dai.ni$	0,20
Mn	FH	$-1,8+0,02ni+0,1dai^{***}-0,0001ni^2-0,0007dai^{2***}+0,000001dai.ni$	0,21
Zn	Uréia comum	$0,03-0,00006ni+0,0009dai-0,000001ni^2-0,000009dai^2+0,000006dai.ni$	0,05
Zn	FH	$0,02+0,0007ni^2+0,0006dai-0,000005ni^2-0,000006dai^2-0,000002dai.ni$	0,06
MOS	Uréia comum	$0,1-0,01ni-0,1dai^{**}+0,0001ni^2+0,0006dai^2-0,0000007dai.ni$	0,11
MOS	FH	$13,36+0,003ni-0,19dai^{***}+0,0001ni^2+0,001dai^{2**}-0,0001dai.ni$	0,13

\*: dai: Dias após inundação; ni: doses de nitrogênio; FH: fertilizante nitrogenado de liberação lenta; MOS: Matéria Orgânica do Solo. '\*\*\*\*' P<0.001 '\*\*\*' P<0.01 '\*\*' P<0.05 '\*' P<0.1