

EFEITO DA INUNDAÇÃO SOBRE O pH E A DISPONIBILIDADE DE FÓSFORO, SÓDIO, FERRO E MANGANÊS EM UM GLEY POUCO HÚMICO COLETADO NA VÁRZEA DO RIO GUAMÁ, BELÉM (PA)¹

Roberta Maria Vita Coutinho MATTAR²

Lúcio Salgado VIEIRA†³

George Rodrigues da SILVA⁴

RESUMO: A inundação estabelece condições propícias para a ocorrência de reações de oxi-redução, promovendo a alteração das características químicas do solo. Este experimento teve por objetivo verificar as variações no pH e nos teores de fósforo, sódio, ferro e manganês de um solo Gley Pouco Húmico de várzea do rio Guamá, durante um período de 47 dias de inundação. O trabalho foi conduzido em laboratório, com quatro repetições. Sete quilogramas do solo foram depositados em caixa de isopor e inundados. Durante o período de inundação, foi coletada uma amostra do solo de cada parcela, em dias alternados, que foi analisada úmida, para as variáveis estudadas, e comparadas com as mesmas variáveis de uma testemunha, coletada antes da inundação. Após a inundação ocorreu elevação dos valores de pH e dos teores de fósforo, ferro e manganês, em função das reações de oxi-redução que ocorreram nas condições de saturação. O sódio sofreu pequena variação na concentração, devido não sofrer reações de oxi-redução.

TERMOS PARA INDEXAÇÃO: Oxi-redução, Solo Tropical, Amazônia.

EFFECT OF FLOODING ON pH VALUES AND IN THE SOLUBILITY OF PHOSPHORUS, SODIUM, IRON AND MANGANESE OF A "LOW HUMIC GLEY" SOIL FROM THE AMAZON BASIN OF BRAZIL

ABSTRACT: The objectives of this research were to determine the effect of flooding on pH values and in the availability of phosphorus, sodium, iron and manganese of a wetland soil from the Guamá River, Pará, Brazil. Seven kilograms of soil were placed into four boxes and flooded with water from the river during 47 days. Soil samples were collected in alternate days wet analyzed and compared to the soil analysis before flooding. The results showed an increase in pH values and in the levels of phosphorus, iron and manganese as a function of flooding. The sodium showed a smaller increase in concentration because its solubility is not dependent on the oxi-reduction reactions after flooding.

INDEX TERMS: Oxi-reduction Reactions, Wetland, Tropical Soil

¹ Aprovado para publicação em 16.10.2002

Parte da Dissertação apresentada pelo primeiro autor para obtenção do grau de Mestre na FCAP, em 1998.

² Engenheira Agrônoma, Mestre em Solos e Nutrição de Plantas.

³ Engenheiro Agrônomo, M.Sc., Professor Titular da FCAP. Departamento de Ciência do Solo.

⁴ Engenheiro Agrônomo, Dr., Professor Adjunto da FCAP. Departamento de Ciência do Solo. E-mail: solospo@fcap.br; george@fcap.br

1 INTRODUÇÃO

As várzeas da Amazônia brasileira têm grande potencialidade agropecuária, não apenas pela vasta área territorial que ocupam, como, também, pela boa fertilidade natural que a maioria dos solos possui. O Estado do Pará possui cerca de seis milhões de hectares de solos de várzea com potencial para a produção de alimentos (FAGERIA, 1984). Deste total, três milhões de hectares ocorrem na região do estuário amazônico, sob regime de inundação periódica das águas barrentas do rio Amazonas e seus afluentes, com média a alta fertilidade natural, proporcionada pela deposição de sedimentos organo-minerais em suspensão trazidos pelas marés (FALESI et al., 1972).

No entanto, o manejo adequado das várzeas depende da realização de pesquisas que possam identificar e avaliar os diversos fenômenos químicos e físicos que ocorrem nestas áreas, assim como os benefícios e as limitações que podem acarretar e, a partir disso, possibilitar o melhor aproveitamento pelo produtor.

Conforme Lima, Tourinho e Costa (2001), as várzeas do rio Guamá possuem boa fertilidade, graças à contínua incorporação de novos sedimentos trazidos pelas marés, favorecendo a agricultura, com destaque para os cultivos do arroz, milho, caupi, mandioca, juta e cana-de-açúcar, como, também, para a formação de pastagens.

Segundo Mendes (1972), em uma tonelada de sedimentos carregados pelas

águas barrentas do rio Amazonas e afluentes estão presentes: 11,9kg de NaNO_3 com 15% de N; 4,1kg de carbonato de cálcio com 90% de CaCO_3 ; 0,5kg de fosfato com 18% de P_2O_5 ; e 1,3kg de KCl com 60% de K_2O . Segundo o mesmo autor, as várzeas do estuário sujeitas ao regime das marés podem receber, em cada movimento da maré, até oito toneladas de sedimentos por hectare.

A submersão dos solos das várzeas influencia grandemente a disponibilidade de nutrientes e, conseqüentemente, o desenvolvimento das culturas. As características químicas destes solos sofrem transformações em conseqüência de reações químicas e biológicas que ocorrem devido ao excesso de água.

Como resultado da inundação, ocorrem alterações químicas no solo, como o aumento do pH, da solubilidade do fósforo e do ferro devido à redução dos óxidos hidratados de Fe^{+3} para Fe^{+2} , deslocamento de cátions básicos dos seus sítios de troca e incremento da solubilidade do manganês devido à redução dos compostos de Mn^{+4} para a forma mais solúvel Mn^{+2} (SANCHEZ, 1976).

De acordo com Ponnampereuma (1977), as alterações químicas causadas pela inundação elevam a produtividade da cultura do arroz, pois modificam as condições desfavoráveis presentes nos solos aeróbicos, entre as quais cita a deficiência de ferro e a baixa disponibilidade de N e P na maioria dos solos e toxicidade de Mn e Al nos solos ácidos.

O objetivo deste trabalho foi determinar as variações nos valores de pH e na disponibilidade de fósforo, sódio, ferro e manganês de um Gley Pouco Húmico da várzea do rio Guamá, em função do tempo de inundação.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Foram coletadas seis amostras superficiais de um solo classificado como Gley Pouco Húmico (SANTOS et al., 1983) situado a, aproximadamente, 300 metros da calha do rio Guamá, em área pertencente à Embrapa Amazônia Oriental, no município de Belém, Estado do Pará.

A cobertura vegetal local é predominantemente arbustiva e composta por diversas espécies de gramíneas e ciperáceas. As amostras simples, coletadas na profundidade de 0 a 20 cm do solo, deram origem à amostra composta, que foi seca ao ar. Em seguida, foi promovido o destorroamento do solo com rolo de madeira para que suas partículas se tornassem o mais uniforme possível, já que a peneiragem não foi efetuada para minimizar a contaminação de elementos metálicos. Antes, foi procedida uma catação minuciosa de partes vegetais frescas existentes na amostra de solo, a fim de minimizar a influência da matéria orgânica nos resultados analíticos. O solo já preparado foi, então, submetido às análises físicas e químicas necessárias à sua caracterização.

O experimento foi conduzido em laboratório, onde 7 kg de solo foram depositados em caixa de isopor, as quais

foram inundadas durante 47 dias, com água do próprio rio Guamá obtida em trecho próximo ao local de coleta do solo. Manteve-se, permanentemente, uma lâmina d'água de dois centímetros de altura, possibilitando a realização do trabalho em condições mais próximas da realidade. Os tratamentos constaram da coleta de amostras do solo inundado em cada caixa de isopor, iniciada a partir do primeiro dia da submersão e, subseqüentemente, em dias alternados, totalizando 24 períodos de amostragens, em quatro repetições. Cada amostra foi analisada úmida para a determinação do pH e dos teores de P, Na, Fe e Mn e submetidas à análise de regressão, considerando como tempo zero os valores dessas variáveis analisadas em solo seco coletado antes da inundação.

O pH do solo foi medido na própria caixa de isopor, com o uso de um potenciômetro digital aferido com soluções-tampão pH 4 e pH 7, introduzindo-se o eletrodo diretamente no solo submerso. Para a dosagem dos elementos minerais, foram utilizados os procedimentos preconizados pela Embrapa (1979).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 são apresentados os resultados da análise do solo realizada em amostras coletadas antes da inundação. Deve-se observar que o solo apresentou baixos teores de fósforo disponível, cálcio e magnésio, teor médio de potássio, elevado teor de matéria orgânica e acidez considerada média (SILVA, 1991).

Tabela 1 – Resultados analíticos do solo Gley Pouco Húmico da várzea do rio Guamá, Belém, Pará, coletado na profundidade de 0-20 cm antes da inundação.

CARACTERÍSTICAS	VALOR
pH (H ₂ O)	5,84
Ca (mmol/dm ³)	4,20
Mg (mmol/dm ³)	4,80
K (mmol/dm ³)	1,70
Na (mmol/dm ³)	2,10
P disponível(mg/dm ³)	1,12
Cu (mg/dm ³)	6,21
Zn (mg/dm ³)	13,98
Fe (mg/dm ³)	25,64
Mn (mg/dm ³)	26,85
C (g/dm ³)	23,20
Matéria orgânica (g/dm ³)	39,90
Areia grossa (g/dm ³)	6,00
Areia fina (g/dm ³)	13,00
Silte (g/dm ³)	721,00
Argila (g/dm ³)	260,00

A Figura 1 mostra a variação do pH de 5,84 a 7,21, antes e depois da inundação ($P < 0,05$). Observa-se uma nítida elevação nos valores de pH, já a partir do terceiro dia de inundação do solo, havendo uma certa tendência à estabilização a partir do 31º dia, entre os valores 7,07 e 7,22. Ponnampertuma (1972) afirma que nos solos ácidos, com a inundação, ocorre a elevação do pH devido à redução dos compostos de ferro, ocasionada pela ausência de O₂, havendo liberação de íons hidroxila no solo. Silva, Vieira e Ferreira (1996) verificaram a elevação do pH até o 7º dia, oscilando, a partir daí, entre 6,5 e 7,5, enquanto Gotoh e Yamashita (1966) constataram que o teor

de matéria orgânica influencia diretamente as mudanças químicas do solo inundado, ao observarem que o pH aumentou rapidamente nos dez primeiros dias, de 5,6 para, aproximadamente, 7 na parcela que recebeu matéria orgânica, enquanto na parcela sem matéria orgânica o pH aumentou lentamente, mantendo-se estável, no valor 6,8, após 45 dias de inundação.

A redução observada no valor do pH do solo no início da inundação (Figura 1) foi, provavelmente, provocada pela presença de CO₂ produzido pela respiração das bactérias aeróbicas presentes antes da inundação, o que também foi constatado por Ponnampertuma (1972).

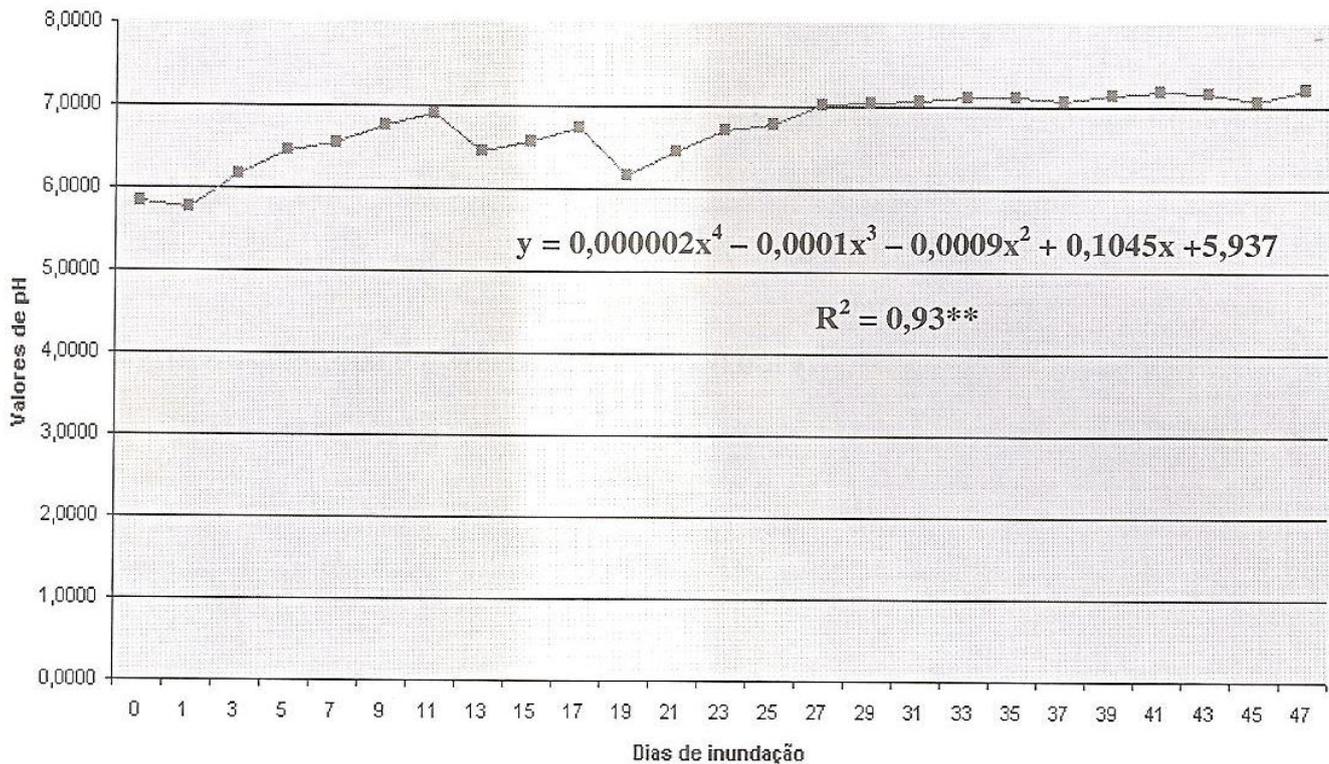


Figura 1 – Evolução dos valores de pH de amostras analisadas úmidas, de um Gley Pouco Húmico, coletadas a uma profundidade de 20cm em várzea do rio Guamá, Belém (PA).

Na Figura 2, encontram-se os dados de fósforo disponível do solo em função da inundação, constatando-se o aumento de 12,25 vezes em relação aos teores encontrados antes da inundação ($P < 0,05$). A concentração de fósforo disponível sofreu um pequeno decréscimo até o terceiro dia de inundação, caindo de 1,12 para 0,15 mg/dm³. Nos dias subseqüentes, houve um considerável aumento no teor de fósforo, que alcançou o valor máximo de 13,8 mg/dm³ no 39º dia, para, em seguida, apresentar um pequeno decréscimo com tendência à estabilização. As concentrações do fósforo obtidas neste trabalho tiveram comportamento semelhante ao demonstrado por Silva (1993), que verificou valores crescentes até

o 27º dia, estabilizando-se, a partir daí, entre 7,15 e 7,99 mg/dm³.

Moraes e Bastos (1971), estudando as variações de pH e da solubilidade do fósforo em várzea inundada do rio Guamá, verificaram que em solo sob floresta original, o teor de P trocável elevou-se de 14 para 98 mg/dm³, após 40 dias de submersão, enquanto que em solo cultivado (sem adubação) o P aumentou de 6 para cerca de 49 mg/dm³ em 25 dias, enquanto o pH subiu de 4,6 para 6,9 no decorrer do mesmo período. Ferreira et al (1998) encontraram aumento da ordem de 7,5 vezes para o teor de fósforo em solo de várzea do rio Guamá, após 72 dias de inundação.

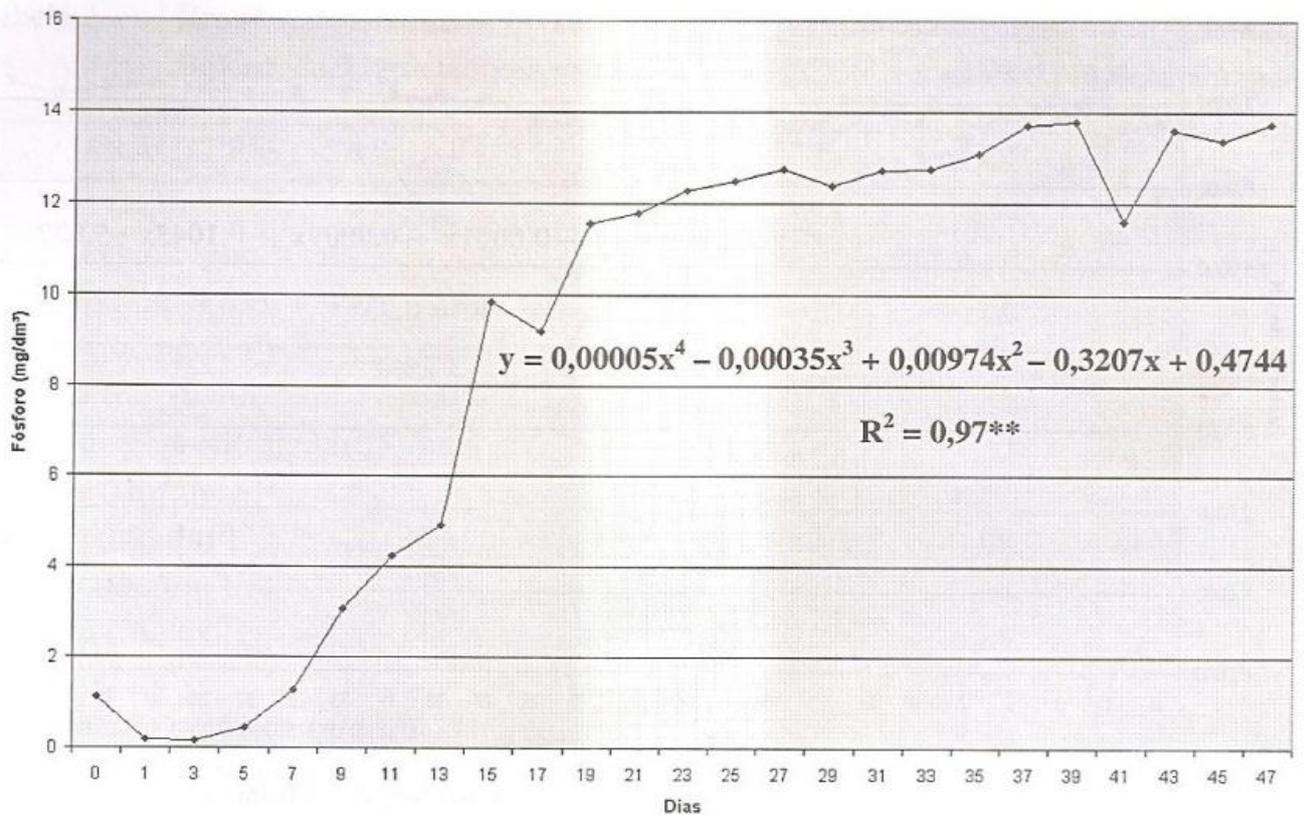


Figura 2 – Evolução dos teores de fósforo de amostras analisadas úmidas, de um solo Gley Pouco Húmico, coletados a 20 cm de profundidade em várzea do rio Guamá, Belém (PA).

Em relação ao sódio, observou-se uma elevação de 2,9 para 5,87 mmol/dm³, do 1º ao 39º dia de inundação, passando, após esse período, a oscilar em torno de 5,8 mmol/dm³ (Figura 3), sendo que todos esses valores foram superiores aos teores do nutriente encontrados no solo antes da inundação ($P < 0,05$). Conforme Sanchez (1981), a inundação do solo não tem efeito direto sobre os cátions básicos trocáveis do solo, pois estes não sofrem processos de redução, porém, grandes quantidades desses elementos podem ser deslocados dos sítios de troca para a solução do solo pelos íons NH₄⁺, Mn⁺² e Fe⁺² que são produzidos em consideráveis quantidades pela inundação.

Em relação ao ferro (Figura 4), o elemento apresentou, no primeiro dia de inundação, um teor inferior ao verificado antes do solo ser inundado, caindo de 25,64 para 18,54 mg/dm³. Em seguida, houve um significativo aumento nos valores ($P < 0,05$), que, após o 29º dia de inundação, permaneceram oscilando em torno de 138 mg/dm³ com tendência à estabilização.

A redução dos compostos de Fe⁺³ a Fe⁺², que ocorre após a inundação, é um fenômeno químico de grande importância, pois, além de aumentar a solubilidade e a disponibilidade deste elemento no solo, proporciona o aumento do pH e a solubilidade do fósforo. De 5% a 50% dos

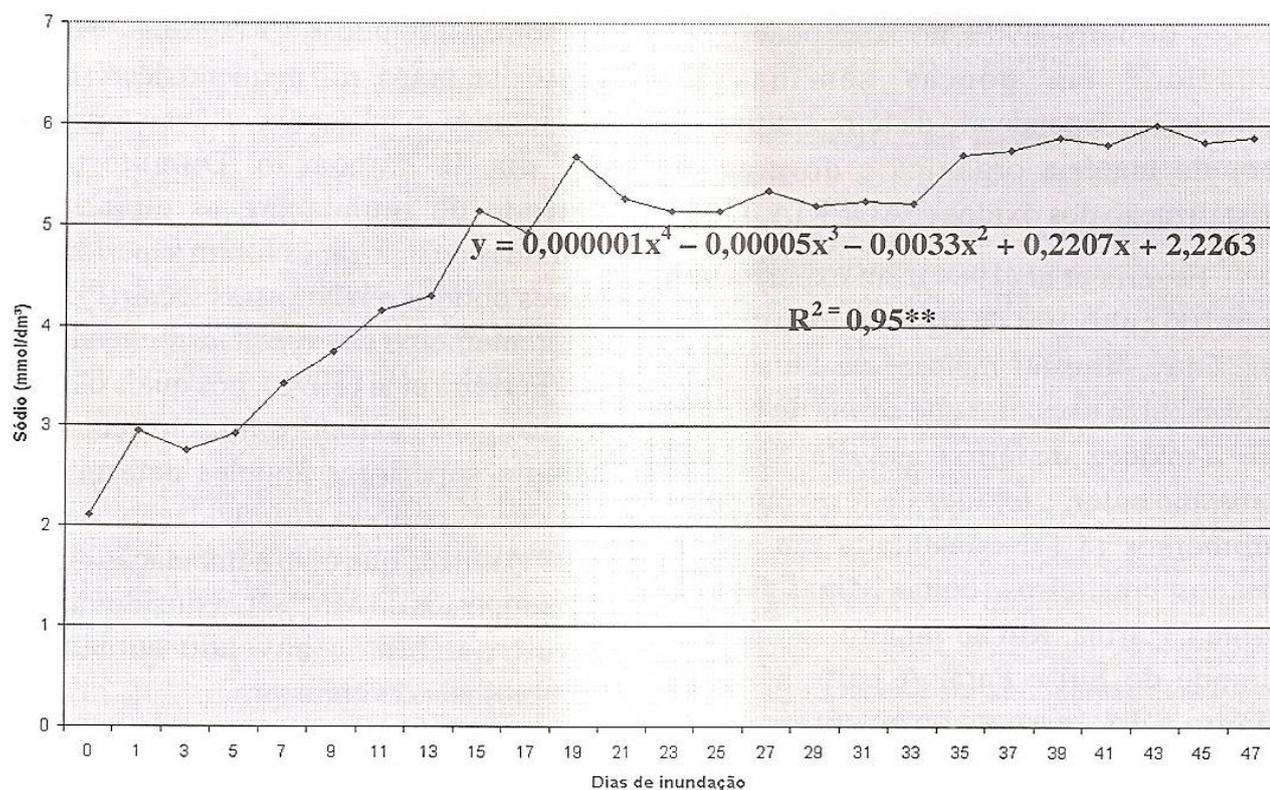


Figura 3 – Evolução dos teores de sódio de amostras analisadas úmidas, de um solo Gley Pouco Húmico, coletados a 20 cm de profundidade em várzea do rio Guamá, Belém (PA).

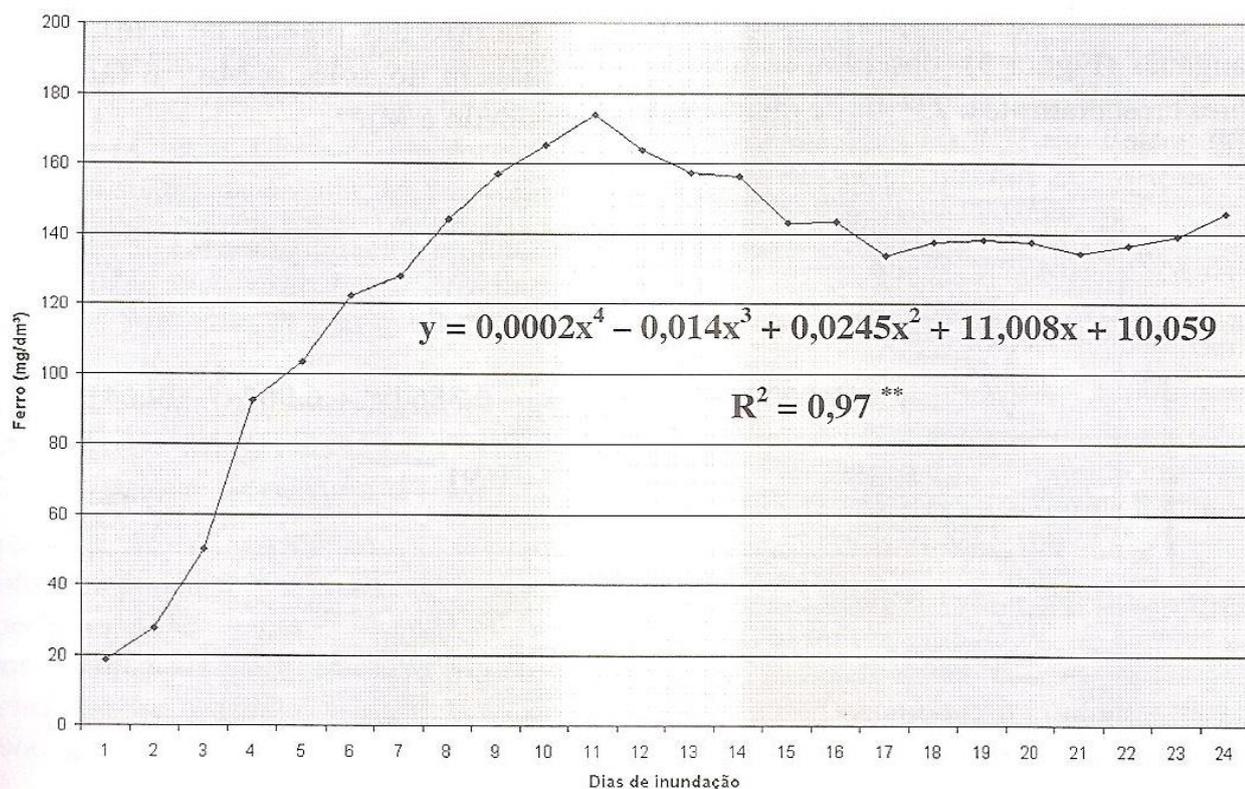


Figura 4 – Evolução dos teores de ferro de amostras analisadas úmidas, de solo Gley Pouco Húmico, coletadas na profundidade de 0 a 20 cm em várzea do rio Guamá, Belém (PA).

óxidos de ferro livres no solo podem ser reduzidos em poucas semanas de submersão, dependendo da temperatura, do teor de matéria orgânica e do grau de cristalização dos óxidos (FAGERIA, 1984).

Fageria et al (1984), em experimento com 106 cultivares de arroz, demonstraram que entre 40 e 60 mg/dm³ de Fe solúvel ocorre baixa toxidez e que acima de 60 mg/dm³ a toxidez de ferro é elevada. Segundo o mesmo autor, a toxidez de ferro em solos submersos já foi constatada em vários estados brasileiros, como Minas Gerais, Santa Catarina, Rio de Janeiro, Goiás, Rio Grande do Sul e Pará. A parte aérea da planta do arroz apresenta maior sensibilidade à toxidez de ferro do que o sistema radicular, evidenciando uma redução mais acentuada no peso da matéria seca.

Quanto ao comportamento do manganês (Figura 5), observou-se que os teores cresceram até o 23º dia de inundaçã

do solo, atingindo 83,5 mg/dm³. A partir desse dia, houve um pequeno decréscimo e os teores se mantiveram estáveis a partir do 37º dia da inundaçã. Durante todo o período de inundaçã, as quantidades extraídas de manganês foram superiores aos teores obtidos em amostras secas (P<0,05), diferentemente dos resultados encontrados por Ferreira et al (1998), nos quais os teores de manganês extraídos no solo seco foram sempre superiores àqueles determinados durante o período de inundaçã. Sanches (1981) afirma que com a inundaçã do solo, os compostos de Mn⁺⁴ são reduzidos à forma bivalente (Mn⁺²), havendo aumento da solubilidade do elemento.

Segundo Fageria (1984), na maioria dos solos inundados não ocorre toxidez de manganês, havendo quantidades de Mn⁺² suficientes para o desenvolvimento satisfatório das plantas de arroz. Após a drenagem do solo, o Mn⁺² é facilmente reoxidado a Mn⁺⁴.

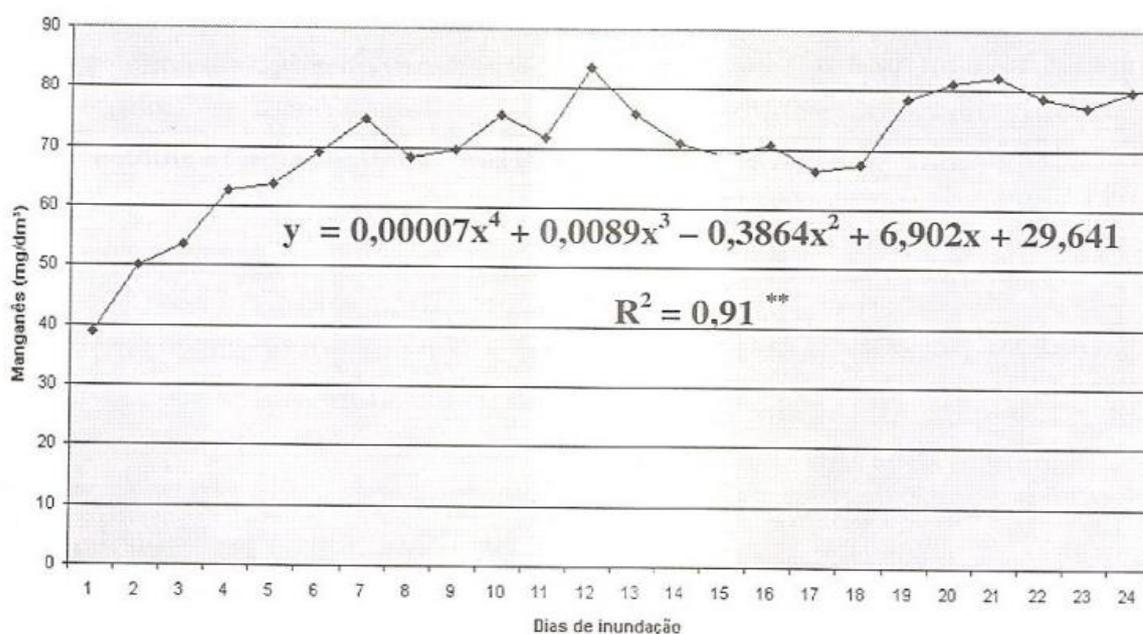


Figura 5 – Evolução dos teores de manganês de amostras úmidas, de um solo Gley Pouco Húmico, coletadas na profundidade de 0 a 20 cm em várzea do rio Guamá, Belém (PA).

4 CONCLUSÃO

a) A inundação provocou a elevação dos valores de pH e das concentrações de fósforo, sódio, ferro e manganês, em função do tempo;

b) A menor variação ocorreu com o sódio por não participar diretamente das reações de oxi-redução que ocorrem em solos inundados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

EMBRAPA. *Manual de métodos de análise de solo*. Rio de Janeiro, 1979.

FAGERIA, N. K. Perspectivas da cultura do arroz. In: _____. *Adubação nutrição mineral da cultura do arroz*. Goiânia: EMBRAPA/CNPAF; Rio de Janeiro: Campos, 1984. 341 p. p.1-28.

_____ et al. Avaliação preliminar de cultivares de arroz para tolerância à toxidez de ferro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v.19, n. 10, p. 1271-1278, 1984.

FALESI, I.C. et al. *Levantamento dos solos da região Bragantina, Estado do Pará*. Belém: IPEAN, 1972. 63p. (IPEAN. Boletim Técnico, 47).

FERREIRA, W.A. et al. *Efeito da inundação sobre as propriedades de um Gley Pouco Húmido de várzea do rio Guamá, nos municípios de Belém e Santa Isabel, PA*. Belém: EMBRAPA-CPATU, 1998. 29p. (EMBRAPA-CPATU. Boletim de Pesquisa, 207).

GOTOH, S.; YAMASHITA, K. Oxidation-reduction potential of a paddy soil in situ with special reference to the production of ferrous iron, manganous manganese and sulfide. *Soil Science Plant Nutrition*, v. 12, n. 6, p. 24-32, 1966.

LIMA, R. R.; TOURINHO, M. M.; COSTA, J. P. C. *Várzeas flúvio-marinha da Amazônia Brasileira: características e possibilidades agropecuárias*. 2. ed. Belém: FCAP. Serviço de Documentação e Informação, 2001. 342p.

MENDES, F. S. Potencialidade agrícola da Amazônia. *Lavoura Arrozeira*, Porto Alegre, v. 25, n. 268, p. 4-11, 1972.

MORAES, V.H.F.; BASTOS, J.B. Variação de pH e solubilidade do fósforo em solo de várzea inundada. *Boletim da Escola de Agronomia da Amazônia*, Belém, n.4, p.33-40, 1971.

PONNAMPERUMA, F. N. The chemistry of submerged soils. *Advances in Agronomy*, New York, n. 24, p. 29-96, 1972.

_____. *Specific soil chemical characteristics for rice production in Asia*. Manila: IRRI, 1977. 18 p. (IRRI. Research Paper Series, 2).

SANCHEZ, P.A. *Properties and management of soils in the Tropics*. New York: J. Wiley, 1976. 618p.

_____. *Suelos del tropico: características y manejo*. San José: IICA, 1981. p. 430-446

SANTOS, P.C.T. C. et al. *Os solos da Faculdade de Ciências Agrárias do Pará*. Belém: FCAP. Serviço de Documentação e Informação, 1983. 60p. (FCAP. Informe Didático, 5).

SILVA, S. B. e. *Análise química de solos*. Belém: FCAP. Serviço de Documentação e Informação, 1991. 41 p. (FCAP. Informe Didático, 11).

_____. *Avaliação da disponibilidade de nutrientes em várzea inundada do rio Guamá*. 1993. 57p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, Belém, 1993.

_____; VIEIRA, L. S.; FERREIRA, W. de A. *Avaliação da disponibilidade de nutrientes em várzea inundada do Rio Guamá*. Belém: FCAP. Serviço de Documentação e Informação, 1996. 18 p. (FCAP. Informe Técnico, 18).