

EFEITO DA CALAGEM EM SOLOS DE AÇUDE COM DIFERENTES VALORES DE CTC SOBRE A ALCALINIDADE E A DUREZA DA ÁGUA

EFFECT OF LIMING POND SOILS WITH DIFFERENT CTC VALUES ON WATER ALKALINITY AND HARDNESS

Matheus Terra Colares

RESUMO

Açudes com valores de alcalinidade total e dureza total da água menores que 20 mg L^{-1} em E_{CaCO_3} necessitam de calagem para obter bons níveis de produtividade primária. BOYD (1979) propôs um método para a recomendação de calagem para açudes de piscicultura baseado na saturação por bases do solo. Para avaliar a sensibilidade deste método em solos com diferentes valores de capacidades de troca de cátions, foi aplicado CaCO_3 (98% de pureza e 100% das partículas menores do que $0,053 \text{ mm}$) para elevar a saturação por bases para 60% e 80%, em solos com CTC baixa, média e alta. A dose para elevar a saturação por bases para 60% foi escolhida pressupondo-se que a autocalagem, provocada pelo alagamento do solo, reduz a necessidade de CaCO_3 para elevar a alcalinidade total da água. A alcalinidade total e a dureza total apresentaram alta correlação com as quantidades de CaCO_3 aplicadas, indicando que a autocalagem neutraliza a acidez do solo e aumenta a disponibilidade de CaCO_3 para elevar a alcalinidade total e a dureza total da água. A aplicação de uma dose de CaCO_3 para elevar a saturação por bases do solo para um nível pré-determinado parece não ser critério sensível para recomendação de calagem para açudes de aquicultura. Conforme os resultados obtidos, a necessidade de CaCO_3 para açudes de

aquicultura, independentemente do tipo de solo, foi de aproximadamente 500 kg ha^{-1} para uma lâmina de água de $0,5 \text{ m}$.

Palavras-chave: calagem, autocalagem, qualidade de água.

ABSTRACT

Fish ponds with water containing less than 20 mg L^{-1} total alkalinity and total hardness need lime application to be effective in primary productivity. The soil base saturation is the method generally used for determining the lime requirement in fish ponds. To evaluate the effectiveness of this method in soils with different CTC values (low, medium and high), CaCO_3 was applied to reach base saturation of 60% and 80%. The 60% base saturation was selected on the assumption that an increase in pH due to the soil saturation reduces the lime requirement, and increases the water alkalinity. It was observed that total water alkalinity and hardness increases according to the amounts of CaCO_3 applied. The lime rate applied to reach a pre-determined value was not effective to predict the pond's lime requirement. The results showed that an amount of 500 Kg CaCO_3 per hectare, with a $\leq 0.5 \text{ m}$ water layer was adequate for fish ponds.

Key words: liming, auto-liming, water quality.

(Recebido para Publicação em 26/09/2006, Aprovado em 25/05/2007)

INTRODUÇÃO

Experiências em piscicultura indicam que açudes com valores de alcalinidade total e dureza total da água menores que 20 mg L^{-1} em equivalente em carbonato de cálcio (E_{CaCO_3}), necessitam de calagem para a eficiência da fertilização inorgânica no incremento planctônico e produção de peixe. Além do aumento da alcalinidade total e dureza total, a calagem aumenta a mineralização da matéria orgânica, retira o húmus em suspensão e aumenta a disponibilidade de nutrientes (BOYD, 1979).

BOYD (1980) apud ARANA (1997), sugere que a água dos açudes de cultivo deveria ter alcalinidade total e dureza total de 50 a 75 mg L^{-1} , respectivamente, para garantir um bom crescimento dos organismos cultivados. Conforme BOYD & TUCKER (1998), açudes localizados em regiões tropicais fortemente fertilizados necessitam, em média, de alcalinidade total de aproximadamente 75 mg L^{-1} , para propiciar altas produções.

A necessidade de calcário de açudes é a quantidade necessária para neutralizar a acidez do solo do fundo e aumentar a alcalinidade total e a dureza total da água para no mínimo 20 mg L^{-1} (BOYD, 1979). Esse autor propôs a modificação do procedimento de recomendação de calcário para solos agrícolas indicado por ADANS & EVANS (1962) para ser utilizado em solos de açudes. BOYD (1979) observou que a dureza total e a alcalinidade total da água de açudes excediam a 20 mg L^{-1} quando a saturação por bases do solo atingia valores iguais ou maiores que 80%, adotando, portanto, como critério para recomendação de calagem a elevação da saturação por bases do solo para 80%.

POLI (1988), apud ARANA (1997), (baseado em estudos realizados em campos de arroz inundado) menciona que as técnicas de correção do pH em aquicultura devem ser diferentes dos procedimentos empregados em solos não inundados (solos oxidados). O alagamento do solo provoca a autocalagem, com aumento do pH do solo, que se estabiliza entre 6,0 e 7,0 após 5 a 10 dias após o alagamento (CAMARGO & TEDESCO, 2004). O aumento do pH é devido à liberação de íons hidroxila (OH^-) pela redução de compostos que possuem oxigênio na molécula, por microrganismos heterotróficos anaeróbios ou aeróbios facultativos. No entanto, CHIEN (1989), apud ARANA (1997), afirma que os sistemas de aquicultura não deveriam ser comparados aos solos inundados para o cultivo do arroz, devido à diferença no período de alagamento, à profundidade da lâmina de água, ao nível de eutrofização da água, ao status anaeróbico da água e aos critérios de manejo da água (aumentar a disponibilidade de nutrientes e reduzir as perdas de N na cultura do arroz e melhorar a capacidade tampão da água, manutenção de um estado oxidado e diminuição da carga de matéria orgânica na aquicultura).

Solos com o mesmo valor de pH em água podem não necessitar a mesma quantidade de carbonatos para neutralizar sua acidez (MEURER, 2000) e/ou elevar a saturação por bases a um determinado valor. A quantidade de CaCO_3 necessária para corrigir a acidez do solo e/ou elevar a saturação por bases depende, principalmente, da sua acidez potencial, ou seja, da capacidade de tamponamento do solo. Em geral, solos com teores elevados de alumínio, de matéria orgânica e de argila requerem maiores quantidades de corretivo, pois estes constituem as

principais fontes de acidez potencial no solo (ANGHINONI & BISSANI, 2004). Geralmente maiores valores da CTC apresentam maior acidez potencial. Como a autocalagem neutraliza a acidez potencial e eleva o pH do solo, a recomendação de calagem baseada na elevação da saturação por bases para um determinado nível pode superestimar a necessidade de calcário, principalmente para solos com alta CTC/acidez potencial, porque o CaCO_3 que seria consumido na neutralização da acidez irá contribuir para o aumento da alcalinidade total e dureza total da água.

O objetivo deste trabalho foi o de avaliar a sensibilidade deste método de recomendação de calagem para aquicultura em solos com diferentes valores de CTC e

avaliar a viabilidade de sua aplicação para os açudes da região Sul do Brasil,

MATERIAL E MÉTODOS

Tipos de solos e unidades experimentais

O trabalho foi conduzido no setor de Aquicultura do Laboratório de Ensino Zootécnico da Faculdade de Agronomia da UFRGS. Foram utilizados três solos, um com CTC ($\text{CTC}_{\text{pH } 7,0}$) baixa ($\leq 5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) (CTCB), um com CTC média ($5,1-15 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) (CTCM) e um com CTC alta ($>15 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) (CTCA). As análises dos solos foram feitas no Laboratório de Análises de Solo e Plantas da UFRGS, cujos valores são dados na Tabela 1.

Tabela 1. Análise físico-química dos três solos utilizados no experimento.

Solo	Argila %	pH H_2O	Índice SMP	K mg/dm^3	M.O. %	$\text{Al}_{\text{troc.}} \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$	$\text{Ca}_{\text{troc.}} \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$	$\text{Mg}_{\text{troc.}} \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$	$\text{Al+H} \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$	CTC $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$	% SAT da CTC Bases Al	
CTCB	8	6.3	7.0	48	0.6	0.0	1.2	0.4	1.4	3.1	55	0.0
CTCM	7	5.1	5.6	24	3.6	1.6	0.6	0.5	6.9	8.1	14	19.8
CTCA	25	4.6	5.2	303	>10	0.5	12.2	5.1	10.9	29.0	62	2.7

Conforme metodologia descrita por TEDESCO et al. (1995).

Quantidades de solo de 7,06 kg, em base seca ($V=7,06 \text{ dm}^3$, $d=1,0 \text{ kg/dm}^3$), foram colocadas em vasos cilíndricos de PVC com 30 cm de diâmetro e 65 cm de altura, formando uma camada de 10 cm.

Tratamentos utilizados

Os tratamentos consistiram da aplicação, sem incorporação aos solos, de duas doses de CaCO_3 , uma para elevar a saturação da CTC por bases para 80% (CTCB80, CTCM80 e CTCA80) conforme o critério adotado por BOYD (1979) e uma dose inferior, para elevar a saturação da CTC por bases para 60% (CTCB60, CTCM60 e CTCA60).

A dose para elevar a saturação da CTC por bases para 60% foi escolhida pressupondo-se que a autocalagem, provocada pelo alagamento do solo, reduz a necessidade de CaCO_3 para elevar a alcalinidade total da água. O solo com CTC alta apresentou inicialmente saturação por bases de 62% (Tabela 1), não sendo portanto feito calagem no tratamento com 60% de saturação por bases. O corretivo utilizado foi o CaCO_3 com 98% de pureza e 100% das partículas menores do que 0,053 mm (passando em peneira 270 malhas por polegada – mpp); as quantidades aplicadas em cada tratamento são apresentadas na Tabela 2.

Após a aplicação do CaCO_3 foi adicionada uma lâmina de água de 50 cm acima da superfície do solo; a qual foi adicionada de modo que a superfície do solo não fosse revolvida. Foi utilizado neste experimento água da chuva

(Alcalinidade = $10,4 \text{ mg L}^{-1}$ e Dureza = $7,8 \text{ mg L}^{-1}$) captada em tambores de PVC. A água perdida por evaporação e retirada para análise foi repostada semanalmente com a mesma utilizada no início do experimento.

Tabela 2. Quantidades de CaCO_3 (PRNT 100%) aplicadas nos diferentes tratamentos para elevar a saturação por bases dos solos a 60% e 80%.

CTC	Sat. Bases 60%	Sat. Bases 80%
	kg ha ⁻¹	
Baixa	80	390
Média	1.850	2.650
Alta	0	2.580

Análises de alcalinidade e dureza

A alcalinidade total e a dureza total da água foram determinadas aos 10, 20, 30, 40, 50 e 60 dias após a calagem. A alcalinidade total foi determinada por titulação com ácido sulfúrico (0,02N) e indicador de fenolftaleína e metilorange. A dureza total foi determinada por titulação com EDTA (0,01M) e indicador negro de eriocromo (BOYD, 1979).

Análise estatística

O experimento foi analisado como um delineamento fatorial (3x2) com três níveis de CTC e dois níveis de saturação por bases, com três repetições, em disposição ao acaso. Foi feita a análise da variância, aplicado-se o teste de

Tukey, ao nível de significância de 5%, para os dados obtidos após 60 dias da aplicação dos tratamentos. Foram feitas também análises de regressões entre doses de corretivo aplicadas e alcalinidade total e dureza total, determinadas aos 60 dias, além das regressões para verificar as modificações da alcalinidade e da dureza com o tempo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme os resultados de alcalinidade total e de dureza total, os tratamentos podem ser divididos em dois grupos, independentemente da aplicação da dose de corretivo para elevar a saturação por bases a 60% ou 80%.

Tabela 3. Alcalinidade total e dureza total da água aos 60 dias após a calagem (em mg L⁻¹ de E_{CaCO3}).

Tratamentos	Alcalinidade total	Dureza total
CTCB60	30,00 a	36,49 a
CTCB80	52,17 a	61,14 a
CTCM60	100,83 b	119,25 b
CTCM80	108,17 b	116,11 b
CTCA60	53,17 a	47,57 a
CTCA80	121,67 b	129,38 b

Médias seguidas da mesma letra na coluna não apresentam diferenças significativas, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Os tratamentos que receberam as maiores doses de CaCO₃ (CTCM60, CTCM80 e CTCA80) não diferiram estatisticamente entre si e apresentaram altas alcalinidade total e dureza total (Tabela 3). A alcalinidade total e dureza total permaneceram relativamente constantes a partir de 30 dias após a calagem (Figura 1), exceto no tratamento CTCM60, que atingiu valor semelhante ao do tratamento CTCM80 aos 50 dias após a calagem. Nestes tratamentos, parte do CaCO₃ permaneceu precipitado na superfície do solo.

Os tratamentos que receberam as menores doses (CTCB60, CTCB80 e CTCA60) não diferiram estatisticamente entre si e apresentaram baixas alcalinidade total e dureza total (Tabela 3). Não foi observado CaCO₃ na superfície do solo destes tratamentos. A alcalinidade total e a dureza total mantiveram-se relativamente constantes 40 dias após a calagem (Figura 1). Mesmo apresentando

baixos valores de alcalinidade total e dureza total, quando comparados ao outro grupo, estes valores foram maiores que 20 mg L⁻¹.

Conforme PANDOLFO & TEDESCO (1996) resultados de pesquisa de campo indicam que as partículas de CaCO₃ menores que 0,053 mm (passando em peneira com 270 malhas por polegada – mpp) reagem completamente em menos de um mês. Assim, a presença de CaCO₃ precipitado 60 dias após a calagem e a relativa estabilidade nos valores de alcalinidade total e dureza total, indicam que as doses aplicadas nos tratamentos CTCM60, CTCM80 e CTCA80 foram superestimadas. Por isso, o tratamento CTCM60 em que foi aplicado 30% a menos de CaCO₃ do que nos tratamentos CTCM80 e CTCA80, apresentou valores de alcalinidade total e dureza total semelhantes aos destes tratamentos.

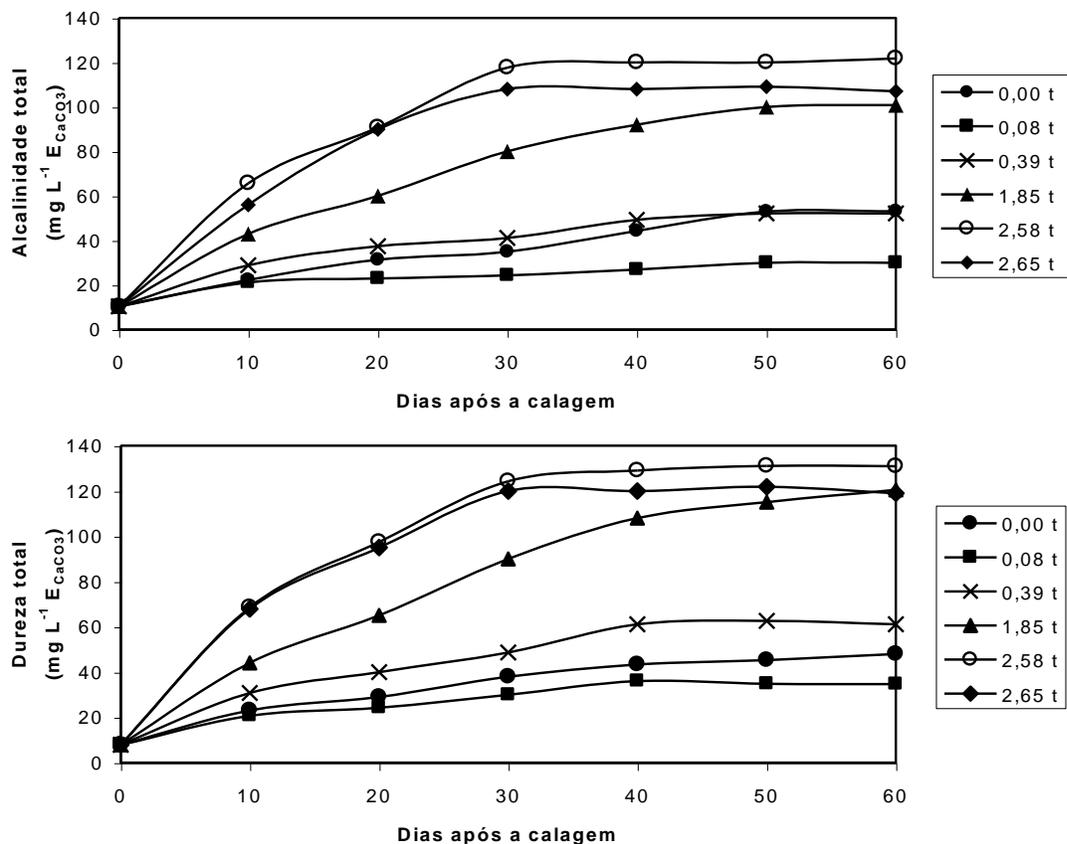


Figura 1. Variação da alcalinidade total e dureza total com o tempo após a calagem (Média de três repetições).

No tratamento CTCA60 em que não foi aplicado calcário, a alcalinidade total foi igual à do tratamento CTCB80, com aplicação de 390 kg ha⁻¹ de CaCO₃ e quase o dobro da determinada no tratamento CTCB60 que recebeu 80 kg ha⁻¹ de CaCO₃. O solo do tratamento CTCA60 possui CTC alta e saturação por bases alta e, conseqüentemente alto estoque de bases na camada de 0,10 cm (8.900 kg ha⁻¹ de E_{CaCO3}), o qual provavelmente contribuiu para a elevação da alcalinidade total e dureza total da água. Já o solo dos tratamentos CTCB60 e CTCB80 possui CTC baixa e saturação por bases média, conseqüentemente baixo estoque de bases (850 kg ha⁻¹ de E_{CaCO3}), o qual contribui pouco para a elevação da alcalinidade total e dureza total da água.

A alcalinidade total e a dureza total apresentaram alta correlação com a dose de CaCO₃ aplicada (Figura 2), indicando que a quantidade de CaCO₃ aplicada é a principal determinante da alcalinidade total e dureza total da água, ou seja, grande parte dos ânions formados pela dissociação do CaCO₃ (HCO₃⁻ e OH⁻) não foram consumidos na neutralização da acidez do solo devido a autocalagem, contribuindo para elevar os valores de alcalinidade total da água. Mesmo nos casos onde o calcário é aplicado na superfície do solo de açudes e estes permanecem secos por um determinado período, como ocorre quando é feito o vazio sanitário, o CaCO₃ não vai neutralizar a acidez das camadas abaixo da superfície a curto prazo. Os valores de pH são pouco alterados em profundidade devido à baixa

COLARES, M.T., Efeito da calagem em solos de açude com diferentes valores de CTC sobre a alcalinidade e a dureza da água solubilidade e a baixa mobilidade no perfil do solo dos corretivos agrícolas da acidez à base de carbonatos de cálcio e de magnésio e à alta reatividade de seus ânions com os ácidos presentes na camada de solo em que o calcário é aplicado, o que faz com que estes neutralizem muito lentamente a acidez das camadas abaixo da qual foram aplicados. Conforme POTTKER et al., em solos agrícolas, os efeitos da calagem (elevação do pH, dos teores de Ca e de Mg, e a neutralização do Al trocável) normalmente restringem-se às zonas de aplicação ou imediatamente abaixo delas. AMARAL & ANGHINONI (2001) determinaram que a aplicação de calcário na superfície do solo altera até a profundidade de 4 cm os valores de pH, Al,

Ca e Mg trocáveis, e os valores de Ca e Mg na solução, até 2 cm, aos 360 dias após a sua aplicação. BOYD & CUENCO (1980) determinaram que a saturação por bases, concentração de Ca e Mg, e pH foram acentuadamente altos após dois anos na camada de zero a 5 cm em açudes calcariados em comparação a açudes sem calagem.

No presente trabalho, não houve percolação de água no perfil do solo devido às condições nas quais o mesmo foi conduzido, o que provavelmente reduziu mais ainda a mobilidade do CaCO_3 , contribuindo para seu acúmulo na superfície do solo e conseqüente saturação da água nos tratamentos com altas doses de corretivo.

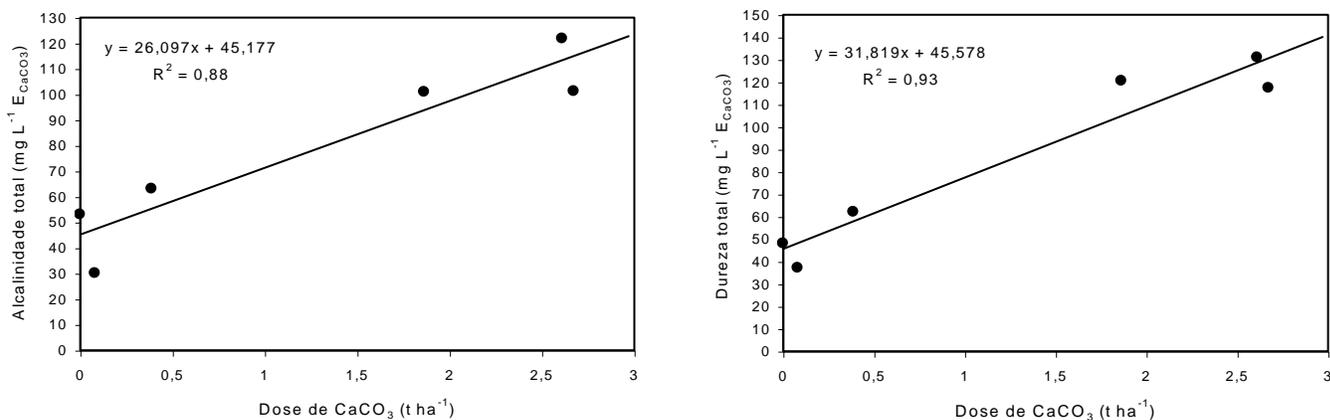


Figura 2. Efeitos da aplicação de diferentes quantidades de CaCO_3 sobre a alcalinidade total e a dureza total da água 60 dias após a calagem (Média de três repetições).

Além de elevar a alcalinidade total da água, a calagem é feita para aumentar a mineralização da matéria orgânica do sedimento. Como o acúmulo da matéria orgânica ocorre principalmente na camada de zero a 5 cm, não se justifica aplicar quantidades de calcário para corrigir as camadas subjacentes.

BOYD (1979) observou que o efeito residual da calagem em açudes no Alabama variou de três meses a mais de três anos. Estes valores podem ser devidos

provavelmente a diferentes doses e tipos de calcário aplicados; quanto maior a dose e a granulometria do corretivo maior o efeito residual. Quando se aplicam altas doses, como em alguns tratamentos deste experimento, uma parte do calcário permanece precipitado na superfície do solo e reagirá à medida que a alcalinidade total diminua, devido a renovação de água e/ou perda de cátions por lixiviação.

COLARES, M.T., Efeito da calagem em solos de açude com diferentes valores de CTC sobre a alcalinidade e a dureza da água. Conforme os resultados obtidos, a necessidade de calcário para açudes de aquicultura com uma lâmina de água de 0,5 m, independentemente do tipo de solo é de aproximadamente 500 kg ha⁻¹ de CaCO₃. Para uma recomendação mais exata é necessário conhecer a alcalinidade inicial da água e a qualidade do corretivo da acidez. Além disso, é necessário monitorar a alcalinidade total da água para repor as perdas de E_{CaCO3} por lixiviação e renovação de água.

CONCLUSÕES

A aplicação da quantidade de calcário para elevar a saturação por bases do solo para um nível pré-determinado parece não ser um critério adequado para a recomendação de calagem para açudes de aquicultura.

A autocalagem provocada pelo alagamento reduz a necessidade de calcário para elevar a alcalinidade total e a dureza total da água de açudes.

Conforme os resultados obtidos, a necessidade de CaCO₃ para açudes de aquicultura, independentemente do tipo de solo, foi de aproximadamente 500 kg ha⁻¹ para uma lâmina de água de 0,5 m.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio recebido do Sindicato da Indústria da Extração de Mármore, Calcário e Pedreiras no Estado do Rio Grande do Sul (SINDICALC).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADANS F.; EVANS, C.E. A rapid method for measuring lime requirement of red-yellow podzolic soils. **Soil Science Society American Proceedings**, v.26, p.355-357. 1962.

AMARAL, A.S.; ANGHINONI, I. Alteração de parâmetros químicos do solo pela reaplicação superficial de calcário no

sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.4, abr. 2001.

ANGHINONI, I.; BISSANI, C. A. Correção da acidez do solo e materiais utilizados. In: BISSANI, C. A.; GIANELLO, C.; TEDESCO, M.J.; CAMARGO, F.A.deO.C. **Fertilidade dos solos e manejo da adubação de culturas**. Porto Alegre: Gênese, 2004. cap.12, p.153-165.

ARANA, V.L. **Princípios químicos de qualidade da água em aquicultura**. Florianópolis: UFSC editora, 1997. 166p.

CAMARGO, F.A.deO.C.; TEDESCO, M.J. Solos alagados. In: BISSANI, C. A.; GIANELLO, C.; TEDESCO, M.J.; CAMARGO, F.A.deO.C. **Fertilidade dos solos e manejo da adubação de culturas**. Porto Alegre: Gênese, 2004. cap.15, p.187-193.

BOYD, C.E. **Water Quality in Warm Water Fish Ponds**. Alabama: Auburn University, 1979. 359p.

BOYD, C.E.; CUENCO, M.L. Refinements of the lime requirement procedure for fish ponds. **Aquaculture**, Amsterdam, v.21, n.3, p.293-299, nov. 1980.

(Não foi citado no texto)

BOYD, C.E.; TUCKER, C.S. **Pond aquaculture water quality management**. London: Kluwer Academic Publishers, 1998. 700p.

(Não foi citado no texto)

MEURER, E.J. **Fundamentos de química do solo**. Porto Alegre: Gênese, 2000. 174p

PANDOLFO, C.M.; & TEDESCO, M.J. Eficiência relativa de frações granulométricas de calcário na correção da acidez do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.31, n.10, p.753-758, out. 1996.

POTTKER, D.; AMBROSI, I.; BEM, J.R.; KOCHHANN, R.A.; DENARDIN, J.E. **Calagem em plantio direto**. EMBRAPA-CNPT/Projeto METAS, 1998. 40p. (Boletim Técnico, 4).

COLARES, M.T., Efeito da calagem em solos de açude com diferentes valores de CTC sobre a alcalinidade e a dureza da água
TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A. et al.

Análises de solo, plantas e outros materiais. 2.ed.

Departamento de solos, UFRGS, 1995. 174p. (Boletim

Técnico, 5).