

Cálculos e Exercícios Práticos

**Curva de neutralização de três solos
da região de Piracicaba**

Descrição do experimento: Foram utilizadas amostras da camada de 0-20 cm de três solos da região de Piracicaba (Cambissolo, Argissolo e Neossolo).

Amostras de 100 mL receberam calcário em doses correspondentes a:

1 – Controle (sem calcário);

2 – 1 t ha⁻¹;

3 – 2 t ha⁻¹;

4 – 4 t ha⁻¹;

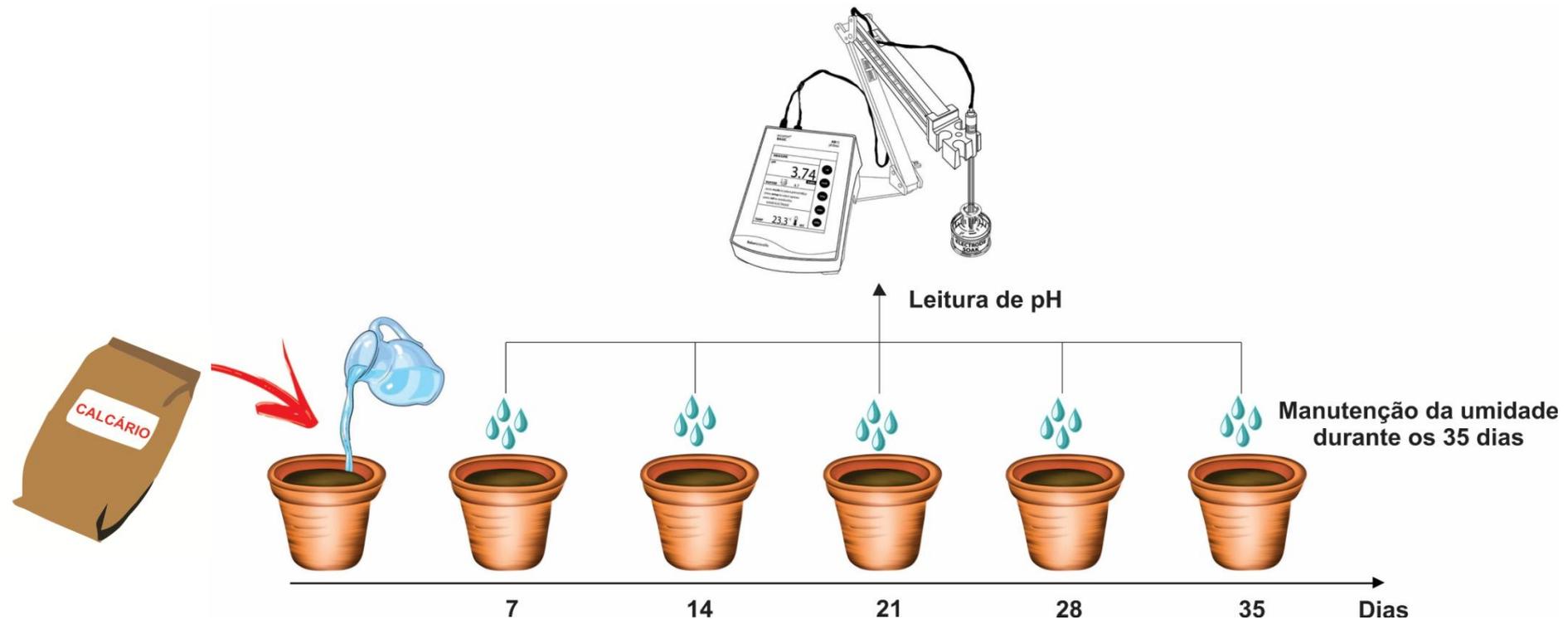
5 – 6 t ha⁻¹;

6 – 10 t ha⁻¹;

7 – 20 t ha⁻¹.

Inicialmente: amostras foram acondicionadas em copos plásticos e incubadas (adição do calcário + água + manutenção do peso constante) por 35 dias.

Na sequência: os valores de pH em CaCl_2 $0,01 \text{ mol L}^{-1}$ e pH em água (relação 1:2,5) foram determinados aos 7, 14, 21, 28 e 35 dias de incubação.



Exercícios:

1. Considerando os atributos químicos dos três solos (Tabela 1), apontem em quais deles deve ter havido o maior e o menor aumento dos valores de pH e expliquem por que.

Tabela 1. Atributos químicas dos solos do experimento, antes da aplicação do calcário.

Solo	pH*	MO	K	Ca	Mg	Al	H+Al	CTC	V	m
		g dm ⁻³	-----mmol _c dm ⁻³ -----						%	
Cambissolo	4,9	37	7,0	80	11	1	58	156	63	1
Argissolo	3,4	28	3,9	18	6	14	121	149	19	33
Neossolo	3,6	11	0,3	4	1	12	25	30	17	69

*pH em CaCl₂ 0,01M

2. Compare sua expectativa, expressa pela resposta dada na questão anterior, com o resultado obtido (Figura 1). Houve divergências?

3. Por que o pH do solo aumentou com as doses de calcário até determinado valor e depois praticamente se manteve constante?

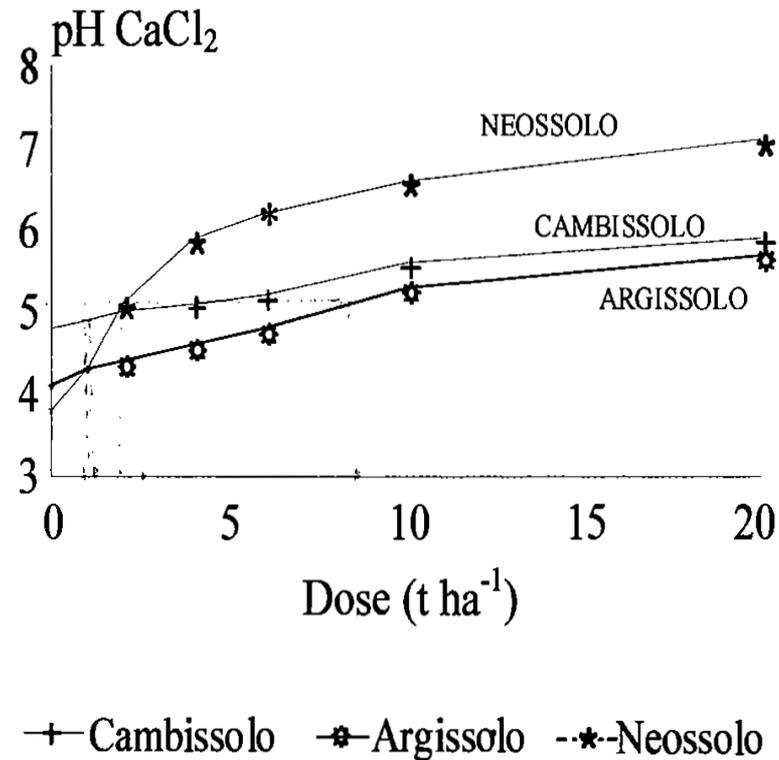


Figura 1. pH dos solos em função das doses de calcário após 35 dias de incubação.

4. Observe a Figura 2 e responda: a correlação entre os valores de pH em CaCl_2 $0,01 \text{ mol L}^{-1}$ e pH em água do Neossolo Quartzarênico foi baixa, média ou alta? Comente a resposta. Com base na equação apresentada na Figura 2, calcule quais seriam os valores de pH em CaCl_2 $0,01 \text{ mol L}^{-1}$ quando o pH em água fosse 3, 4, 5, 6 e 7 (Monte uma tabela).

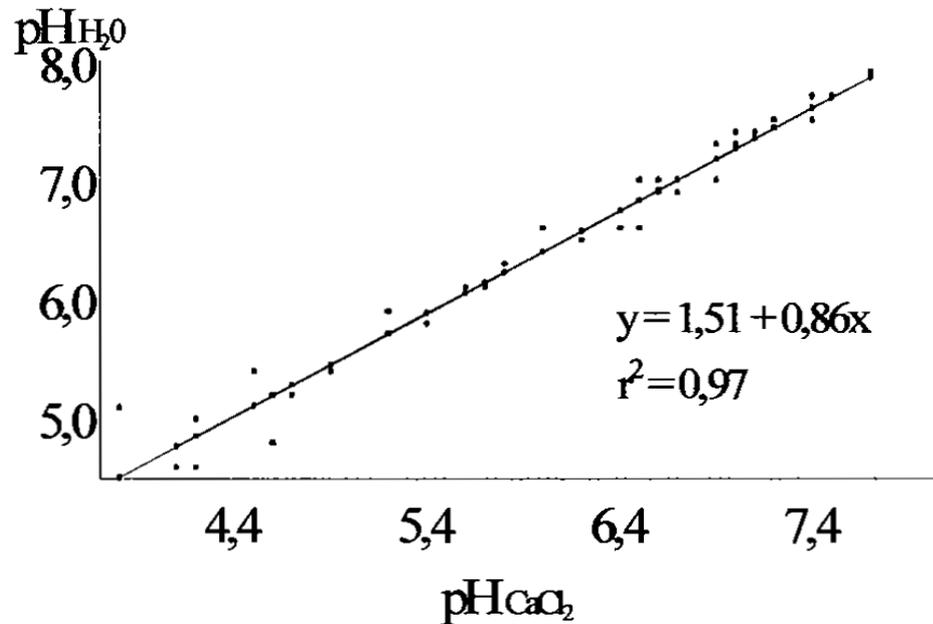
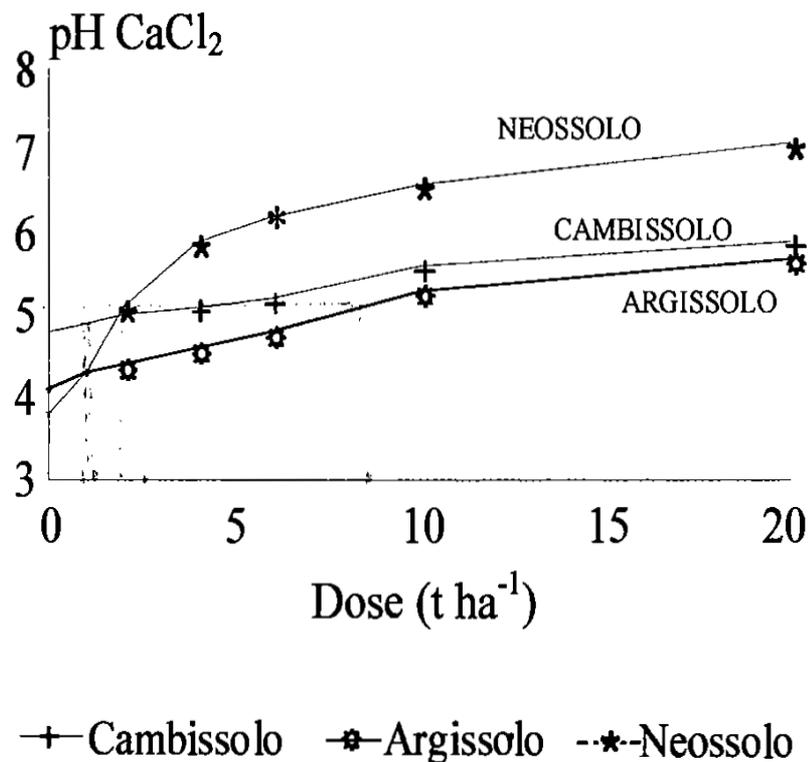


Figura 2. Correlação entre pH em CaCl_2 $0,01\text{M}$ e o pH em água para o Neossolo Quartzarênico.

5. Calcule a necessidade de calagem para os solos do experimento, pelo método da saturação por bases, considerando que as saturações desejadas são 50% (ex.: eucalipto) e 70% (ex.: milho). Qual seria aproximadamente o pH de cada solo caso a dose calculada fosse aplicada? Consulte novamente a Figura 1.



Solo	V
	%
Cambissolo	63
Argissolo	19
Neossolo	17

Figura 1. pH dos solos em função das doses de calcário após 35 dias de incubação.

Fórmulas a serem utilizadas:

$$\text{Soma de bases (SB)} = \text{K} + \text{Ca} + \text{Mg}$$

$$\text{CTC} = \text{SB} + \text{H} + \text{Al}$$

$$\text{Porcentagem de saturação por bases (V\%)} = \text{SB} \times 100 / \text{CTC}$$

Cálculo da necessidade de calagem (NC)

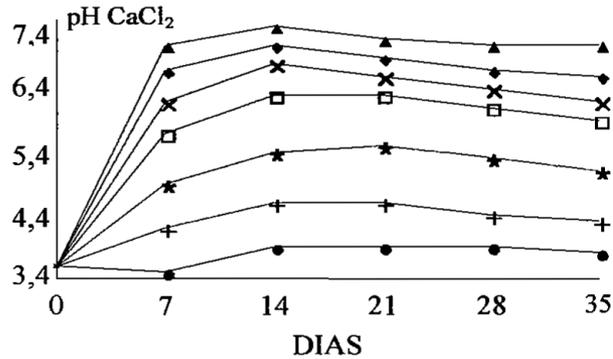
$$\text{NC (t ha}^{-1}\text{)} = (\text{V}_2 - \text{V}_1) \times \text{CTC} / 10 \text{ PRNT}$$

* PRNT = poder relativo de neutralização total – é uma característica de cada calcário.
Nesse exercício, considere PRNT = 90.

V_2 = V% desejada para a cultura;

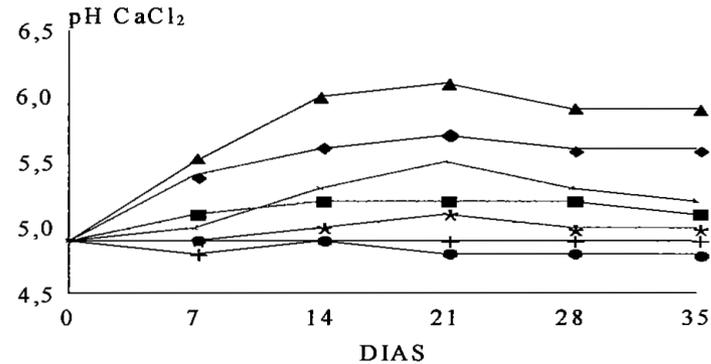
V_1 = V% do solo.

6. As Figuras 3, 4 e 5 mostram que houve tendência de o pH diminuir levemente a partir dos 14 dias de incubação. Como explicar esse fenômeno?



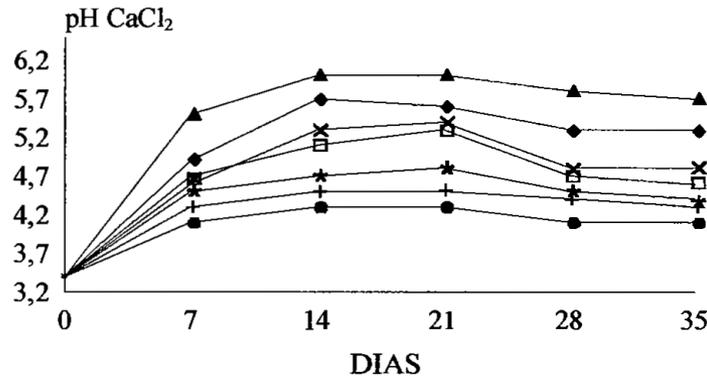
DOSE (t ha⁻¹): ● 0 + 1 * 2 □ 4 x 6 ◊ 10 ▲ 20

Figura 3. Curvas de neutralização do Neossolo Quartzarênico para diferentes doses de calcário.



DOSE (t ha⁻¹): ● 0 + 1 * 2 □ 4 x 6 ◊ 10 ▲ 20

Figura 4. Curvas de neutralização do Cambissolo Háptico para diferentes doses de calcário.



DOSE (t ha⁻¹): ● 0 + 1 * 2 □ 4 x 6 ◊ 10 ▲ 20

Figura 5. Curvas de neutralização do Argissolo Vermelho-Amarelo para diferentes doses de calcário.

Repostas:

1. Considerando os atributos químicos dos três solos (Tabela 1), apontem em quais deles deve ter havido o maior e o menor aumento dos valores de pH e explique por que.

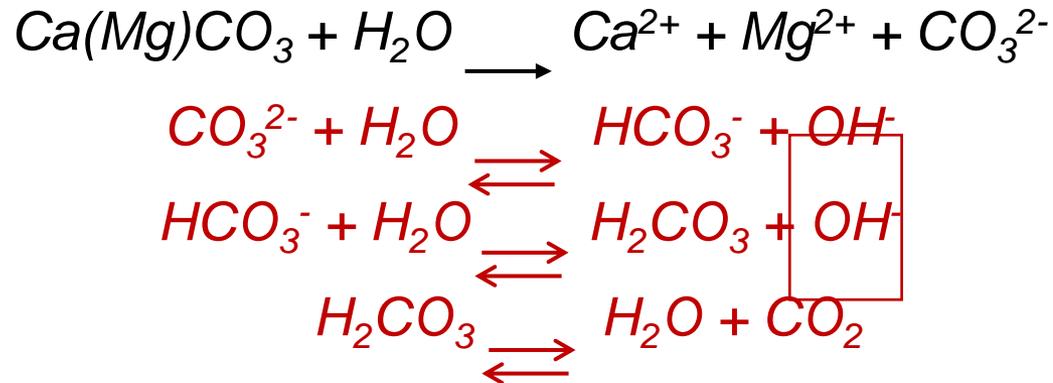
Deve ter havido maior aumento de pH no Neossolo devido à sua menor CTC e ao menor teor de MO. A CTC e MO influenciam o poder tampão do solo, pois baixas quantidades de cargas no solo resultam em baixa resistência à alteração do pH.

O menor aumento do valor de pH deve ter sido no Argissolo, devido à alta CTC, teor de MO e Al. Nesse solo há maior quantidade de carga, o que resulta numa maior resistência em alterar o pH. Outro fator é a quantidade de Al, pois cada Al consome 3 OH⁻ e isso faz com que seja necessário maior quantidade de calcário para que o pH seja elevado.

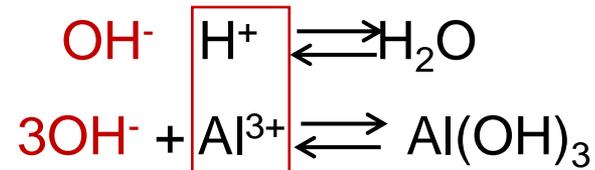
2. Compare sua expectativa, expressa pela resposta dada na questão anterior, com o resultado obtido (Figura 2). Houve divergências?

3. Por que o pH do solo aumenta com a dose de calcário até determinado valor e depois mantém-se constante?

Reação do calcário:



Reação com a acidez potencial (H+Al) do solo:



O consumo de H^+ e Al^{3+} do solo pela reação com calcário chega ao equilíbrio dinâmico no qual não há deslocamento da reação para a formação de produto, e assim o pH tende a se manter constante.

4. Observe a Figura 1 e responda: a correlação entre os valores de pH em CaCl_2 $0,01 \text{ mol L}^{-1}$ e pH em água do Neossolo Quartzarênico foi baixa, média ou alta? Comente a resposta. Utilizando a equação apresentada na Figura 1, calcule quais seriam os valores de pH em CaCl_2 $0,01 \text{ mol L}^{-1}$ quando o pH em água fosse 3, 4, 5, 6 e 7 (Monte uma tabela).

A correlação entre os valores de pH em CaCl_2 e em água foi alta, o que pode ser observado pelo elevado valor do coeficiente de determinação ($r^2 = 0,97$). Isso indica que 97% da variação na variável dependente (pH em H_2O) pode ser explicada pela variação nos valores do pH em CaCl_2 .

4. Observe a Figura 1 e responda: a correlação entre os valores de pH em CaCl_2 $0,01 \text{ mol L}^{-1}$ e pH em água do Neossolo Quartzarênico foi baixa, média ou alta? Comente a resposta. Utilizando a equação apresentada na Figura 1, calcule quais seriam os valores de pH em CaCl_2 $0,01 \text{ mol L}^{-1}$ quando o pH em água fosse 3, 4, 5, 6 e 7 (Monte uma tabela).

Tabela 2. Valores de pH em CaCl_2 estimados pelo pH em água.

pH em H_2O	pH em CaCl_2	Diferença
3	1,7	1,3
4	2,9	1,1
5	4,1	0,9
6	5,2	0,8
7	6,4	0,6

Forma de calcular:

$$y = 1,51 + 0,86 * x$$

$$\text{pH H}_2\text{O} = 1,51 + 0,86 * \text{pH CaCl}_2$$

$$\text{pH CaCl}_2 = \frac{\text{pH H}_2\text{O} - 1,51}{0,86}$$

$$\text{pH CaCl}_2 = \frac{3 - 1,51}{0,86}$$

$$\text{pH CaCl}_2 = 1,73$$

5. Calcule a necessidade de calagem para os solos do experimento, pelo método da saturação por bases, considerando que as saturações desejadas sejam 50% (ex.: eucalipto) e 70% (ex.: milho). Qual seria aproximadamente o pH de cada solo caso a dose calculada fosse aplicada? Consulte a Figura 2.

Fórmula da Necessidade de Calagem (NC):

$$NC \text{ (t ha}^{-1}\text{)} = \frac{(V_2 - V_1) \times CTC}{10 \times PRNT}$$

Necessidade de Calagem para a cultura do eucalipto:

$NC_{\text{Cambissolo}} =$ Não necessita de calagem pois a saturação por bases (63%) está acima do exigido pela cultura.

$$NC_{\text{Argissolo}} = \frac{(V_2 - V_1) \times CTC}{10 \times PRNT} \Rightarrow \frac{(50 - 19) \times 149}{10 \times 90} = 5,1 \text{ t ha}^{-1}$$

$$NC_{\text{Neossolo}} = \frac{(V_2 - V_1) \times CTC}{10 \times PRNT} \Rightarrow \frac{(50 - 17) \times 30}{10 \times 90} = 1,1 \text{ t ha}^{-1}$$

Necessidade de calagem para a cultura do milho:

$$NC_{\text{Cambissolo}} = \frac{(V_2 - V_1) \times CTC}{10 \times PRNT} \Rightarrow \frac{(70 - 63) \times 156}{10 \times 90} = 1,2 \text{ t ha}^{-1}$$

$$NC_{\text{Argissolo}} = \frac{(V_2 - V_1) \times CTC}{10 \times PRNT} \Rightarrow \frac{(70 - 19) \times 149}{10 \times 90} = 8,4 \text{ t ha}^{-1}$$

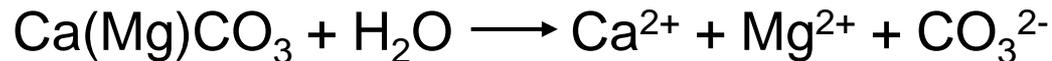
$$NC_{\text{Neossolo}} = \frac{(V_2 - V_1) \times CTC}{10 \times PRNT} \Rightarrow \frac{(70 - 17) \times 30}{10 \times 90} = 1,8 \text{ t ha}^{-1}$$

Tabela 3. Estimativa do pH CaCl₂ em função da dose de calcário a ser aplicado.

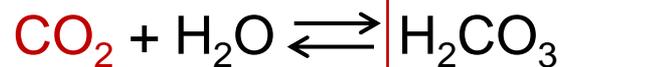
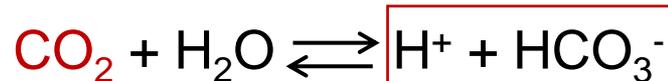
Solo	Necessidade de calcário (t ha ⁻¹)		pH CaCl ₂ estimado	
	Eucalipto	Milho	Eucalipto	Milho
Cambissolo	0	1,2	4,8	4,8
Argissolo	5,1	8,4	4,6	4,8
Neossolo	1,1	1,8	4,0	4,2

6. As Figuras 3, 4 e 5 mostram que houve tendência de o pH diminuir levemente a partir dos 14 dias de incubação. Como explicar esse fenômeno?

Reação do calcário:



Reação do CO₂ com a solução do solo:



O CO₂ produzido pela reação do calcário sofre dissolução em meio líquido, o que favorece a formação de bicarbonato e ácido carbônico, os quais posteriormente reagem e liberam H⁺ para a solução do solo. A liberação de ácidos orgânicos durante o início da decomposição da matéria orgânica também tende a promover redução do pH num curto prazo.