

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA LUIZ DE QUEIROZ
Departamento de Ciência do Solo
LSO – 0300 Química e Fertilidade do Solo

Questões de aulas práticas

Extração dos teores de P, Ca, Mg e K pela resina

1. Qual a constituição da solução ácida de Mehlich-I e ordem de solubilidade de fosfatos por extratores ácidos?
2. Por que os extratores ácidos podem não ser a melhor opção para extrair o teor de fósforo em solos da região tropical úmida?
3. Defina Resina Trocadora de Íons e qual o princípio de sua ação na extração de P, Ca, Mg e K
4. Explique por que a resina foi escolhida como método oficial para extração de fósforo no estado de São Paulo no lugar de extratores ácidos.
5. Como é possível extrair simultaneamente os teores de P, Ca, Mg e K do solo pelo método da Resina Trocadora de Íons?
6. Após a extração com a Resina, quais os métodos empregados para a determinação dos teores de P, K, Ca e Mg nos extratos? Dica: responda com base nos equipamentos utilizados para cada elemento.

pH da solução do solo

1. Qual a definição de pH?
2. É correto afirmar que a disponibilidade de todos os nutrientes aumenta com o aumento do pH? Explique sua resposta.
3. Qual a diferença entre atividade e concentração de H^+ ? Qual delas realmente expressa o valor de pH da solução do solo?
4. A atividade de um íon em solução tende a ser igual à sua concentração em soluções mais diluídas ou mais concentradas? Explique sua resposta.
5. Quando o pH de um solo é corrigido de 4 para 6, quantas vezes a atividade de H^+ diminuiu?
6. Por que, quando se usa uma solução salina, o pH é menor do que quando se mede o pH em água num solo com balanço negativo de cargas?
7. Quais as vantagens de se usar o pH em $CaCl_2$ 0,01 mol/L em relação ao pH em água?

8. Por que se faz a leitura do pH do solo em solução de KCl 1M
9. Qual a relação entre acidez do solo e a saturação por bases?
10. O que são acidez ativa, acidez trocável e acidez não trocável?
11. O Al está sempre presente no solo na forma tóxica? Se não, em quais condições ele é tóxico e não tóxico para as plantas? Relacione com o pH da solução do solo.
12. Calcule o ΔpH dos seguintes solos e explique as diferenças entre os valores de pH. Qual solo foi, provavelmente, coletado na camada subsuperficial? Por quê? Por que no solo B o valor do pH em KCl 1M foi maior do que o pH em água?
13. Relacione um valor positivo de ΔpH com o grau de intemperismo do solo, teores de matéria orgânica e de óxidos de Fe e de Al?
14. Qual a classificação da acidez e da saturação por bases de um solo com pH 4,7 e $V\% = 32$? E um solo com pH 5,8 e $V\% = 75$? (veja quadro apresentado em aula prática).
15. Na sala de aula medimos o pH de seis amostras de solo. Somente com esses valores é possível estimar qual dos solos precisaria de maior dose de calcário para correção de acidez? (dica: relacione sua resposta com poder tampão do solo).

Determinação do teor de carbono do solo

1. Na sala de aula medimos o pH de seis amostras de solo. Somente com esses valores é possível estimar qual dos solos precisaria de maior dose de calcário para correção de acidez? (dica: relacione sua resposta com poder tampão do solo).
2. Quais os principais métodos destrutivos de determinação do C do solo? Qual é o mais comumente utilizado?
3. Qual o princípio da obtenção do teor de carbono no solo pelo método do dicromato de potássio? Qual a função do dicromato na extração do teor de C do solo?
4. Quais os números de oxidação do Cr e do C nos dois lados da reação de digestão de uma amostra de solo com dicromato de potássio?
5. Como estimar o teor de matéria orgânica do solo a partir do teor de C? Qual o fundamento envolvido neste cálculo?
6. Qual a relação entre a quantidade consumida de sulfato ferroso amoniacal, quantidade de Cr (VI) na amostra de solo, quantidade de C oxidável na amostra e teor de MO?
7. Durante a determinação do teor de C do solo, uma amostra X consumiu em sua titulação 26 mL de sulfato ferroso amoniacal, enquanto uma amostra Y consumiu 12 mL do titulante. Qual das amostras apresenta maior teor de C orgânico? Explique sua resposta.
8. Como se calcula o estoque de carbono numa camada de 0-20 cm de solo?

9. Com base nos resultados da tabela abaixo de uma floresta nativa, de uma pastagem e de uma área de cana-de-açúcar, calcule os estoques de C do solo (camada de 0-20 cm).

Acidez potencial

1. Com base nos resultados da tabela abaixo de uma floresta nativa, de uma pastagem e de uma área de cana-de-açúcar, calcule os estoques de C do solo (camada de 0-20 cm).
2. Quais são as formas de acidez do solo?
3. Diferencie acidez trocável de acidez não-trocável.
4. Por que consideramos que o solo se comporta com um “ácido fraco”?
5. O ácido acético é forte ou fraco? Qual o ânion formado na dissociação do ácido acético?
6. Explique o princípio de ação do acetato de cálcio para obtenção do $H+Al$. Contemple o termo “dissociação” na sua resposta.
7. Por que o método do tampão SMP é considerado um método indireto de obtenção da acidez potencial?
8. O solo X apresentou $pH-SMP = 6,5$, enquanto o solo Y apresentou $pH-SMP = 6,0$. Qual desses solos apresenta maior $H+Al$? Explique.

Análise química de solo: atributos calculados e produção relativa

1. Por que se emprega a CTC_{total} no cálculo da porcentagem de saturação por bases (V%) e no cálculo da porcentagem de saturação por alumínio (m%) se utiliza a $CTC_{efetiva}$?
2. Por que o alumínio não entra na “soma de bases”?
3. Calcule a saturação por bases (V%) e a saturação por alumínio (m%) dos seguintes solos:
Solo 1: $K = 2,6$; $Ca = 34$; $Mg = 21$; $Al = 3$; $H + Al = 52 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e
Solo 2: $K = 0,3$; $Ca = 4$; $Mg = 1,2$; $Al = 12$; $H + Al = 23 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$.
4. Defina produção relativa. Por que os valores são dados em porcentagem?
5. Com base na tabela abaixo, calcule a produção relativa (PR) de milho associada ao potássio nos três locais. Interprete os resultados.

Local	Produção de milho	
	Sem adição de K	Com adição de K
	kg ha ⁻¹	
Sete Lagoas	5.000	6.000
Paraopeba	3.000	5.500
Viçosa	6.000	5.000

6. Como a “Produção Relativa” (PR) é utilizada para definição de classes de teores de P e K nos solos?
7. Como foi obtida a classe de teor “baixo” de K e de P nos solos?
8. Um teor de K ou de P no solo correspondente a 100 % de PR separa quais classes de teores?
E se PR = 90 %? E se PR = 70 %?
9. Como é obtida a classe de teor “muito alto” de K e de P nos solos?
10. Um teor no solo correspondente a 90 % de PR separa quais classes de teores?
11. Como se chega à classe de teor “médio” para K e P no solo?

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA LUIZ DE QUEIROZ

Departamento de Ciência do Solo
LSO – 0300 Química e Fertilidade do Solo

Respostas - questões de aulas práticas

Extração dos teores de P, Ca, Mg e K pela resina

1. A solução de Mehlich-I é constituída pelos ácidos sulfúrico (H_2SO_4 0,0125 mol L^{-1}) + ácido clorídrico (HCl 0,05 mol L^{-1}). Esta mistura dupla ácida permite a solubilização dos compostos fosfatados de fraca energia (disponível e também uma fração da porção lábil), sendo maior para fosfatos de cálcio, seguida por fosfatos ligados a Al e Fe.
2. Os solos da região tropical úmida tendem a ter teores mais elevados de óxidos de Fe e de Al. Como os extratores ácidos tem a capacidade de extrair o fosfato ligado a essas frações, é possível ocorrer uma superestimativa do teor de P disponível.
3. As resinas são polímeros com cargas elétricas em sua superfície. Essas cargas estão ocupadas por íons conhecidos (cloreto e amônio, por exemplo) o que permite a troca com os teores disponíveis de alguns íons da solução do solo. A troca contínua cria um gradiente de concentração que força a saída dos íons adsorvidos na superfície dos coloides do solo até que seja alcançado um equilíbrio entre o solo e a resina trocadora de íons.
4. Acredita-se que o mecanismo de ação da resina é o que mais se assemelha à ação das raízes das plantas. Além disso, a resina não provoca a dissolução de constituintes do solo (precipitados de fósforo ligado a Ca, Al e Fe, por exemplo), o que evita a superestimativa do teor disponível de P. Outro aspecto levado em conta é a praticidade laboratorial, pois com apenas uma marcha analítica é possível extrair teores de quatro elementos, o que favorece a logística dos laboratórios de rotina e diminui o impacto ambiental causado pelo uso de ácidos.
5. São utilizados dois tipos de resina ao mesmo tempo: a trocadora de ânions e a trocadora de cátions. A resina trocadora de ânions é carregada positivamente, o que favorece a ligação eletrostática com ânions, como o fosfato. A resina trocadora de cátions apresenta carga negativa em superfície, o que favorece a retenção de cátions, como o Ca, Mg, K e Na.
6. O P extraído é determinado por colorimetria, utilizando espectrofotômetro que fará a leitura da absorvância da solução obtida a partir da mistura do extrato da resina + molibdato de amônio + ácido ascórbico. Esta mistura apresenta coloração azul, e é justamente a intensidade do azul que é relacionada com o teor de P a partir de uma curva de calibração. O Ca e Mg podem ser diretamente determinados no espectrofotômetro de absorção atômica ou por titulação com um agente complexante. O K é determinado diretamente no fotômetro de chama.

pH da solução do solo

1. Representa o potencial hidrogeniônico, ou seja, o inverso do logaritmo da atividade do íon H^+ em solução.
2. Não, pois pode ocorrer indisponibilização de alguns nutrientes como os micronutrientes catiônicos (Fe, Cu, Mn e Zn).

3. A atividade representa a concentração efetiva, levando-se em conta o efeito da concentração de outros cátions presentes na solução enquanto a concentração é o teor do íon sem considerar o efeito da competição com outros íons de mesma carga. Utilizamos a medida da atividade do H^+ para cálculo do pH da solução do solo.
4. A atividade de um íon leva em consideração a presença de outros íons em solução, ou força iônica da solução. Em soluções concentradas, a atividade tende a ser muito menor do que sua concentração, pois a força iônica é alta. No caso oposto, em soluções diluídas, a força iônica é baixa, e a atividade tende a ser igual à concentração.
5. 100 vezes.
6. Porque utilizando uma solução salina há aumento da força iônica da solução, o que diminui a atividade do H^+ em solução. Para reestabelecer o equilíbrio, os H^+ adsorvidos são liberados para a solução e após o equilíbrio, o valor de pH fica mais baixo do que quando se utiliza água.
7. A solução de $CaCl_2$ $0,01 \text{ mol L}^{-1}$ apresenta força iônica mais próxima à naturalmente encontrada na solução do solo e a correlação entre pH em $CaCl_2$ $0,01 \text{ mol L}^{-1}$ e produção das culturas foi melhor do que a correlação com o pH em água. Além disso, a leitura de pH estabiliza mais rapidamente quando a determinação é feita em $CaCl_2$, o que garante economia de tempo em laboratórios de análise química de solo
8. Esse tipo de análise é feita para fins de classificação. A partir da diferença entre os valores de pH em KCl e em água é possível estimar o ΔpH , um valor que permite inferir sobre o balanço de cargas do solo.
9. A saturação por bases representa quanto da CTC do solo é ocupada por bases de interesse (Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+), sendo o restante da CTC ocupada por íons envolvidos na acidez do solo (H^+ e o Al^{3+}). Desta forma, quanto maior a acidez de um solo, menor será sua saturação por bases.
10. Acidez ativa representa a atividade do íon H^+ em solução (pH); a acidez trocável é o Al^{3+} adsorvido nos coloides; enquanto a não trocável é o teor de $H+Al$ retidos no coloide do solo mas com potencial para se deslocarem para a solução e gerarem acidez.
11. Não, o Al só é tóxico para as plantas quando se encontra na forma do íon Al^{3+} . A forma do Al variam em função do pH. Em valores abaixo de 5,5 (pH em CaCl), o alumínio se encontra na sua forma tóxica, a partir desse valor, ocorre favorecimento da reação de hidrólise, que gera hidróxido de Al ($Al(OH)_3$), uma forma não tóxica.
12. Solo A: $pH_{H_2O} = 4,0$ e $pH_{KCl\ 1M} = 3,4$

Solo B: $pH_{H_2O} = 4,0$ e $pH_{KCl\ 1M} = 4,$

Solo A: $\Delta pH = -0,6$ e Solo B: $\Delta pH = 0,8$

O solo B provavelmente foi coletado na camada subsuperficial, porque o ΔpH positivo é um indicador de que o balanço de carga é positivo, e isso é mais provável de ocorrer nas camadas subsuperficiais, onde a influência dos óxidos de Fe e Al é maior e a da matéria orgânica é menor. Nesse tipo de solo (balanço positivo das cargas), o aumento da força iônica da solução (promovida pela adição de KCl 1 mol L^{-1}) causa a adsorção de H^+ nos sítios de troca dos coloides, diminuindo a atividade do H^+ em solução, e consequente aumento do pH em comparação com o pH em água.

13. Valores positivos de ΔpH se correlacionam com solos nos últimos estágios de intemperismo, onde os óxidos de Fe e Al são os constituintes mais importantes da fração argila. Estes coloides apresentam altos valores de PCZ e balanço positivo de cargas em valores de pH abaixo de 7. No entanto, os óxidos só terão maior expressão no balanço de cargas de um solo quando a matéria orgânica ocorre em baixos teores, pois a MO tem PCZ muito baixo e é a principal fonte de carga negativa do solo. Sendo assim, um ΔpH positivo é a consequência de um solo muito intemperizado, com altos teores de óxidos e baixos teores de MO.

14. Acidez alta e saturação por bases baixa
Acidez baixa e saturação por bases alta
15. Não, pois o pH representa os íons H⁺ em solução, e esta é apenas uma pequena fração do H⁺ com potencial para causar acidez. Assim, um bom indicador para estimar o poder tampão do solo é a observação dos teores de H⁺Al, a acidez potencial do solo, pois estes íons, em caso de aumento do pH, podem ser deslocados para solução na tentativa de manter o equilíbrio entre a fase sólida e líquida do solo. Além disso, o cálculo da dose de calcário a ser aplicada é feita com base nos valores V%, ou seja, uma estimativa de quanto da CTC total está ocupada por cátions básicos de interesse.

Determinação do teor de carbono do solo

- Os principais métodos são via úmida e via seca. O mais utilizado é a determinação pela via úmida.
- Oxidação do carbono na forma orgânica pelo íon dicromato em meio ácido e determinação do material facilmente oxidável. A função do dicromato é atuar como receptor de elétrons advindos da transformação das formas oxidáveis do C em CO₂.
- Equação: $2 \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 3 \text{C} + 16 \text{H}^+ \rightarrow 4 \text{Cr}^{+3} + 3 \text{CO}_2 + 8 \text{H}_2\text{O}$
Lado esquerdo: C=0; Cr=+6
Lado direito: C = +4; Cr=+3
- Multiplicar o teor de C por 1,72. O ácido húmico, que é a fração mais reativa da matéria orgânica, tem 58% de Ca. Assim, esse fator de conversão se dá pela seguinte razão $100/58=1,72$.
- É uma relação inversa: quanto mais sulfato ferroso amoniacal consumido maior a quantidade de dicromato excedente. Consequentemente, menor a quantidade de C oxidável da amostra e menor o teor de MO.
- A amostra possui maior teor de C orgânico. O sulfato ferroso amoniacal consome o dicromato excedente da oxidação do C orgânico. Dessa forma, quanto menor a quantidade de sulfato ferroso amoniacal consumida, maior terá sido a quantidade de C oxidado presente na amostra.
- Multiplicando o teor de C da camada pela densidade e pela espessura da camada.
-

Área	Densidade do solo (g cm ⁻³)	Teor de C (g kg ⁻¹)
Floresta nativa	1,1	47,8
Pastagem	1,3	23,2
Cana-de-açúcar	1,2	16,4

Para floresta nativa: Estoque de C = $(4,78 \times 1,1 \times 20)/10 = 10,6 \text{ t ha}^{-1}$

Para pastagem: Estoque de C = $(2,23 \times 1,3 \times 20)/10 = 6,0 \text{ t ha}^{-1}$

Para cana-de-açúcar: Estoque de C = $(1,64 \times 1,2 \times 20)/10 = 3,9 \text{ t ha}^{-1}$

Acidez potencial

1. Acidez ativa, acidez trocável e acidez potencial.
2. A acidez trocável se refere ao teor trocável de Al^{3+} , enquanto a não trocável é representada pelo H^+ retido de forma covalente na superfície dos colóides do solo.
3. Porque ele tem baixa capacidade de dissociar o H^+ retido na superfície dos colóides, cujo teor é bem maior do que o teor de H^+ em solução.
4. É um ácido fraco. Sua dissociação forma acetato, uma base forte.
5. O acetato de cálcio em solução sofre dissociação, gerando os íons Ca^{2+} e acetato (CH_3COO^-). A alta concentração do Ca^{2+} em solução permite o deslocamento do Al^{3+} que estava adsorvido nos colóides.
6. O acetato é uma base forte, logo tem uma alta afinidade pelos íons H^+ em solução e forma ácido acético. Como o H^+ em solução está em equilíbrio com o H^+ adsorvido das superfícies dos colóides, o acetato força o deslocamento dos H^+ adsorvidos. Após o tempo de equilíbrio da reação, é feita titulação com hidróxido de sódio ($\text{NaOH } 0,025 \text{ mol L}^{-1}$), que reagirá com o ácido acético em solução.
7. Pois nesse método é preciso utilizar uma equação ou valores pré-determinados (obtidos a partir de uma curva de calibração) para correlacionar o valor de pH obtido com o teor de H+Al extraído com acetato de cálcio.
8. O solo Y, pois o valor do pH-SMP é inversamente proporcional ao teor de H+Al, logo um menor valor de pH representa uma maior acidez potencial.

Análise química de solo: atributos calculados e produção relativa

1. A V% representa estimar quanto da CTC total, ou seja, quanto do “reservatório de cargas negativas” do solo está ocupado por macronutrientes catiônicos (Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+). A m%, por sua vez, representa a porcentagem de Al^{3+} (tóxico) em relação à soma dos cátions trocáveis adsorvidos no solo (Al^{3+} , Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+), por isso, utiliza-se a que leva em consideração a Soma de Bases + Al^{3+} (acidez trocável) é a $\text{CTC}_{\text{efetiva}}$, que é calculada sob condição de valores naturais de pH do solo, enquanto a CTC total ($\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^+ + \text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$) é calculada a pH 7, condição em que o Al não se encontra em sua forma tóxica.
2. Porque a “soma de bases” refere-se à soma dos teores disponíveis de macronutrientes catiônicos ($\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^+$), cuja disponibilidade aumenta com o aumento do pH, enquanto a disponibilidade do alumínio cai com o aumento do pH.
3. Solo 1: $\text{K} = 2,6$; $\text{Ca} = 34$; $\text{Mg} = 21$; $\text{Al} = 3$; $\text{H} + \text{Al} = 52 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e
Solo 2: $\text{K} = 0,3$; $\text{Ca} = 4$; $\text{Mg} = 1,2$; $\text{Al} = 12$; $\text{H} + \text{Al} = 23 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$.

Solo 1:

$$\text{SB} = 57,6 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$$

$$\text{CTC}_{\text{total}} = 109,6 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$$

$$\text{CTC}_{\text{efetiva}} = 60,6 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$$

$$\text{V}\% = 52\%$$

$$\text{m}\% = 5\%$$

Solo 2:

$$\text{SB} = 5,5 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$$

$$\text{CTC}_{\text{total}} = 28,5 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$$

$$CTC_{efetiva} = 17,5 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$$

$$V\% = 19\%$$

$$m\% = 68\%$$

4. Produção relativa é a relação entre a produção obtida por uma determinada cultura ou um conjunto delas utilizando-se uma adubação incompleta (adubação total exceto o elemento estudado) e a produção obtida com a utilização da adubação completa. Esse valor é dado em porcentagem para permitir a comparação e relativização dos dados obtidos com diferentes culturas em diversas condições edafoclimáticas.

5. Sete Lagoas: PR = 83%

Paraopeba: PR = 54%

Viçosa: PR = 120%

A partir destes resultados de produção relativa é possível inferir sobre os teores de K no solo. A região de Sete Lagoas teve um valor de PR igual a 83%. Desta forma, os teores do elemento no solo não adubado deveriam estar baixos (PR entre 71 e 90%). Em Paraopeba, onde se obteve a menor valor de PR (54%), o solo provavelmente apresentava teores muito baixos de P (PR \leq 70%), uma vez que, sem adubação, a produção foi pouco superior à metade da produção obtida com a utilização de adubo potássico. Na última condição, Viçosa, o solo já apresentava valores altos ou muito altos de K (PR > 100%). Assim, após a adubação, provavelmente os teores de K atingiram níveis deletérios à planta, causando queda na produção.

6. Uma série de experimentos de campo é montada em diversas localidades. Nestes experimentos, há parcelas onde a cultura recebe adubação completa e outras parcelas onde é feita uma adubação incompleta (adubação total exceto o elemento estudado). Após a colheita da(s) cultura (s), em diferentes locais, tipos de solo, clima etc., são feitos cálculos de produção relativa. Com estes valores, é construído um gráfico que correlaciona a produção relativa (eixo y) em função do teor do elemento no solo (eixo x). A partir do gráfico, os pesquisadores estabelecem intervalos de produção relativa e obtém os teores do elemento no solo que foram responsáveis pela obtenção daquela PR. Esse procedimento pode ser utilizado para qualquer nutriente, mas no caso do P, os pesquisadores elaboraram classes de teores para quatro grandes grupos de culturas (perene, anual, florestal e hortaliças).

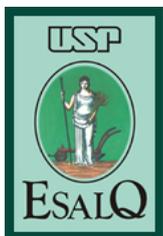
7. A partir de uma série de experimentos com diversas culturas e em diversas condições edafoclimáticas, e da construção de um gráfico construídos com os valores de produção relativa e teor do elemento no solo, foi estabelecido que o teor “baixo” de K no solo é relativo a um intervalo de teores no solo em que foram obtidas PRs entre 70 e 90%.

8. 100% é o limite entre as classes de teores “médios” e “altos e muito altos”. Uma PR = 90% é o limite entre as classes dos teores “baixos” e “médios”, enquanto a PR de 70% separa os teores “muito baixos” dos “baixos”.

9. O teor “muito alto” é o dobro do teor no solo correspondente a uma PR = 100%, que é o limite entre as classes de teores “médios” e “altos”. Por exemplo, 3 mmol_c dm⁻³ de K no solo corresponde ao teor no solo em que foi obtida 100% da PR. Assim, o teor de K no solo é muito alto a partir de 6 mmol_c dm⁻³.

10. Baixo e médio

11. A partir de uma série de experimentos com diversas culturas e em diversas condições edafoclimáticas, e da construção de um gráfico que correlaciona valores de produção relativa e teor do elemento no solo, foi estabelecido que o teor “médio” de K no solo é aquele correspondente a uma PR entre 90% e 100%. No caso do P, os pesquisadores concluíram que a separação das culturas em grandes grupos permite melhor interpretação dos resultados.

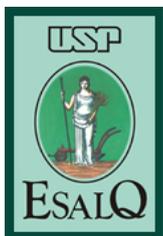


UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA “LUIZ DE QUEIROZ”
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA DO SOLO

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA BÁSICA (ordem alfabética)

- ERNANI, P.R. Química do Solo e Disponibilidade de Nutrientes. Lages: Udesc, 1. ed., 2008. v.1, 230 p.
- LEPSCH, I.F. 19 Lições de Pedologia. São Paulo: Oficina de Textos. 2011. 456p.
- LOPES, A.S. (trad.). Manual da Fertilidade do Solo. São Paulo: ANDA/POTAFOS, 1989. 153p.
- MELO, V.F.; ALLEONI, L.R.F. (Eds.). Química e Mineralogia do Solo - Conceitos Básicos. 1. ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2009. v.1. 695 p.
- MELO, V.F.; ALLEONI, L.R.F. (Eds.). Química e Mineralogia do Solo - Aplicações. 1.ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2009. v.2. 685 p.
- MELLO, F.A.F.; BRASIL SOBRINHO, M.O.C.; ARZOLLA, S. et al. Fertilidade do Solo, 3 ed. São Paulo: Nobel, 1987. 400p.
- MEURER, E.J. Fundamentos de Química do Solo, 3.ed. Porto Alegre: Editora Evangraf, 2006. 285 p.
- NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. Fertilidade do Solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. v.1. 1017 p.
- RAIJ, B. van. Avaliação da Fertilidade do Solo. Piracicaba: Instituto da Potassa e do Fosfato, 1981. 142p.
- RAIJ, B. van. Fertilidade do Solo e Manejo de Nutrientes. Piracicaba: IPNI, 2011.420 p.
- SANTOS, G.A; SILVA, L.S.; CANELLAS, L.P.; CAMARGO, F.A.O. (Eds). Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre: Genesis. 636p. 2008.



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA “LUIZ DE QUEIROZ”
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA DO SOLO

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

- BORKERT, C.M.; LANTMAN, A.F. (ed.) Enxofre e micronutrientes na agricultura brasileira. Londrina: Embrapa Soja/IAPAR/SBCS, 1988. 317p.
- BRADY, N.C.; WEIL, R.R. Elementos da Natureza e Propriedades dos Solos, 3 ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. 686p. (tradução de I.F. Lepsch).
- CAMARGO, O.A.; ALLEONI, L.R.F.; CASAGRANDE, J.C. Química dos micronutrientes e de elementos tóxicos em solos. In: FERREIRA, M.E. et al. (ed.) Simpósio sobre micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura. Jaboticabal: FCAV/Unesp, 1999. Anais, 2001. cap.5, p.89-124.
- KIEHL, E.J. Manual de Edafologia - Relações Solo-Planta. São Paulo, Editora Agronômica, 1979. 264p.
- MALAVOLTA, E. Manual de Química Agrícola - Nutrição de Plantas e Fertilidade do Solo. São Paulo: Editora Ceres, 1976. 528p.
- MIELNICZUK, J. O Potássio no Solo. Piracicaba: Instituto da Potassa-Fosfato: Instituto Internacional da Potassa, 1978. 79p. (Boletim Técnico 2)
- MONIZ, A.C. (Coord.) Elementos de Pedologia. São Paulo: Edusp, 1972. 459p.
- NOVAIS, R.F.; SMYTH, T.J. Fósforo em solo e planta em condições tropicais. Viçosa: UFV, 1999. 399p.
- QUAGGIO, J.A. Acidez e calagem em solos tropicais. Campinas: Instituto Agronômico, 2000. 111p.
- RAIJ, B. van. Fertilidade do Solo e Adubação. São Paulo: Editora Ceres, 1991. 343p.
- RAIJ, B. van; BATAGLIA, O.C.; SILVA, N.M. (Coord.) Acidez e Calagem no Brasil. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1983. 361p.
- ROSCOE, R.; MERCANTE, F.M.; SALTON, J.C. (Eds). Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas conservacionistas. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste. 304p. 2006.