

Manejo dos solos e a sustentabilidade da produção agrícola na Amazônia Ocidental

II Reunião de Ciência do Solo da Amazônia Ocidental

Editores

Paulo Guilherme Salvador Wadt

Alaerto Luiz Marcolan

Stella Cristiani Gonçalves Matoso

Marcos Gervasio Pereira

8. MÉTODOS DE ANÁLISE DE FERTILIDADE PARA A AMAZÔNIA OCIDENTAL

Lucielio Manoel Silva

Embrapa Acre

Introdução

A Amazônia Ocidental composta pelos Estados do Acre com área de 164.123,040 km², do Amazonas com área 1.559.159,148 km², de Rondônia com área de 237.590,547 km² e Roraima com área de 224,3 mil km², que juntos correspondem aproximadamente 34,5 % território da Amazônia legal e aproximadamente 25% do território brasileiro.

Essa vasta área geográfica apresenta grande diversidade de ambientes e ecossistemas, formados principalmente por florestas equatoriais e tropicais, cerrados e campos tropicais que devido às interações entre os fatores climáticos, geológicos, geomorfológicos e biológicos apresenta uma grande diversidade de tipos de solos.

Nessa região, a caulinita é o mineral de argila predominante nos solos, que normalmente apresentam baixa fertilidade natural e a alta saturação por alumínio trocável, embora, na porção oeste e na borda da cordilheira andina, sejam encontradas áreas com solos de alta fertilidade, apresentando altos teores de cálcio, magnésio e alumínio. Nos solos dessa região é comum a presença de montmorillonita como mineral da fração argila e o alumínio trocável, embora com altos teores no solo, não encontra-se disponível as raízes, fazendo com que seu efeito fitotóxico seja mitigado. Também na região Ocidental da Amazônia são encontradas pequenas extensões de solos muito férteis, denominados de Terra Preta de Índio ou Terra Preta Arqueológica.

Nos quatro estados da Amazônia Ocidental existem cerca de 10 laboratórios

(Tabela 1) que realizam análises para avaliação da fertilidade e todos utilizam os métodos analíticos descritos no Manual da Embrapa (Embrapa, 2011) (Tabela 2).

Tabela 1: Laboratório de solos da Região Ocidental da Amazônia

Estado	Instituição	Quantidade de amostras analisadas por ano.	Endereço
Acre	Embrapa	2500	Rodovia BR-364, km 14, Caixa Postal 321. Rio Branco, AC - Brasil - CEP 69900-970. Tel. (68) 3212-3200
Acre	Ufac	Não informado	BR 364, Km 04 – Distrito industrial - CEP: 69.920-900 Rio Branco - Acre
Amazônia	Embrapa	4000	Rodovia AM-010, Km 29, (Estrada Manaus/Itacoatiara), Caixa Postal 319, CEP: 69010-970, Manaus, AM . Tel. (92) 3303-7800.
Amazônia	Ufam/Campus de Humaitá	Não informado	Campus Vale do Rio Madeira – CVRM. Rua 29 de Agosto, 786 - Divino Pranto. CEP.: 69.800-000 - Humaitá - AM
Amazônia	Ufam	Não informado	Endereço: Av. General Rodrigo. Octávio, 6200, Coroado I. Cep: 69077-000
Roraima	Embrapa	800	Rodovia BR 174, Km 8, Distrito Industrial, Caixa Postal: 133, CEP: 69301-970, Boa Vista, RR. Tel. (95) 4009-7100
Roraima	UFRR	Não informado	Campus Cauamé. BR 174, Km 12, Monte Cristo. Cep: 69300-000 Boa Vista / RR. Tel. (95) 3627-2898
Rondônia	Embrapa	Não informado	Rodovia BR-364, Km 5,5, Zona Rural Caixa Postal: 127 CEP: 76815-800 - Porto Velho – RO. Tel. (69) 3901-2504
Rondônia	Unir/Campus Rolim do Moura	Não informado	

Os resultados da análise de solo constituem a ferramenta mais importante de uma agricultura sustentável, pois, com a quantificação dos nutrientes disponíveis e dos elementos tóxicos presentes, o agricultor poderá usar os fertilizantes e corretivos nas doses necessárias, sem excessos que prejudiquem o meio ambiente, contribuindo para maximizar seu lucro.

Entretanto, o uso adequado dos métodos analíticos de extração dos elementos e consequente determinação é fundamental para se ter o máximo de sucesso na adubação e correção do solo. O método adequado é aquele que simula a absorção do nutriente pelas raízes das plantas e a escolha do mais eficiente para uma determinada região é baseado em experimentações que consistem basicamente em correlacionar as quantidades dos nutrientes disponíveis no solo com as quantidades desses extraídos pelas plantas.

Nas regiões Sul e Sudeste do Brasil foram desenvolvidos vários trabalhos de seleção

de métodos de extração de nutrientes disponíveis as plantas. Porém, para a região Norte como toda, a literatura é bastante carente, sendo necessário, urgentemente, avançar nas pesquisas nessa linha, principalmente, por ser uma região que apresenta características edáficas bastantes diferenciadas das outras regiões do País.

Tabela 2: Métodos analíticos adotados pelos laboratórios de solos da Região da Amazônia Ocidental

Elemento	Tipo de Extração	Método de Determinação
Cálcio	Solução de Cloreto de Potássio a 1 mol L ⁻¹	Espectroscopia de Absorção Atômica ou Volumetria de complexação
Magnésio	Solução de Cloreto de Potássio a 1 mol L ⁻¹	Espectroscopia de Absorção Atômica ou Volumetria de complexação
Alumínio	Solução de Cloreto de Potássio a 1 mol L ⁻¹	Volumetria de neutralização
Fósforo	Solução de Mehlich 1	Espectroscopia de absorção na região do UV-Vis
Potássio	Solução de Mehlich 1	Fotometria de Emissão de chama
Acidez Potencial (H+Al)	Solução de acetato de cálcio 0,5 mol L ⁻¹ a pH 7	Volumetria de neutralização
pH água	-	Potenciometria
Matéria Orgânica	Oxidação úmida com dicromato de potássio	Volumetria de óxido-redução ou Espectroscopia de absorção na região do UV-Vis
Granulometria		Método da Pipeta
Fósforo remanescente*	-	Espectroscopia de absorção na região do UV-Vis

* Essa análise é realizada apenas no Laboratório de Solos da Embrapa Acre e serve para interpretar as disponibilidades de fósforo em substituição ao teor de argila.

Métodos analíticos para avaliação da fertilidade

Devido à ausência de estudos que confirmem os métodos mais adequados de extração para a Região Ocidental da Amazônia, nesse capítulo serão apresentados os diversos métodos de extração de nutrientes utilizado em amostras de terra para avaliação da fertilidade; suas características, vantagens e desvantagens.

Antes de apresentar os métodos, se faz necessário determinar quais as análises são necessárias para avaliar a fertilidade das terras. Cada laboratório elege um conjunto de diferentes métodos de análise para essa finalidade, porém, serão discutidos os métodos usados na determinação dos valores de pH, teores de cálcio, magnésio, alumínio, fósforo, potássio, acidez potencial, matéria orgânica e fósforo remanescente os quais acredita-se que podem fornecer subsídios suficientes para avaliação da fertilidade das terras da Região Ocidental da Amazônia.

Fósforo

A disponibilidade de P para as plantas pode ser avaliada por diversos extratores, entre eles: Mehlich 1; Mehlich 2; Mehlich 3 e pela resina trocadora de íons. Nos laboratórios de análises do Brasil, os métodos mais utilizados são Mehlich 1 e resina trocadora de íons.

O método de Mehlich 1 foi desenvolvido em 1953 e consiste em uma solução de dois ácidos fortes; ácido clorídrico ($0,05 \text{ mol L}^{-1}$) e ácido sulfúrico ($0,0125 \text{ mol L}^{-1}$) que dissolve os compostos fosfatados ligados ao cálcio, alumínio e ferro. É um método de fácil aplicação nos laboratórios e de baixíssimo custo. Como desvantagens destaca-se a sua capacidade de dissolver os compostos fosfatados ligada ao cálcio o que pode resultar em teores superestimados em áreas que receberam adubação com fosfato natural ou nas quais se observa uma grande ocorrência do mineral primário fosfato de cálcio. Adicionalmente este método pode subestimar os teores de P em solos com textura argilosa.

Devido as desvantagens apresentadas pelo extrator Mehlich 1, na década de 70 foi desenvolvido o Mehlich 2. Na verdade esse método é uma modificação do primeiro, sendo a solução consiste de uma mistura de cloreto de amônio ($0,2 \text{ mol L}^{-1}$), ácido acético ($0,2 \text{ mol L}^{-1}$), fluoreto de amônio ($0,015 \text{ mol L}^{-1}$) e ácido clorídrico ($0,012 \text{ mol L}^{-1}$). A grande desvantagem do método é a corrosão dos aparelhos laboratoriais devido aos compostos clorados da solução extratora.

No início da década de 80, novamente o método de Mehlich foi modificado resultando no método de Mehlich 3. A solução é composta de ácido acético ($0,2 \text{ mol L}^{-1}$), nitrato de amônio ($0,25 \text{ mol L}^{-1}$), fluoreto de amônio ($0,015 \text{ mol L}^{-1}$), ácido nítrico ($0,013 \text{ mol L}^{-1}$) e EDTA ($0,001 \text{ mol L}^{-1}$).

A vantagem deste método em relação aos demais apresentados é que a solução extratora não dissolve em excesso os compostos fosfatados ligados ao cálcio, é também é mais eficiente na troca com o fosfato devido à presença do íon fluoreto. Uma outra vantagem é que não ocorre a corrosão de equipamentos pela ausência dos compostos clorados. Devido ao maior espectro de ação do extrator podem ser extraídos simultaneamente outros nutrientes do solo como o potássio, cálcio, magnésio, sódio, manganês, zinco e cobre.

O método de determinação do P disponível pela da resina trocadora de íons tem sido proposto como o método mais eficiente, pois, o que mais se assemelha a ação das raízes das plantas e suprir todas as desvantagens dos métodos de Mehlich. O método consiste na remoção contínua do íon fosfato da solução do solo pela troca com o bicarbonato adsorvido na resina, gerando um gradiente de concentração forçando o íon fosfato ser deslocado da superfície dos coloides até que seja atingido o equilíbrio eletroquímico entre o solo e a resina de troca iônica.

Cálcio, magnésio, potássio e alumínio

Os métodos utilizados na extração dos teores disponíveis desses elementos para as plantas se baseiam na quantificação dos teores trocáveis. Os métodos mais utilizados nos laboratórios do Brasil para extração são os do cloreto de potássio (1 mol L^{-1}), do cloreto de amônio (1 mol L^{-1}) e a resina trocadora de íons. Esses cátions encontram-se adsorvidos através de ligações iônicas nos sítios de troca dos colóides do solo, o que facilita o seu deslocamento, por efeito de concentração, pelo emprego destas soluções extratoras.

No Brasil, a extração com cloreto de potássio (1 mol L^{-1}) é o método mais utilizado nos laboratórios de avaliação da fertilidade. É de fácil realização e de baixo custo. Como desvantagem, o teor potássio disponível no solo não pode ser determinado, ocorre entupimento frequente do queimador do Espectrofotômetro de Absorção Atômica e há bastante contaminação de vidrarias devido à alta contração de potássio na solução o que pode comprometer a análise desse elemento.

Através do emprego do método de extração com a solução de cloreto de amônio (1 mol L^{-1}) elimina todas as desvantagens do método de extração com cloreto de potássio (1 mol L^{-1}), além da determinação dos outros nutrientes, pode-se quantificar os teores de potássio. Uma desvantagem do método é que o alumínio não pode ser determinado pela técnica analítica de volumetria de neutralização; técnica mais usada nos laboratórios do Brasil, sendo necessário para a quantificação deste elemento por outra técnica.

O método de extração da resina trocadora de íons já descrito no item do fósforo. A utilização desse método é possível em função do extrator consistir em uma mistura de resinas de troca catiônica e aniônicas saturadas por bicarbonato de sódio, possibilitando a extração dos cátions trocáveis.

Acidez potencial

A acidez potencial ou total (H+Al) refere-se ao hidrogênio que está no solo ligado através de ligações covalentes em: a) nos óxidos de ferro e alumínio; b) nos bordos quebrados da lâmina octaédrica da caulinita e c) nos radicais carboxílicos e fenólicos da matéria orgânica. O método padrão usado para determinação da acidez potencial é o emprego da solução de acetato de cálcio ($0,5 \text{ mol L}^{-1}$) tamponada a pH 7 o que permite a quantificação hidrogênio presente em ligações covalentes. Trata-se de um método de fácil realização e de baixo custo. Uma das limitações do método é que pode haver a subestimativa dos teores de H+Al em solos com valores de pH acima de 6,0 em função da baixa eficiência de tamponamento da solução.

pH

Através da análise do pH pode-se ser avaliada a acidez ativa, hidrogênio que encontra-se ligado através de ligação iônica aos colóides do solo. O pH do solo é um dos atributos mais importantes na avaliação da disponibilidade de nutrientes. Para fins de fertilidade a maioria dos laboratórios realiza a determinação do pH em água na relação solo: solvente 1:2,5.

Embora amplamente adotado nos laboratórios brasileiros a medida do pH usando água pode ser drasticamente afetado por quantidades de sais presentes nas amostras. Soluções como a de cloreto de potássio (1 mol L^{-1}) e cloreto de cálcio ($0,01 \text{ mol L}^{-1}$) na relação 1:2,5 também são usados com a vantagem de serem menos influenciados pelas quantidade de íons presentes na amostra.

Em alguns laboratórios, em especial na região sul e sudeste do Brasil, tem sido adotado o método da solução tampão SMP para se determinar o pH do solo. A grande vantagem desse método é que, depois de calibrado pelo método padrão de determinação da acidez potencial, o valor de pH pode ser usado diretamente para a estimativa da acidez potencial e da necessidade de calagem.

Matéria orgânica

O método mais utilizado nos laboratórios é o da oxidação via úmida com emprego de solução de dicromato de potássio. Por esse método, o cromo funciona como aceptor final de elétrons da oxidação da matéria orgânica. O excesso de dicromato é quantificado pela solução de sulfato ferroso amoniacal.

Uma das desvantagens do método é que sua eficiência varia de 56 a 100%, pois, nem todo carbono é oxidado. Porém, é um método fácil de operação nos laboratórios, é rápido e relativamente de baixo custo. Entretanto, o uso de reagentes como o dicromato de potássio e ácido sulfúrico, altamente tóxico a saúde humana e ao meio ambiente, requer tratamento específico dos resíduos gerados, agregando custos adicionais à análise.

Entretanto, métodos mais eficientes quanto à oxidação da matéria orgânica, com menos usos de reagentes químicos e geração de resíduos estão sendo adotados nos laboratórios brasileiros. Entre eles se destacam a método de determinação elementar e espectrofotometria do Infravermelho Próximo (NIR). O primeiro apesar de ser considerando o método padrão para determinação da matéria orgânica ainda gera resíduos altamente nocivos. Todas as desvantagens dos métodos de oxidação por dicromato e do elementar pode ser sanadas com o método NIR, porém, calibrações locais são necessárias antes de adotar o referido método.

Fosforo remanescente

O fosforo remanescente é a quantidade do fósforo adicionado que fica na solução de equilíbrio após determinado tempo de contato com o solo. Apresenta estreita relação com o fator de capacidade de fósforo. Trata-se de uma análise simples e rápida que pode ser usada em alternativa ao teor de argila. O atributo padrão utilizado para interpretação das faixas de fosforo disponível é o teor de argila. Mas, atualmente vem sendo adotado no Brasil o teor de fósforo remanescente como alternativa ao método padrão.

Considerações finais

Os métodos de análises de solos, principalmente, os extratores, foram adaptados de outros países para os solos brasileiros, entretanto, para as Regiões Sul e Sudeste do Brasil, uma gama de estudos tem sido conduzida no sentido de selecionar os métodos mais eficientes.

Na região ocidental da Amazônia, poucos estudos têm sido conduzidos para o desenvolvimento de métodos analíticos que sejam condizentes com os solos da região. Algumas iniciativas têm sido realizadas com solos como a Terra Preta de Índios com o emprego de diferentes métodos para a quantificação do nutrientes, porém para os solos do Acre que apresentam características diferenciadas (altos teores de Al associado a valores de Ca e Mg elevados), pouco estudos tem sido conduzidos na avaliação da real toxidez promovida pelos teores de Al quantificado na metodologia oficial adotada, extração com KCL (1 mol L⁻¹).

Referência

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de métodos de análise de solo. 2.ed.Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011.