

M. G. 951

951

Cartilhas do Lavrador

Junho
de
1931

Publicação
bi-mensal
dirigida por
**Luis
Gama**

N.º 31



Edição da
Enciclopédia
da Vida Rural
PORTO

Amos
Correia
1931

RC
MNCT
63
SIL

Fer- **Transformação dos adubos**
Silva **quimicos no solo**

As **Cartilhas do Lavrador**, que, em conjunto, virão a constituir a **Enciclopédia da Vida Rural**, são pequenos volumes, de 32 a 48 páginas publicados com regularidade, — em média dois por mês, — tratando os múltiplos assuntos que interessam à vida do agricultor.

Cada volume, profusamente ilustrado, estudará, com carácter acentuadamente prático, um assunto único, em linguagem clara, acessível, expondo todos os conhecimentos que o lavrador precisa ter sobre o assunto versado e será escrito, propositadamente para a **Enciclopédia da Vida Rural**, por quem tenha perfeito e absoluto conhecimento da matéria tratada.

O preço da assinatura é:

Por série de seis volumes, 12\$50;

De doze, 22\$50;

De vinte e quatro, 40\$00, devendo o pagamento ser feito adeantadamente.

O preço avulso será de 2\$50 centavos por cada volume de 32 páginas, sendo mais elevado o daqueles que tenham maior número de páginas.

No preço da assinatura está já incluído o porte do correio.

Tôda a correspondência relativa às **Cartilhas do Lavrador** deve ser dirigida a

LUÍS GAMA

Avenida dos Aliados, 66-1.º — Telefone 2534

Apartado 8

PORTO

TRANSFORMAÇÃO DOS ADUBOS
QUÍMICOS NO SOLO

Enciclopédia da Vida Rural

PUBLICADA POR

LUÍS GAMA

Com a colaboração dos mais eminentes Professores do Instituto Superior de Agronomia, Escola de Medicina Veterinária, Engenheiros Agrónomos, Engenheiros Silvicultores, Médicos Veterinários e Publicistas Agrícolas.

Publicação premiada com Grande Diploma de Honra na Segunda Exposição Nacional do Milho.

Reservados todos os direitos de
propriedade, nos termos da Lei,
propriedade que pertence a Luis
: : : Gama — Pôrto : : :

CARTILHAS DO LAVRADOR

Transformação dos adubos químicos no solo

POR

ALBERTO FERREIRA DA SILVA

Engenheiro agrónomo, Director da Escola de Regentes Agrícolas de Coímbra,
antiga Escola Nacional de Agricultura



EDIÇÃO DA
ENCICLOPÉDIA DA VIDA RURAL

Junho de 1931
PÔRTO



CENTRO AGRÍCOLA
ROMULO DE F. SILVA

RC

MUCT

63

SIL

IMPRESA MODERNA, LIMITADA

RUA DA FÁBRICA, 80 — PORTO

Trata êste número das Cartilhas do Lavrador, da transformação dos adubos químicos no solo. Tinha-me comprometido com o Sr. Engenheiro Luis Gama a escrever alguma cousa sôbre êste assunto e não podia deixar de cumprir o prometido. Mas, em boa verdade, devo dizer que hesitei bastante antes de escrever o que adiante vai ler-se. A orientação moderna, que se tem dado ao estudo do solo, a criação da pedologia ou edapologia, como dizem os espanhóis, com a classificação dos solos, atendendo às camadas ou horizontes de estrutura e composição diferentes, o desenvolvimento do estudo dos colóides do solo, microflora e microfauna, tudo isto, devendo ser tomado em conta nas transformações químicas que se passam no solo, fez-me, realmente, pensar bastante antes de abordar o assunto.

Resolvi-me, no entanto, a fazê-lo, simplificando, tanto quanto possível, a matéria de que trato e evitando entrar em minúcias de ordem técnica, ao mesmo tempo que evitei, também, o emprêgo de muitos termos científicos.

Há um capítulo, nesta despretenciosa exposição, que

me parece necessário; é o que diz respeito à reacção do solo, e à ideia do pH. Tendo iniciado, há oito anos, umas simples referências ao assunto nas cadeiras de que estou encarregado na Escola de Agricultura de Coimbra, e atendendo a que é já vulgarissimo o emprego dêste termo, natural seria que, tendo de nele falar por diversas vezes, alguma referência especial lhe fizesse. Nesse capítulo tenho, naturalmente, de me referir a algumas noções de química e de matemática; estão, porém, resumidas tanto quanto me pareceu possível; talvez até demasiadamente simplificadas... mas, parece-me, todavia, que não poderia desenvolver mais, num livrinho desta indole, tal matéria.

Entre nós foi já o assunto tratado, e com a maior competência, na parte que interessa à agricultura, pelo venerando professor Rebelo da Silva, e pelo distinto agrónomo Cunha da Silveira, em publicações e artigos de utilissima leitura.

Ferreira da Silva.

I. O SOLO COMO MEIO QUÍMICO E MEIO BIOLÓGICO

A análise do solo arável permite conhecer a sua constituição física e química, embora, no momento actual, ainda se esteja longe de ter conhecimento completo de todos os fenómenos que, no seu seio, se passam.

Na classificação dos solos aráveis, atende-se à predominância de certos componentes que neles existem e que lhes dão propriedades especiais; estes elementos são a argila, o calcáreo, o húmus e a areia. Se todos êles teem importância no solo, há, todavia, dous, dos quais, pela sua acção muito especial, convém dizer alguma cousa neste capítulo, embora não tenhamos a pretensão de desenvolver êste estudo: são a argila e o húmus. Os outros dous, teem, também, importância, e muito em especial o calcáreo, quer pela acção que pode exercer em presença de certos adubos, quer pelo papel que desempenha no solo, e de que trataremos no final dêste livrinho.

A argila pura é um silicato de alumínio hidratado, de fórmula $(\text{SiO}^2)^3\text{Al}^3\text{O}^3,2\text{OH}^2$; tem o nome de *caolino*, substância branca e untuosa ao tacto e que pode sofrer a acção do calor, mesmo a elevada temperatura, sem se decompor. As suas aplicações são bem conhecidas e em Portugal existem jazigos importantes na Vila da Feira e em Soure.

A mistura do caolino com outras substâncias, como os carbonatos de cálcio e magnésio, o óxido de ferro e a sílica, constitui as argilas ordinárias.

Nos solos aráveis são estas argilas que se encontram, sendo principalmente vulgares as argilas férricas, que dão a coloração característica a certos solos. As propriedades da argila, são a *plasticidade* e o *retraimento*.

A plasticidade, isto é, a propriedade que a argila tem de dar pastas susceptíveis de sofrer deformações consideráveis antes da rotura, depende da percentagem de água e de areia que aquela contém, e ainda dos saes que a água tem em dissolução.

O retraimento, ou diminuição de volume que a argila sofre à medida que a água se evapora, pode atingir valores elevados, sendo no caolino de 5 a 6 0/0 e atingindo em certas argilas 12 0/0.

O estudo da argila do solo, que se deve principalmente a Schloesing, permitiu determinar a presença da argila coloidal, que tem um papel importante na química agrícola.

Se tomarmos uma pequena quantidade de terra arável argilosa e a misturarmos com água, agitando, desde que a deixemos em repouso, a sedimentação faz-se, ficando claro o líquido que sobrenada. Se, em vez da água ordinária se empregar a água destilada, nota-se que o líquido que sobrenada fica turvo. Verificando o que origina essa turvação, encontramos a argila. A esta argila chama-se *argila coloidal*. Explica-se êste fenómeno pelo facto de a água ordinária, contendo sempre saes em dissolução, coagular a argila coloidal, ao passo que a água destilada, isenta praticamente de substâncias em dissolução, arrasta consigo essa argila coloidal. Se, no líquido turvo, deitarmos uma pequena quantidade de uma dissolução diluida de um sal—o cloreto de potássio, por exemplo—nota-se a formação de flocos que se depositam lentamente, ficando depois a água límpida.

Portanto, a acção dos saes como coagulantes da argila, é evidenciada desta maneira. Esta argila coloidal tem uma importância grande nos solos. Hoje faz-se o estudo detalhado não só da argila coloidal, ou melhor, dos colóides argilosos, como também dos diversos colóides do solo.

Os átomos de hidrogénio existentes na molécula da argila podem ser substituídos pelos átomos dos metais que fazem parte dos saes coagulantes. Assim, o sódio, cálcio e o magnésio podem ir substituir o hidrogénio, formando argilas cálcicas, argilas sódicas, etc.

Estas argilas dão flocos finos, como as de sódio, ou grandes, como as de cálcio. As primeiras são impermeáveis e as segundas tem já uma certa permeabilidade. Daqui, o facto de um solo, contendo argilas sódicas, não ser bom para a cultura, ao contrário de um solo com argilas cálcicas. O tratamento pelo cloreto de cálcio modifica as propriedades daquele, pois o cálcio vai substituir-se ao sódio.

Estes agentes coagulantes são, pois, fixados pela argila. Assim se explica o facto da argila do solo conter, em geral, quantidades importantes de ferro: o óxido de ferro coloidal existente no solo é absorvido pela argila.

Quanto à matéria húmica, a sua constituição não está estabelecida. Provém da matéria orgânica dos solos que, como se sabe, existe em proporções variáveis conforme a origem daqueles. Emquanto os solos minerais são pobres em matéria orgânica, os solos turfosos são muito ricos.

Esta matéria orgânica, inicialmente devida à flora e fauna microbianas do solo, é aumentada pelos resíduos das colheitas e pelas estrumações.

Quando se trata uma amostra de terra por um ácido para lhe tirar as bases, e depois se coagulam os colóides argilosos pelo cloreto de potássio, fica-nos um líquido mais ou menos escuro. Essa coloração é devida àquilo a que se chama *ácido húmico*. Não quer isto dizer que seja quimicamente um ácido, mas que tem propriedades ácidas. Desconhece-se, de resto, a constituição química do ácido húmico.

O estudo da matéria orgânica dos solos permitiu a Waksman, estabelecer-lhe a seguinte composição:

Solúvel na água	Vestígios
Hemiceluloses	5,4 a 8,6
Celuloses	3,5 » 5,2
Lenhinas	40,8 » 49,3
Proteínas	30,4 » 37,3

Os agentes químicos, e sobretudo os agentes microbianos, transformam esta matéria orgânica lentamente noutros produtos que constituem o húmus. Disse-se já que a constituição dêste não está definida; a parte que é solúvel nos alcalis chama-se o ácido húmico, a insolúvel é designada pelo nome de *humina*.

Apesar dos estudos que se tem feito sôbre esta matéria, ainda se está longe de a conhecer a fundo. Podem extrair-se do húmus muitos compostos de constituição conhecida.

Sendo o húmus proveniente da decomposição das matérias orgânicas, nas regiões onde a temperatura média é elevada, a decomposição é rápida e intensa. Nas regiões de temperatura mais baixa, já a actividade microbiana não é tão intensa e a matéria húmica aumenta. Nas regiões elevadas, de temperatura muito baixa e vegetação reduzida, há acumulação de matéria orgânica, sem grande quantidade de húmus.

Assim como existem os colóides argilosos, existem também, no solo, os colóides húmicos. Estes colóides húmicos—que no momento actual se estudam em diversos laboratórios—teem, no solo, uma importância também grande.

Podemos obter a matéria húmica do solo tratando-o por uma solução amoniacal. Obtém-se o que se chama, vulgarmente, o humato de amoníaco. Êste humato de amoníaco pode exercer sôbre a argila como que uma acção protectora; realmente, uma solução contendo argila coloidal em presença do humato de amónio, não coagula pela acção dos iões que normalmente a precipitam. Êste facto era traduzido por Schloesing, dizendo que o humato dissolvía a argila; hoje diz-se antes que *peptisa* a argila.

Se, porém, tratarmos o humato de amónio por uma solução de cloreto de cálcio insufficiente para a coagular, e a pusermos em contacto com uma pequena quantidade de argila, todo o líquido descora, isto é, a argila arrasta o húmus, formando-se um complexo argilo-húmico, que se deposita. E' a acção dêste complexo argilo-humífero que se devem attribuir os seguintes factos, citados em qualquer química agrícola: o dar corpo a terras ligeiras e corrigir as terras demasiado fortes. Além disso, êste complexo desempenha um papel químico de grande importância, mantendo no solo os saes necessários à alimentação vegetal. Por último é êste complexo que mantém a vida microbiana do solo.

As terras húmicas são, geralmente, terras ácidas; veremos a acção que certos elementos podem exercer sôbre esta acidez do solo, atenuando-a, e permitindo assim que a nitrificação—fenómeno de fundamental importância—se dê em melhores condições.

E' ainda aos colóides argilosos e húmicos que se deve o poder absorvente dos solos, isto é, o facto dos solos poderem reter um certo número de iões enquanto outros não são fixados. Êste poder absorvente tem, como se calcula, uma importância fundamental na questão das adubações.

Quanto ao solo sob o ponto de vista microbiológico, a frase de Berthelot dizendo que o solo era qualquer cousa de vivo, justifica-se hoje plenamente.

Não é para aqui o desenvolvimento dêste assunto a que estão ligados os nomes de várias notabilidades da ciência, e o nome imortal de Pasteur.

O conhecimento das transformações das matérias orgânicas, a fixação do azoto atmosférico pelo solo, não falando já na fixação feita pelas leguminosas, e a nitrificação, são a prova do papel importantíssimo dos microorganismos do solo vegetal.

Transcrevo, nesta ocasião, os elementos que foram fornecidos num curso de química agrícola, que são devidos principalmente à notabilíssima estação experimental de Rothamstead.

Microflora e microfauna do solo

		Por gr. de solo	Pêso por Ha		Azoto destes organismos	
			(Kg.) no estado vivo	sêco		
Bactérias	{ máximo	45.000.000	55	2,2	0,2	
	{ mínimo	22.500.000	27,5			
Protozoários	Ciliados	{ máx. 1.000	350	13,2	1,32	
		{ mín. 100				
	Amibas	{ máx. 280.000	190	7,7	0,7	
		{ mín. 150.000				
Flagelados	{ máx. 770.000	210	94			
	{ mín. 350.000					
Algas . . .		100.000	138	13,2	1,32	
Cogumelos	{ máximo	1.500.000	1900	0,66	6,6	
	{ mínimo	700.000	880			

Pêso médio dos organismos vivos
em Kg. por Hectare

Bactérias	40
Protozoários	350
Algas	150
Cogumelos	1.200
Organismos superiores	350

Total 2.220 Kg. Hectare

Estes números tem por fim mostrar a importância dos organismos vivos existentes no solo. Se alguns são nocivos às plantas, um grande número, pelo con-

trário, desempenha um papel importante na questão da alimentação vegetal, como teremos ocasião de ver.

Embora já muito se tenha trabalhado neste campo, estamos ainda longe de conhecer bem o papel desempenhado por esta população microbiana: as dificuldades que surgem nestes trabalhos, proveem do facto de não se poderem fazer, no laboratório, estudos que permitam transportar ao solo os resultados obtidos, devido à diferença das condições. Além disso, a maior parte dos organismos do solo existem num estado activo e num estado de repouso e sendo o seu papel possivelmente diferente, surge assim uma nova dificuldade.

Como, para nós, e dentro do que julgamos necessário que seja conhecido, não é necessário senão falar em alguns destes organismos, deixaremos apenas estas ligeiríssimas notas sobre o assunto.

II. O PODER ABSORVENTE DO SOLO

No capítulo anterior e a propósito dos colóides do solo referimo-nos ao poder absorvente deste, dizendo que êle tinha uma importância fundamental na questão das adubações.

A experiência mostra que se fizermos passar através dum pouco de terra soluções de diferentes compostos químicos, e se examinarmos depois o líquido filtrado pela terra, a sua composição pode, num certo número de casos, ser diversa. Se, por exemplo, fizermos passar através do solo o «chorume» das estrumeiras, o líquido que passa perde muito da sua composição inicial, o que se reconhece, quer pelo aspecto, quer pelo cheiro.

Isto indica-nos que a terra se apropria dum certo número de compostos e elementos, deixando, pelo contrário, passar outros. A isto se chama o poder absorvente do solo. E' devido a êste poder absorvente que os elementos de que as plantas necessitam podem ficar à sua disposição, sem que sejam arrastados pela água. Conclui-se daqui que todos os elementos úteis sejam igualmente retidos pelo solo? Não, e como vamos ver, se alguns são enèrgicamente retidos, outros, pelo contrário, atravessam o solo. Foi em 1850, que Way estudou êste assunto, constatando que o amoniaco era retido pelo solo e que a cal passava através dêle, e atribuindo unicamente a fenómenos químicos a sua explicação. Liebig, pelo contrário, explicava êste poder absorvente, pela propriedade que certos compostos, entre os quais os hidratos de ferro e alumínio, teem de reter certas substâncias dissolvidas. «Os conhecimentos modernos da química coloidal — diz o prof. Pratolongo — permitem considerar as duas concepções, durante muito tempo tidas como inconciliáveis, como coincidentes». Realmente, é o poder absorvente devido a um certo número de compostos químicos que tem a propriedade de absorver, como dissemos já, um certo número de iões. E' aos colóides argilosos e aos colóides húmicos, de que já falamos, que se deve essencialmente o poder absorvente dos solos. A absorpção efectua-se por trocas, sobretudo entre os iões de cálcio, mas também em certos casos entre os iões de hidrogénio e os iões absorvidos. Influem ainda neste poder absorvente a temperatura, a concentração das soluções, e o facto de, numa solução, existirem um ou mais iões fixáveis.

Sob o ponto de vista prático, interessa-nos conhecer quais os elementos, ou melhor, os iões, que a terra pode fixar e quais os que, pelo contrário, não são retidos.

Podemos, resumidamente, dizer que o solo retém a potassa, a soda e a amónia, os fosfatos solúveis e os humatos; quanto aos saes alcalinos dos ácidos minerais, são retidos desde que exista calcáreo, que, por dupla decomposição, origina os carbonatos alcalinos retidos pelos colóides do solo. Quanto aos saes minerais solúveis, que não se transformam em carbonatos, o solo não os fixa, concluindo-se, pois, que os nitratos não são retidos pelo poder absorvente do solo.

No seguimento dêste livrinho veremos as consequências que, do conhecimento dêstes factos, podem advir e que interessam ao agricultor.

No entanto deve desde já dizer-se que êste poder absorvente tem limites. Se quisermos, podemos dizer que um dado solo possui uma capacidade de fixação independente da natureza dos iões fixados. Sendo no solo, a parte activa na propriedade de reter, constituída pelos colóides argilosos e húmicos, estes colóides não podem fixar indefinidamente. A argila, por exemplo, fica saturada com 1,1 0/0 de cal e os colóides húmicos com 5 0/0 daquele corpo. Praticamente podemos considerar como limite do poder absorvente 2 a 3 gramas por cada 1.000 gramas de terra.

III. A TRANSFORMAÇÃO DOS ADUBOS AZOTADOS NO SOLO

O solo contém sempre uma quantidade maior ou menor de azoto. Quando uma terra é considerada pobre em azoto, contendo, por exemplo, 0,5 0/00 dêste elemento, um simples cálculo permite chegar-se à con-

clusão de que a totalidade de azoto que essa terra contém por hectare, e considerando uma profundidade de 0^m,20, por exemplo, é mais que suficiente para as exigências das plantas nesse elemento. No entanto, essa terra diz-se *pobre em azoto*, e realmente o emprego de adubos azotados influi benéficamente no desenvolvimento das plantas. Concluimos, pois, que o azoto existente no solo e o que o adubo empregado lhe foi fornecer, influem de modo diverso, isto é, são aproveitados de maneira diferente pelas plantas. Realmente, o azoto do solo existe sob a forma de azoto orgânico, ao passo que os adubos químicos que lhe fornecemos contém o azoto sob uma forma diferente, o azoto amoniacal ou nítrico, e as plantas, enquanto só numa pequeníssima quantidade fixam o azoto orgânico, assimilam, pelo contrário, muito facilmente o azoto nítrico.

Mas, dir-se-á, o azoto do solo é também em parte fixado pelas plantas, mesmo sem ser sob a forma de azoto orgânico, e, portanto, é porque este azoto orgânico se transforma em parte, também, em azoto assimilável. Assim sucede, de facto; e a esta transformação dá-se o nome de *nitrificação*.

Este fenómeno é, como dissemos, importantíssimo, e por isso merece que se lhe dediquem algumas linhas, mesmo em livros que, como estes, devem principalmente visar o lado prático dos assuntos que tratam.

A nitrificação é, pois, o fenómeno da transformação do azoto orgânico em azoto nítrico. Esta transformação não se dá bruscamente; pelo contrário, o azoto orgânico transforma-se primeiramente em azoto amoniacal, e este, por sua vez, em azoto nitroso, que por último se transforma em azoto nítrico.

E' este azoto nítrico que desempenha um papel

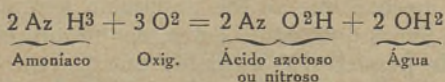
primacial na alimentação das plantas, embora estas também possam fixar directamente uma pequena quantidade de azoto amoniacal.

A nitrificação é essencialmente um fenómeno microbiano; deve-se, pois, esta transformação à actividade de microorganismos que, por sua vez, exigem um certo número de condições no meio em que se desenvolvem.

Na amonização, ou transformação da matéria orgânica em substâncias amoniacais, interveem diversos microorganismos, dos quais os principais são: o *b. tumescens*, o *b. proteus vulgaris*, o *b. subtilis* e o *b. mycoides*; dêstes, o segundo e o último parecem ser os mais activos.

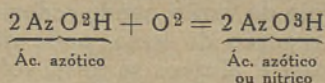
Transformada a matéria orgânica em compostos amoniacais, estes pela acção de outros microorganismos transformam-se em compostos nitrosos, e estes, por sua vez, em compostos nítricos. Estes microorganismos são aeróbios, isto é, precisam do oxigénio do ar para a sua actividade.

Na primeira fase da transformação do amoníaco, ou saes amoniacais, em compostos nitrosos, que pôdemos sintetizar na equação



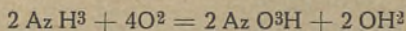
interveem os microorganismos designados geralmente por nitrosobactérias e que Winogradsky, que estudou êste fenómeno, designou pelos nomes de *nitrosomonas* — fermentos dotados de movimento, e *nitrosococcus* — fermentos imóveis.

Na segunda fase do fenómeno, que podemos igualmente sintetizar na equação



interveem as nitrobactérias, designadas por Winogradsky como *nitrobacter*.

A soma e simplificação das duas equações atrás citadas, permite, por sua vez, sintetizar o fenómeno:



Simplemente, o que esta última equação não indica é que o fenómeno da transformação do amoníaco em compostos nítricos, não se pode fazer sem a formação do ácido nitroso.

Vemos, depois do que fica dito, que é necessária para a nitrificação a presença do oxigénio, e, portanto, que as lavouras, arejando o solo, influem neste fenómeno. Mas, além do oxigénio, são também factores importantes a temperatura do meio, a reacção do solo, e o seu grau de humidade.

Quanto à temperatura, estabelecem as experiências que a 2° C., o fenómeno da nitrificação é reduzidissimo; aumentando a temperatura, a actividade dos microorganismos aumenta também, atingindo o seu máximo de intensidade a cerca de 26° C., segundo as experiências mais recentes; devemos dizer que esta temperatura é bastante diferente da indicada por Schloesing, que considerava 37° como a temperatura em que a nitrificação atingia o seu auge. A partir de 26°-27°, a actividade dos microorganismos diminui, até que se torna nula a cerca de 55° C.

Conclui-se, portanto, que nos nossos climas a intensidade máxima da nitrificação deve coincidir com a primavera e princípio do verão, sendo reduzida no inverno.

Quanto à reacção do meio, pode dizer-se que os fermentos nitrosos e nítricos se desenvolvem e actuam bem num meio neutro ou levemente alcalino. Segundo experiências modernas, é de preferência num meio levemente alcalino que a actividade dos organismos é mais intensa, sendo nula, pelo contrário, nos terrenos mesmo com acidez ligeira, e nos terrenos em que a alcalinidade atinge já um certo grau.

Como recentemente — e já nos aparece isso nas análises do solo feitas pelos nossos laboratórios oficiais — a reacção do solo é indicada pela notação de Sorensen, pode dizer-se que o meio óptimo para a nitrificação é aquele cujo $pH = 8,2 - 8,5$; em solos de reacção neutra, $pH = 7$, a nitrificação é reduzida, e é nula em solos levemente ácidos, $pH = 6$ a $6,5$ e em solos nitidamente alcalinos, $pH = 9$ a $9,5$ (1).

Por último, quanto ao grau de humidade do terreno, a nitrificação parece dar-se bem em solos contendo, em média, 15 % de água. Há, de resto, uma ligação entre o grau de humidade e a acção do oxigénio, pois em solos muito húmidos, a nitrificação é dificultada não só pela própria acção da água, como pela dificuldade de circulação do ar. Além disso, o excesso da água pode até provocar o fenómeno da desnitrificação, contrário, como se compreende, ao que estamos a tratar, devido ao facto dos microorganismos, que provocam o fenómeno, serem, ao contrário dos nitrificadores, anaeróbios.

(1) V. Pratolongo — *Man. Quím. Agrária*.

Resumido assim o fenómeno da nitrificação, vejamos a maneira como os compostos azotados que fornecemos ao terreno, como adubos, se transformam no solo.

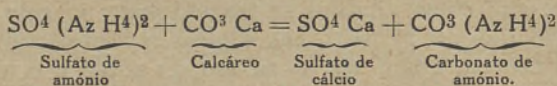
No que diz respeito aos adubos azotados contendo azoto nítrico, como são o nitrato de sódio e o nitrato de cálcio, a assimilação do seu azoto é feita directamente pelos vegetais, de modo que pode dizer-se que não sofrem transformações antes de serem aproveitados.

Pelo que ficou dito atrás, conclui-se que o seu emprêgo no solo não deve ser feito senão quando as plantas necessitam do azoto, pois que não sendo retidos pelo poder absorvente do solo, um emprêgo antecipado faria com que se perdesse a sua maior parte, arrastada pelas águas.

Sendo os nitratos muito solúveis na água, é também necessário que não se apliquem em períodos chuvosos, pois agravar-se-ia o perigo que citamos. O nitrato de sódio e o nitrato de cálcio são, portanto, adubos cuja acção se faz sentir rapidamente e daí a grande aceitação que tiveram, e que teem ainda.

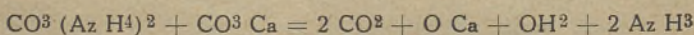
Para um adubo contendo azoto amoniacal — como é o sulfato de amónio — a transformação que êle sofre compreende-se, naturalmente, depois do que dissemos relativamente à nitrificação. Influindo os adubos no solo, depois da acção da água, dissolvendo-os, os iões de amónio são nitrificados da forma que as equações químicas atrás citadas o indicam. Mas deve desde já dizer-se que o sulfato de amónio não é retido pelo poder absorvente do solo. Como é que se compreende então que o sulfato de amónio seja tão largamente utilizado? Pela simples razão do calcáreo existente no solo o transformar em carbonato de amónio, que o solo retém, dando-se depois a nitrificação e conseqüente

aproveitamento do azoto pelos vegetais. Uma equação química traduz facilmente o fenómeno:



Compreende-se, pois, que nas terras que não contemham calcáreo, o sulfato de amónio não se deve empregar, pois além de se perder devido a não ser retido pelo solo, pode, mesmo, ter acção nociva sôbre as plantas.

Quando as terras forem muito ricas em calcáreo, o emprêgo do sulfato de amónio parece ser bem inconveniente, porque pode originar a perda do amoniaco. Transforma-se o sulfato de amónio em carbonato de amónio, mas o excesso de calcáreo origina a libertação do amoniaco:

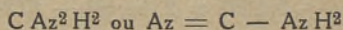


Vê-se, pois, que o sulfato de amónio é um adubo de acção mais lenta do que os nitratos, que pode ser empregado em terras contendo calcáreo, desde que não sejam muito ricas neste componente, dando, sobretudo, bons resultados nas terras fortes, caracterizadas por riqueza em argila e contendo calcáreo. Deve-se, contudo, dizer, que é contestada por alguns autores esta perda de amoniaco.

No volume desta colecção, que já citamos, e que diz respeito aos adubos químicos (1), trata-se também de um adubo, a cianamida, em que o azoto se encontra sob a forma de azoto amídico. O que, em química

(1) Ver *Cartilhas do Lavrador*, n.º 8—*Adubos químicos*.

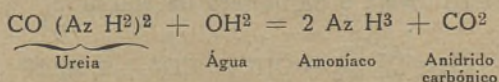
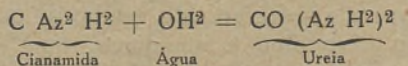
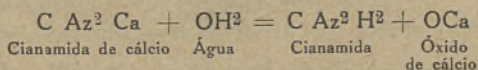
orgânica, caracteriza a função amida, é a existência do grupo $Az H^2$ unido a um radical ácido. Ora a cianamida de cálcio é derivada da cianamida, cuja fórmula é:



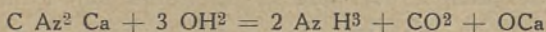
em que $Az \equiv C -$ é o radical do ácido ciânico; a cianamida de cálcio, ou cal azotada, é o composto resultante da cianamida pela substituição do hidrogênio pelo cálcio. Terá pois a fórmula $C Az^2 Ca$ ou $Az \equiv C - Az = Ca$.

Parece-nos necessário entrar nestes pormenores para justificar o facto de se considerar este adubo como contendo azoto amídico. Alguns autores há que o consideram como adubo orgânico, pelo facto da cianamida ser um composto estudado na química orgânica. Mas, em geral, o azoto orgânico na agricultura é caracterizado por uma nitrificação mais lenta. Outros, pelo contrário, consideram-no como adubo amoniacal; embora, como ficou dito, quimicamente deva ser considerado amídico, a classificação é defensável pelo motivo de ele se transformar no solo, rapidamente, num composto amoniacal.

A cianamida decompõe-se no solo em amoníaco e carbonato de cálcio devido à acção da água. Esta transformação traduz-se pelas equações seguintes:



Somando e simplificando estas três equações, chega-se à equação



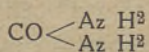
isto é, a transformação da cianamida é caracterizada pela formação de óxido de cálcio e do amoníaco.

Se a acção da água tem uma influência essencial, a acção dos microorganismos desempenha um papel muito notável nesta transformação, havendo alguns que teem uma acção muito rápida

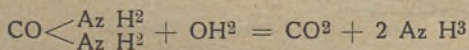
Na série de tranformações atrás citadas vê-se que um dos compostos que se forma é a cianamida. Esta parece polimerizar-se em parte, formando um composto, a dicianamida, que a princípio foi considerada como nociva à vegetação. Hoje, porém, julga-se que êsse composto tem uma acção absolutamente inofensiva sôbre as plantas.

A cianamida contém uma quantidade grande de cal, de modo que o seu emprêgo está, naturalmente, indicado para terras ácidas.

Um outro adubo contendo azoto amidico é a ureia. O nome químico que lhe corresponde é *carbodiámidia* e a fórmula



indica-nos a presença de dous grupos $Az H^2$. A transformação que ela sofre no solo, traduz-se pela formação de anidrido carbónico e amoníaco, que em presença do calcáreo forma o carbonato de amónio:



No que diz respeito aos adubos orgânicos — o sangue sêco, os detritos animais e vegetais, etc. — a sua transformação no solo é, pois, e simplesmente, a nitrificação.

Resumindo o que diz respeito à transformação dos adubos azotados no solo, podemos acentuar:

1.º Os adubos azotados contendo azoto nítrico, não sofrem transformação no solo, utilizando as plantas imediatamente o seu azoto;

2.º Os adubos contendo azoto amoniacal sofrem a transformação do amoníaco em compostos nítricos pela acção dos fermentos nitrificadores;

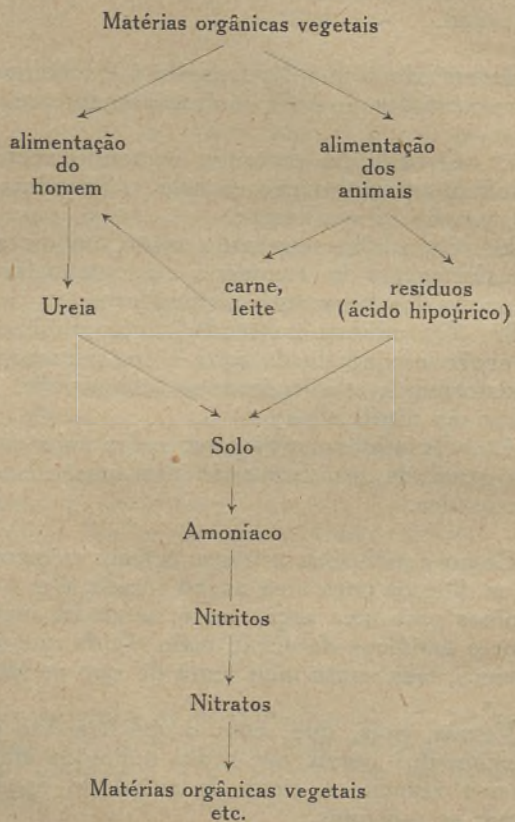
3.º Os adubos contendo azoto amídico sofrem, pela acção conjugada da água e dos microorganismos, a transformação em compostos amoniacais, que por sua vez são nitrificados;

4.º Os adubos orgânicos, estão sujeitos ao processo geral da transformação das substâncias orgânicas azotadas.

Como conclusões práticas temos: o emprêgo dos adubos nítricos para uma acção rápida, e o dos adubos orgânicos para uma acção lenta, sendo os adubos amoniacais e amídicos de acção mais rápida que os adubos orgânicos, mas muito mais lenta do que os nítricos.

Vemos, pois, que, com o que fica dito e com os conhecimentos gerais que todos temos da alimentação, podemos resumir o ciclo do azoto no esquema que a seguir se reproduz.

Ciclo do azoto



IV. A TRANSFORMAÇÃO DOS ADUBOS FOSFATADOS NO SOLO

Os adubos fosfatados teem uma acção importante no solo. A sua eficácia é, porém, variável, não só nos resultados culturais, como também no que diz respeito à acção mais ou menos rápida que elles exercem. São já diversos os que a agricultura emprega, e, como de resto succede com todos os adubos, não se devem empregar ao acaso.

Emquanto os fosfatos naturais teem uma acção lenta e se empregam em grandes quantidades, outros fosfatos, tendo sofrido tratamentos diversos, teem, pelo contrário, uma acção muito mais rápida.

As plantas fixam com facilidade o ácido fosfórico sob a forma de fosfatos solúveis na água. Ora, dos fosfatos de cálcio, apenas um, o fosfato monocálcico, $(\text{PO}^4)^3\text{H}^4\text{Ca}$, se dissolve na água em quantidade apreciável; os outros são insolúveis. Todavia o fosfato bicálcico é ainda assimilável, succedendo o mesmo ao fosfato tetracálcico.

Podemos, pois, estabelecer desde já o seguinte quadro:

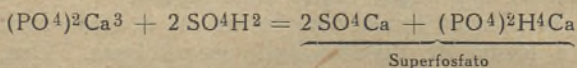
Fosfato monocálcico	$(\text{PO}^4)^3\text{H}^4\text{Ca}$	assimilável
» bicálcico	$(\text{PO}^4)^3\text{H}^2\text{Ca}^2$	assimilável (pouco)
» tricálcico	$(\text{PO}^4)^2\text{Ca}^3$	não assimilável
» tetracálcico	$\text{P}^3\text{O}^a\text{Ca}^4$	assimilável

Contudo, como atrás dissemos, empregam-se os fosfatos naturais, que conteem uma percentagem elevada de ácido fosfórico, mas sob a forma de fosfato

tricálcico, nas adubações. Explica-se êste facto pelo de, as raízes das plantas, poderem aproveitar, embora em percentagem muito pequena, estes fosfatos, devido talvez à acção dissolvente derivada dos ácidos que contem. A acção dêstes adubos é, porém, muito lenta, e as quantidades que se empregam são muito grandes, fazendo-se sentir a sua acção durante longos períodos.

Na prática prefere-se transformar estes fosfatos naturais em superfosfatos ou em fosfatos desagregados, ou pelo tratamento do ácido sulfúrico ou pelo tratamento a altas temperaturas dos fosfatos naturais com substâncias diversas.

Embora já no volume relativo a adubos químicos se tenha dito o essencial a êste respeito, podemos resumir a transformação dos fosfatos em superfosfatos na equação

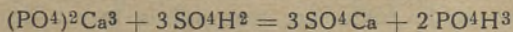


Êste superfosfato é conhecido vulgarmente pelo nome de superfosfato de cálcio.

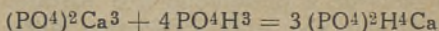
No entanto, na indústria emprega-se, por vezes, o ácido sulfúrico em maior quantidade, obtendo-se o ácido fosfórico, que por sua vez ataca o fosfato tricálcico, dando assim superfosfatos mais ricos em ácido fosfórico, e constituindo os chamados superfosfatos enriquecidos.

As equações seguintes fazem compreender facilmente o processo seguido.

Na primeira fase, obtem-se, como dissemos, o ácido fosfórico



Desta mistura de sulfato de cálcio e ácido fosfórico, extrai-se, por filtração, o ácido fosfórico, que vai reagir sobre o fosfato tricálcico:



O composto obtido é, portanto, muito mais rico em ácido fosfórico.

O emprêgo dos superfosfatos no solo, embora muito generalizado, está sujeito, como se sabe, a um certo número de condições, pois a prática indica-nos que em certos solos, como os solos de reacção ácida, é preferível o emprêgo das escórias. No entanto, as opiniões divergem também a êste respeito e, com os resultados de certas experiências, hesitamos ainda na conclusão a tirar, embora seja opinião quasi generalizada que o superfosfato não vai aumentar a acidez do solo.

A retrogradação do superfosfato não tem importância alguma, quer pela quantidade relativamente pequena de fosfato monocálcico transformado em bicálcico, quer pelo facto do fosfato bicálcico ser ainda assimilável pelas plantas.

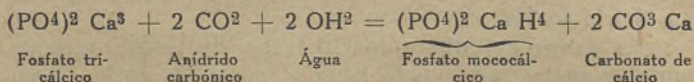
Quanto às escórias, contendo o fosfato tetracálcico, êste, embora insolúvel na água, dissolve-se em ácido cítrico diluido a 1 % e é esta solubilidade que, por convenção, lhe dá o seu valor agrícola.

Quais as transformações que os adubos fosfatados sofrem no solo? Para responder a esta pergunta recordemos o que no princípio dêste capítulo dizíamos, isto é, que as plantas assimilam com facilidade o fosfato monocálcico e ainda o fosfato bicálcico. Para o fosfato tricálcico a planta fixa-o directamente em quantidade pequeníssima, mas no solo pode êste trans-

formar-se em fosfato solúvel pela acção de certas substâncias.

Assim, a própria água contendo anidrido carbónico pode facilitar a dissolução dos fosfatos, embora, digamos mais uma vez, essa acção seja lenta.

A equação que representa essa acção pode ser:



Mas, dá-se também no solo a retrogradação e, por isso, a existência do anidrido carbónico é que regula a dissolução do fosfato insolúvel; compreende-se facilmente que se o anidrido carbónico falta, a acção de retrogradação dá-se, precipitando-se de novo o fosfato tricálcico.

Os humatos do solo exercem também uma acção dissolvente de certa importância sobre os fosfatos. A formação dos humofosfatos, compostos derivados da acção dos humatos do solo sobre os fosfatos tricálcicos, tem também uma importância grande na questão da fixação do ácido fosfórico.

Por último, a argila do solo, contendo em geral percentagem elevada de ferro, actua sobre o fosfato tricálcico, originando fosfatos de alumínio e ferro, retidos também pelo solo.

Resumindo o que se passa no solo com as adubações fosfatadas, citamos as conclusões indicadas pelo falecido professor Dumont, da Escola de Grignon, no seu livro sobre a técnica das adubações.

Consideremos em primeiro lugar os adubos fosfatados contendo fosfato tricálcico. Estes, no solo, e pela acção dos ácidos fracos, transformam-se, como o

aponta a equação atrás indicada, em fosfato monocálcico e carbonato de cálcio.

Quanto aos fosfatos de ferro e alumínio, provenientes da acção das argilas férricas sôbre o fosfato de cálcio, são insolúveis nos ácidos, mas dissolvem-se nos carbonatos e humatos alcalinos, formando-se os compostos fosfo-húmicos, que as plantas vão aproveitando pouco a pouco.

No que diz respeito aos fosfatos solúveis, como é o fosfato monocálcio, a acção do calcáreo, da argila e do húmus, resume-a Dumont, dizendo :

a) o fosfato monocálcico, em presença do calcáreo, transforma-se num fosfato de cálcio insolúvel;

b) o fosfato monocálcico, em presença das argilas férricas, transforma-se sobretudo em fosfato de sesquióxido de ferro e alumínio;

c) o fosfato monocálcico é absorvido pelas substâncias húmicas, formando compostos fosfo-húmicos.

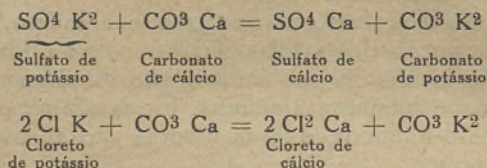
V. TRANSFORMAÇÃO DOS ADUBOS POTÁSSICOS NO SOLO

Os adubos potássicos, mais geralmente empregados entre nós, são o cloreto e o sulfato de potássio. Estes saes, que a indústria apresenta com uma percentagem elevada de potassa, podem empregar-se em doses iguais, pois que a sua riqueza é também sensivelmente a mesma.

No solo, os adubos potássicos transformam-se, pela acção do calcáreo, em carbonato de potássio, que,



como se sabe, é retido pelo poder absorvente do solo:



formando-se, respectivamente, além do carbonato de potássio, o sulfato de cálcio e o cloreto de cálcio. Se a acção do sulfato de cálcio e do cloreto de cálcio, no solo, fôsse idêntica, e desde que o solo contivesse calcáreo, seria indiferente o emprêgo de um ou outro dos adubos. Mas o cloreto de cálcio pode exercer uma acção nociva sôbre os vegetais, enquanto o sulfato de cálcio é utilizado como correctivo e como adubo; daí o ter que se tomar em atenção a constituição do solo para estas adubações. Se o solo fôr permeável e assente sôbre um subsolo permeável também, o emprêgo do cloreto de potássio pode fazer-se sem receio; mas num solo permeável assente sôbre subsolo impermeável, o emprêgo seguido do cloreto de potássio pode originar uma acumulação de cloreto de cálcio e, portanto, influir nocivamente, pela sua acção cáustica, sôbre os vegetais.

A acção das adubações potássicas depende, pois, da existência do calcáreo no solo. Pode realmente um terreno ser muito rico em potassa total e, no entanto, esta não exercer a sua acção por falta de calcáreo. E' vulgar encontrarem-se solos doseando quantidades elevadas de potassa total e, no entanto, a percentagem de potassa assimilável — ou melhor, *presumida* assimilável — ser pequena. Para estes solos, a acção do cal-

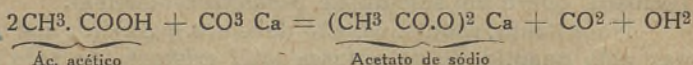
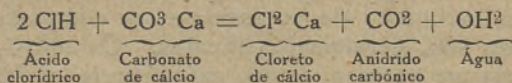
cáreo é muitas vezes útil, não só como correctivo como também como agente dissolvente da potassa, transformando os compostos potássicos existentes no solo em carbonato de potássio; estes compostos pre-existentes são, geralmente, silicatos. Os solos graníticos, ricos em potassa, devem esta riqueza ao feldspato (ortose), que é um silicato de potássio e alumínio.

No entanto, repetimos, não devemos guiar-nos apenas pela quantidade de potassa total existente no solo, mas verificar também a potassa assimilável que esse mesmo solo contém. Considera-se potassa assimilável aquela que se dissolve em ácido azótico diluído, seguindo o método de análise de Schloesing de Sigmond.

VI. ACÇÃO DA CAL NO SOLO ARÁVEL

Já em capítulos anteriores se falou, por mais de uma vez, na acção desempenhada pela cal, quer em presença dos adubos fosfatados, quer em presença dos adubos potássicos. Se, propriamente, a cal, isto é, o óxido de cálcio, tem uma acção conhecida na vegetação, é a sua combinação com o anidrido carbónico em presença de água que tem grande importância na correcção dos terrenos. A esta combinação, de fórmula $\text{CO}^3 \text{Ca}$, chama-se carbonato de cálcio ou calcáreo. Existe, por vezes, em percentagens muito elevadas no solo arável e conhece-se a sua presença duma maneira extremamente simples: basta tratar uma pequena quantidade de terra pelo ácido clorídrico diluído, ou até pelo vinagre forte, para, no caso de existir no solo a estudar, se notar logo uma efervescência produzida

pela libertação do anidrido carbónico CO^2 . A acção desses ácidos traduz-se pelas equações seguintes:



O ácido clorídrico é até o ácido que mais vulgarmente se emprega para a determinação da quantidade de calcáreo no terreno, sabendo-se que 1 gr. de carbonato de cálcio, liberta, à pressão e temperatura normais, 224 C. de anidrido carbónico. Há, como dissemos, um certo número de solos aráveis, caracterizados pela abundância de calcáreo, que contem, ao passo que noutros, como são os solos graníticos, esse composto quási não existe. E, todavia, a cal como adubo quási se não aplica; o que sucede, porém, é que os adubos fosfatados vulgarmente empregados contem a cal, que as plantas vão utilizar como alimento, também. O gêsso, por exemplo, ou sulfato de cálcio, tem uma acção nítida sobre as leguminosas e, nesse caso, a cal pode considerar-se como um verdadeiro adubo.

Mas o papel mais importante da cal no solo, traduz-se, ou por actuar sobre outros adubos facilitando a sua decomposição, como sucede com o estrume de curral, ou sobre a sua assimilação, como sucede com os adubos potássicos, ou então por modificar as propriedades do solo, como suporte das plantas, papel este de primacial importância.

Emprega-se a cal, no solo, sob diversas formas: a cal viva, ou óxido de cálcio, de fórmula OCa , a cal

apagada ou hidrato de cálcio, de fórmula $(OH)^2 Ca$ e as margas e calcáreos, cuja riqueza em carbonato de cálcio varia muito. Quando se emprega a cal viva, as águas meteóricas, ou água do solo, encarregam-se de a hidratar, e depois efectua-se a transformação em carbonato de cálcio, pela acção do anidrido carbónico.

Não se devem fazer calagens exageradas, sem atender a mais nenhum factor, pois deve ter-se em linha de conta o facto de que «a cal enriquece os pais, mas empobrece os filhos». Tem, realmente, justificação este ditame, atendendo a que o carbonato de cálcio ataca a matéria orgânica e facilita, portanto, a nitrificação do azoto orgânico; o azoto nítrico formado é aproveitado em parte e, no princípio, pelas plantas, que reagem nitidamente a este alimento; mas perde-se também, devido à acção da água, ressentindo-se, depois, as culturas da falta do azoto. E' claro que desde que se tenha o cuidado de restituir este azoto perdido, já não é de recear que tal suceda.

Mas, como dissemos há pouco, a acção mais importante da cal após a sua transformação em carbonato de cálcio é a que diz respeito à modificação das propriedades do solo, em especial modificando-lhe a sua reacção.

Os solos agrícolas podem apresentar reacção *neutra*, *alcalina* e *ácida*. Estas reacções são hoje traduzidas pelas notações pH (potencial hidrogeniónico) 7, pH de 7 a 14, e pH de 0 a 7. Ora a nitrificação dá-se bem quando, dissemos-lo já, a reacção do solo é levemente alcalina, isto é, o seu pH é pouco superior a 7. As terras ácidas nitrificam mal, o mesmo sucedendo às terras nitidamente alcalinas.

A acção do calcáreo sôbre as terras ácidas traduz-se pela modificação do seu pH.

Vejamos, primeiro, como é que, praticamente, se pode conhecer a reacção do solo; referir-me-ei a um processo que, embora não nos dê resultados muito rigorosos, nos serve para êste caso. Se tomarmos uma pequena porção de terra (cêrca de 5 gr., v. g.) e num tubo de ensaio deitarmos, sôbre ela, cêrca de 15 ou 20 C. de uma solução de sulfocianeto de potássio ⁽¹⁾ e agitarmos, deixando depois em repouso, o líquido que sobrenada pode ser incolor ou apresentar-se de um vermelho mais ou menos intenso. No primeiro caso podemos praticamente considerar a terra como alcalina; no segundo caso a terra é ácida, sendo pouco ácida quando aparecer a côr de rosa clara, e nitidamente ácida quando a côr obtida fôr a côr de cravo. Vê-se, pois, que êste processo não nos dá a indicação de neutralidade do solo, visto que apenas podemos saber se a terra é ou não ácida; e mesmo neste caso devemos dizer que o reagente não nos indica as terras em princípios de acidificação, o que é também inconveniente. Segundo as indicações de um autor, as côres que se podem obter, *côr de rosa muito clara*, *côr de rosa mais intensa*, *côr de rosa rubra* e *côr de cravo*, indicam a necessidade de, respectivamente, 500 kg., 1.000 kg., 2.000 kg. e 3.000 kg. de cal por Ha. Estas indicações são, no entanto, muito grosseiras, pois como diz muito a propósito o Sr. professor Rebelo da Silva, «com a mesma acidez expressa em pH, as terras, segundo

(1) A solução prepara-se dissolvendo 10 gr. de sulfocianeto de potássio em 100 C. de alcool a 94°, ou melhor, dissolvendo 1 gr. de sulfocianeto de potássio numa mistura de 90 partes de éter e 10 de acetona.

arenosas ou calcáreas, precisarão de mais ou menos cal para serem corrigidas» (1).

E' preferível, pois, empregar outros processos para chegar a determinar, embora não com absoluto rigor, a quantidade de cal a empregar. Entre êsses processos, que exigem, como se compreende, o conhecimento da técnica de análises, devemos citar o de Hutchinson, que, em resumo, é o seguinte: põe-se em contacto uma quantidade determinada da terra a estudar com um volume conhecido de uma solução titulada de bicarbonato de cálcio. Agita-se a mistura durante algum tempo; filtra-se, e determina-se depois o título da solução por meio do ácido sulfúrico. A diferença entre o título inicial em carbonato de cálcio e o título final, indica a quantidade de carbonato fixado pela terra; uma simples regra de três, permite determinar a quantidade absorvida, *por hectare de solo*. Deve, porém, notar-se, que a quantidade assim obtida é uma quantidade teórica, pois que na prática, se fornecermos ao solo a quantidade calculada por êste método, não obtemos a neutralização do solo. E' preciso empregar duas ou três vezes a quantidade teórica, e atender, ainda, à qualidade do terreno. Na Dinamarca chegou-se à conclusão que seria preciso multiplicar a quantidade teórica por 2,5. Na França, os estudos feitos, em especial por Brioux, ainda não estabeleceram nitidamente qual o coeficiente a utilizar.

Êste processo, citado por Hutchinson e Mac Lean, deve ser aplicado, como se compreende, em laboratórios e seria muito interessante o seu estudo no nosso País.

De entre outros numerosos processos para a deter-

(1) «A reacção dos terrenos agrícolas, conforme a teoria moderna dos iontes, e a sua importância». — Lisboa, 1931.

minação da necessidade de cal nos solos aráveis, parece-me útil citar ainda o que se baseia no deslocamento do equilíbrio, e é empregado em solos cuja reacção é pouco ácida. Êste processo cifra-se no seguinte: em dous tubos de ensaio deitam-se umas gramas de terra com água destilada; agita-se bem e deitam-se, num deles, três gotas de uma solução saturada de cloreto de potássio e em ambos emprega-se como indicador o vermelho de fenol. Se o solo tiver necessidade de cal, esta necessidade traduz-se no tubo contendo o cloreto de potássio por um deslocamento de pH para a acidez, isto é, a côr passa a amarelo. Consegue-se, com êste processo, verificar se não há necessidade de cal, ou se essa necessidade é moderada ou forte.

O assunto de que tratamos neste capítulo tem uma grande importância para os solos. Mas, não podemos ainda indicar métodos que, com rigor, e ao mesmo tempo de fácil execução, permitem determinar a quantidade de cal necessária ao solo. Se todos os solos com reacção ácida, isto é, com o pH inferior a 7, tem necessidade de cal e esta necessidade para solos da mesma natureza é sensivelmente proporcional ao seu pH, o que se deve notar é que se dous solos de natureza diferente tiverem o mesmo pH, a necessidade, em quantidade de cal, não é em geral a mesma; assim, os solos que indicam maior percentagem de húmus, tem necessidade de calagens mais intensas.

Seria necessário fazer-se, também entre nós, o estudo dos diversos solos, a classificação dêstes, e depois a determinação da quantidade aproximada de cal de que necessitavam, baseada no estudo directo de um dêsses solos-tipos.

VII. A REACÇÃO DO SOLO

No que atrás ficou escrito, falamos muitas vezes no pH do terreno. Parece-nos, pois, necessário que neste mesmo livrinho se diga o que é que se entende por pH. Já em alguns livros portugueses se encontra explicada, e por quem tem para isso a maior competência, a moderna teoria do pH; no entanto entendemos dever também referir alguma coisa sôbre o assunto.

Na actualidade consideram-se as soluções dos ácidos, bases e saes electrolizáveis como tendo, desde que em contacto com a água, os seus iões separados, limitando-se a acção da corrente eléctrica em dirigir os mesmos iões para os seus respectivos polos. Esta dissociação em iões é tanto mais completa, quanto mais diluidas forem as soluções.

Se considerarmos, por exemplo, uma solução diluída de sulfato de cobre, os iões que nessa solução existem são SO_4^{2-} (ião negativo ou *anião*) e Cu (ião positivo ou *catião*). Não sendo a dissociação completa, sabe-se que há uma relação constante entre os iões e o composto não dissociado. Designando, de uma maneira geral, por AC um composto e por A e C os iões que o constituem, a relação é:

$$\frac{[A] \times [C]}{[AC]} = k \text{ (constante)}$$

em que [A], [C] e [AC] indicam as concentrações de A, C e AC.

No caso da água, teremos:

$$\frac{[H] \times [OH]}{[OH^2]} = k.$$

Sendo, porém, a água um corpo neutro e extremamente pouco dissociado, podemos escrever, dado o pequeníssimo valor de $[H] \times [OH]$

$$[H] \times [OH] = k$$

O valor de k , determinado para a água, é, à temperatura de 16°C. , $10^{-14,2}$; a 20°C. , $10^{-14,07}$ e à volta de 22°C. , 10^{-14} (isto é, uma fracção com o numerador 1 e o denominador a unidade seguida de 14 zeros).

Ora, como na água pura o número de iões H é igual ao número de iões OH podemos escrever

$$[H] = \sqrt{K} = \sqrt{10^{-14}} = 10^{-7}$$

como

$$[OH] = \sqrt{K} = \sqrt{10^{-14}} = 10^{-7}$$

Em 1909, um químico dinamarquês, Sørensen, propôs que se exprimisse a concentração $[H]$ pelo logaritmo do inverso, e que se exprimisse esse número pela notação pH (potencial hidrogeniónico) ⁽¹⁾. Teríamos, pois,

$$\text{pH} = \log \frac{1}{[H]}$$

e para a água

$$\text{pH} = \log \frac{1}{[H]} = \log \frac{1}{10^{-7}} = \log 10^7 = 7$$

(1) Escreve-se também PH.

Por outro lado como $[H]$ e $[OH]$, na água, tem o mesmo valor, podemos escrever

$$pH + pOH = 14$$

donde

$$pH = 14 - pOH \text{ e } pOH = 14 - pH$$

Quere dizer que podemos exprimir, quer a acidez quer a alcalinidade, pela notação pH. O valor $pH = 7$ representa, pois, a neutralidade; os valores pH de 7 até 0 a acidez e de 7 até 14 a alcalinidade, visto que pH igual a 5, por exemplo, indica uma concentração de iões H de 10^{-5} , isto é, $\frac{1}{100.000}$, enquanto pH igual a 9, o mesmo é que $[H]$ igual a 10^{-9} , isto é, $\frac{1}{1.000.000.000}$, o que mostra que no primeiro caso a concentração em H é muito superior.

Passando agora a ver o que se passa na prática, vejamos o que se chama uma solução normal dum ácido: a solução normal é aquela que em 1.000^{cc} . contém 1 ião grama de hidrogénio: a solução normal de ácido clorídrico ClH , conterà, pois, em 1 litro, 36,5 gr. de ácido, enquanto a solução normal de ácido sulfúrico $SO^4 H^2$ conterà 49 gr. por litro (visto que a molécula grama contém 2 gr. de hidrogénio).

Se todo o ácido clorídrico estivesse dissociado, a concentração $[H]$ da solução seria 10^0 , visto que 10^0 é igual a 1 e o pH desta solução seria 0. Se fôsse uma solução decinormal, a concentração $[H]$ seria 10^{-1} ou $\frac{1}{10}$ e, portanto, $pH = 1$ e assim sucessivamente até $pH = 7$.

Numa solução normal de soda cáustica (que é aquela que contém um ião oxídrico gr. por litro) a concentração seria OH igual 10^{-14} ou $\text{pH} = 14$; numa decinormal seria $\text{OH} = 10^{-13}$ ou $\text{pH} = 13$ e assim sucessivamente até $\text{pH} = 7$ que, como já se disse, representa a neutralidade.

Os ácidos não se dissociam, porém, por completo, mesmo nas soluções decinormais. Assim, a prática mostra que numa solução decinormal de ácido clorídrico, apenas 84 % do ácido se dissocia; e assim, em vez de 0,1 iões gramas de H, haverá 0,084 iões grama.

Logo, teremos

$$[\text{H}] = 0,084$$

e, aplicando a notação de Sörensen,

$$\frac{1}{[\text{H}]} = \frac{1}{0,084} = \frac{1}{\frac{8,4}{100}} = \frac{1}{8,4 \times 10^{-2}} = \frac{10^2}{8,4}$$

e

$$\log \frac{1}{[\text{H}]} = \log \frac{10^2}{8,4} = \log 10^2 - \log 8,4 = 2 - 0,92428 = 1,075$$

Para ácido acético $\text{C}^2\text{H}^4\text{O}^2$, na sua solução decinormal, apenas se dissocia 0,00136 iões gr. de H em vez de 0,1.

O pH desta solução seria

$$\begin{aligned} \text{pH} &= \log \frac{1}{[\text{H}]} = \log \frac{1}{0,00136} = \log \frac{1}{1,36 \times 10^{-3}} \\ &= \log \frac{10^3}{1,36} = 3 - 0,13354 = 2,86646 \end{aligned}$$

No ácido carbónico em solução decinormal, apenas se dissociam 0,12 % dos iões hidrogéneos. O pH desta solução decinormal será, pois,

$$\text{pH} = \log \frac{1}{[\text{H}]} = \log \frac{1}{0,00012} = \log \frac{10^4}{1,2} = 4 - 0,07918 = 3,921$$

Para as bases, como a potassa, a soda, a cal, etc., o raciocínio a seguir seria semelhante.

Assim, numa solução decinormal de soda cáustica, a dissociação não é total, mas apenas de 86 %; o mesmo sucede com a potassa cáustica; mas já com a amónia essa dissociação se dá em muito menor escala, pois que corresponde apenas a 1,5 % dos iões oxídri-los. Determinando, pois, pH destas soluções, iríamos encontrar em vez do valor 14, valores diferentes para a soda e potassa e muito diferentes para a amónia. Esta percentagem, ou grau de dissociação, diz respeito, como se viu, a soluções decinormais, pois que se a solução fôr mais concentrada, o grau de dissociação é menor.

Os ácidos, que se dissociam muito, são chamados ácidos fortes, assim como às bases que sofrem grande dissociação se chamam bases fortes. Interessa-nos conhecer quais os ácidos e bases mais conhecidas e como se classificam quanto à sua dissociação.

Como ácidos fortes, consideram-se o clorídrico, o azótico, o sulfúrico, o clórico, perclórico, etc. Como médios, o oxálico, o fosfórico, o acético, etc. Como fracos, o carbónico, o sulfídrico e o cianídrico.

Como bases fortes temos a potassa, a soda, o hidrato de cálcio e o de bário; bases médias, o hidrato de amónio e bases fracas o hidrato de alumínio.

Para a determinação do pH das soluções, pode

usar-se o método electrométrico e o método colorimétrico. O primeiro, de resultados muito rigorosos, não pode ser utilizado senão em laboratórios, devido à sua delicadeza e à necessidade de aparelhos caros. O segundo, embora os seus resultados não sejam tão rigorosos, já pode ser empregado com maior facilidade.

Para a aplicação destes métodos colorimétricos usam-se os indicadores, que tomam cores diferentes entre os diversos valores do pH.

O comércio da especialidade vende, actualmente, diversos indicadores, que podem ser utilizados devido à simplicidade das operações que exigem. A casa Merck, da Alemanha, a casa Poulenc, de França, e diversas casas inglesas e norte-americanas teem já diversos desses produtos. Mais recentemente foi indicado por um químico holandês, Van Urk, um indicador que nos parece digno de menção por permitir a determinação de pH em larga escala.

A referência que atrás fizemos aos ácidos, classificando-os em ácidos fortes e ácidos fracos, pode também aplicar-se às bases. As bases fortes são aquelas que se dissociam fortemente nos seus iões. Assim, para a soda, os iões são $(OH)^-$ e Na^+ .

O conhecimento deste facto permite explicar a reacção de certos compostos de emprêgo vulgar na agricultura. O sulfato de cálcio ou gêsso, resulta da acção do ácido sulfúrico sobre a cal. O ácido sulfúrico é um ácido forte, como a cal é uma base forte. Dissociando-se ambos enèrgicamente, é de prever que a sua reacção seja neutra, o que realmente sucede. O carbonato de cálcio, constituído por ácido carbónico e cal, dá reacção nitidamente alcalina, porque o ácido é um ácido fraco, enquanto a cal é uma base forte.

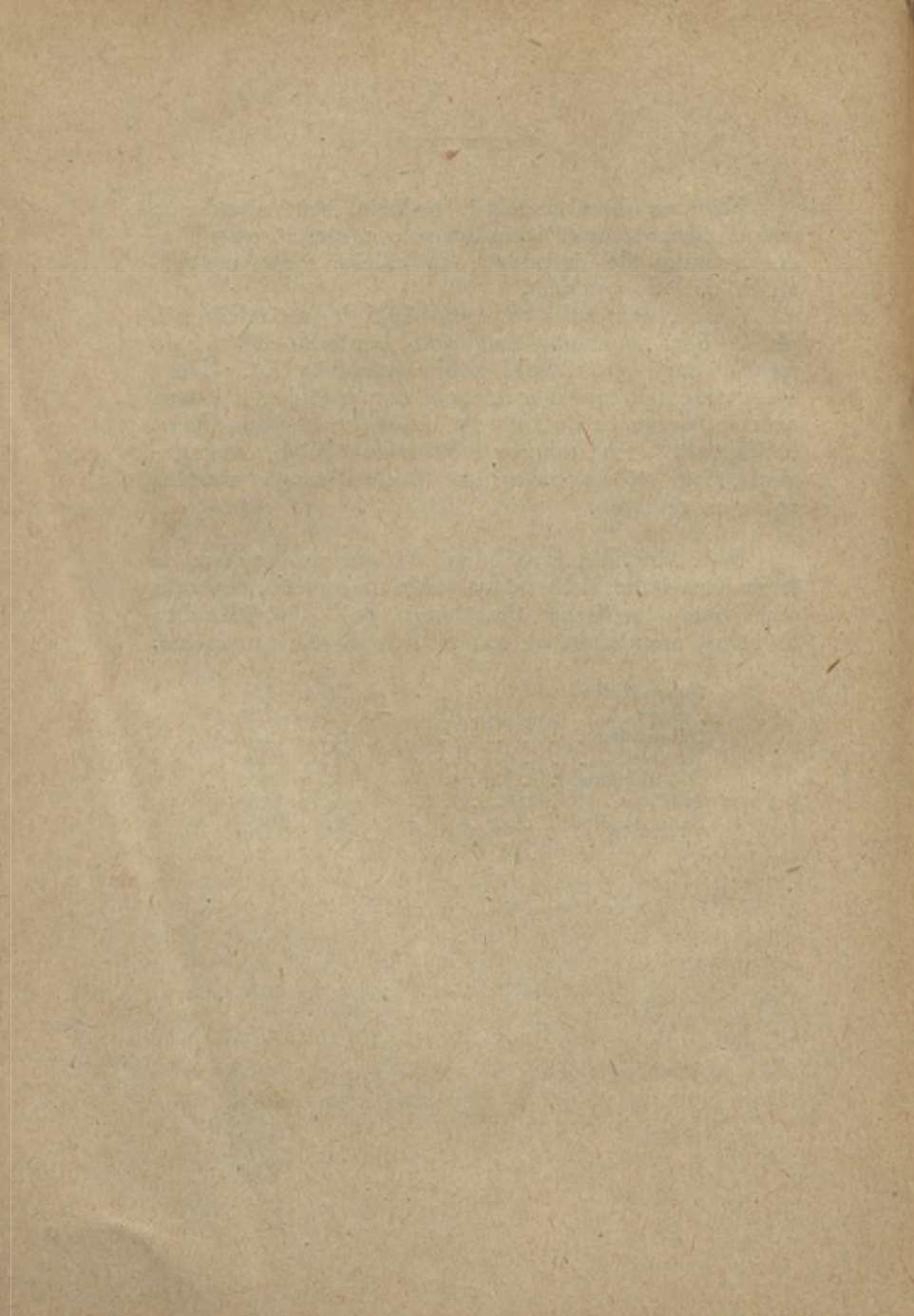
Não se deve concluir, todavia, sem atender a outras circunstâncias, que um solo contendo quantidades grandes de carbonato de cálcio, tenha um pH muito elevado também.

Assim, num solo contendo 10,5 % de calcáreo o pH é 6,9, enquanto num solo contendo 58 % do mesmo composto o pH subiu apenas a 7,1. Deve atender-se também à existência dos colóides e à mais ou menos riqueza do solo em bases permutáveis (*bases échangeables*, em francês, e *bases de cambio*, em espanhol), isto é, às bases que podem reagir com os colóides do solo.

Para terminar, e atendendo a que nas análises de terras vem sempre citada a reacção do terreno, devemos dizer que o professor Pratolongo, de Milão, classifica os solos, atendendo ao seu pH, da seguinte maneira:

Super-ácidos	pH de 3,5 a 4,5
Ácidos	4,5 a 5,5
Sub-ácidos	5,5 a 6,5
Neutros	6,5 a 7,5
Sub-alcalinos	7,5 a 8,5
Alcalinos	8,5 a 9,5
Super-alcalinos	9,5 a 10,5





ÍNDICE

	Pág.
I. O solo como meio químico e meio biológico	7
II. O poder absorvente do solo	14
III. A transformação dos adubos azotados no solo	16
IV. A transformação dos adubos fosfatados no solo	27
V. Transformação dos adubos potássicos no solo	31
VI. Acção da cal no solo arável	33
VII. A reacção do solo	39



RÓ
MU
LO

CENTRO CIÊNCIA VIVA
UNIVERSIDADE COIMBRA



1329709524

VOLUMES A PUBLICAR:

(O modo como os volumes vão seriados não indica que seja a ordem de publicação)

Os volumes marcados com o sinal * já se encontram publicados.

- * *Estrumes*—Seu valor e emprêgo.
- * *Adubos Químicos*.
- * *Os adubos*—Razões do seu emprêgo.
- * *Os adubos*—Condições da sua eficácia.
- * *Os adubos azotados*.
- * *Os adubos fosfatados*.
- * *Os adubos potássicos*.
- Os adubos compostos e especiais*
- * *A cal e a fertilidade das terras*.
- * *Os correctivos calcáreos*.
- * *Transformação dos adubos químicos no solo*.

Adubos verdes.

Como se melhoram as terras pelo emprêgo dos correctivos e estrumes.

Adubação do trigo, milho, centeio, cevada e aveia.

Prados permanentes. Prados temporários.

* *As melhores forragens*—Serradela.

* *As melhores forragens*—Ervilhacas.

Sementes—Sua escolha e preparação.

Calendário do lavrador.

Raízes forraginosas.

Cultura da batata.

Cultura do arroz.

* *Cultura do milho*.

* *As máquinas na cultura do milho*.

* *Inimigos do milho*.

Cultura do trigo.

Cultura do centeio.

Cultura da cevada e aveia.

A análise do terreno pela planta.

Esgoto dos terrenos pantanosos.

* *Afolhamentos e Rotação das Culturas*.

Classificação dos terrenos.

Colheita dos cereais.

Colheita das forragens—Fenação.

Doenças das galinhas—Como se distinguem e como se curam.

Doenças dos porcos—Como se distinguem e como se curam.

Doenças do gado bovino—Como se distinguem e como se curam.

Doenças do gado ovino e caprino—Como se distinguem e como se curam.

Doenças do cavalo—Como se distinguem e como se curam.

Cultura do linho.

Alimentação do gado vacum—Vacas leiteiras, Bois de trabalho e Bois de engorda.

* *Criação económica do porco na pequena propriedade*.

* *O A B C da Avicultura*.

As Galinhas Grandes Poedeiras: A Leghorn, a Wyandote e a Rhode Island Red.

Alimentação racional das galinhas.

Como se faz a selecção de galinhas.

Incubação artificial.

Chocadeiras e criadeiras.

Patos—Produção de carne e ovos.

Criação do ganso.

Criação do peru.

Farmácia do criador de gado.

* *Guia do comprador de gados*.

Alguns parasitas dos animais domésticos.

Gado lanigero.

A cabra.

Como se tratam os animais domésticos—

Penso—Pequenas operações.

* *Como se compra um cavalo*.

Gestação e parto na vaca.

Alimentação dos coelhos.

Higiene e doenças dos coelhos.

O A B C da cultura da oliveira.

Como se rejuvenesce uma oliveira.

Poda e adubação da oliveira.

Colheita da azeitona.

Como se fabrica o azeite.

Poda das árvores ornamentais.

* *As melhores pereiras*—Castas comerciais estrangeiras.

Reprodução das árvores de fruto: Sementeiras, transplantações, plantações de estaca e mergulhia.

Reprodução e multiplicação das árvores de fruto—Enxertia.

Enxertia da Videira.

Poda da Videira.
As culturas intercalares na vinha.
Vides americanas.
O mildio e o oídio.
Doenças da Vinha.
Insectos que atacam a vinha — Como se combatem.
** Destruição dos insectos prejudiciais.*
** Os Auxiliares — Meios biológicos de luta contra os insectos.*
Viveiros.
A pereira.
A macieira.
A laranjeira e limoeiro.
A amendoeira.
A figueira.
Produção da uva de mesa.
Preceitos gerais para a cultura das árvores de fruto: Solo, Exposição e Clima.
Doenças das Pereiras e Macieiras.
Doenças dos Pessegueiros, Damasqueiros e Ameixieiras.
** Doenças das plantas e meios de as combater.*
Insectos nocivos às fruteiras — Como se combatem.
Colheita e conservação da fruta.
Secagem da fruta.
Secagem das uvas e dos figos.
Embalagem de frutos.
Preparação dos terrenos para horta.
Adubação das plantas hortenses.
Culturas forçadas.
Couves.
Cenouras, betarrabas hortenses e rabanetes.
Couve-flor.
Cultura da cebola.
** Cultura do espargo.*
O morangueiro.
Cultura do meloeiro.
Plantas melíferas.
Plantas medicinais.

O castanheiro.
A nogueira.
Os carvalhos.
Eucaliptos.
O desbaste e o corte das árvores florestais.
Vinificação racional.
Vinificações anormais.
A conservação racional do vinho.
A adega e as vasilhas para vinho.
Lagares, esmagadores e prensas para vinho.
Análise dos mostos e dos vinhos.
Correcção dos mostos e dos vinhos.
Doenças e alterações dos vinhos.
Como se engarrafam vinhos.
Aguardentes.
Resíduos da vinificação.
** Como se fabrica o queijo.*
Como se fabrica a manteiga.
Calendário do apicultor.
O mel.
A cera.
Colmeias móveis.
A amoreira e o bicho da seda.
O A B C da sericultura.
Estâbulos
Cavalariças.
Pocilgas.
Ovis.
Galinheiros.
Canis.
Abegoarias.
Silos.
** Estrumeiras.*
Poços.
Bombas para poços.
Os motores na lavoura.
Charruas e grades.
Semeadores e sachadores.
Debulhadoras, descaroladores, tararas e crivos.
Pequenas máquinas agrícolas.
Agrimensura.
Nivelamentos.

E outros.

Ver condições de assinatura das **Cartilhas**
do Lavrador na segunda página da capa

Preço deste volume
vendido avulso 4\$00

ESCRITÓRIOS:
Avenida dos Allados, 66-1.º
Telefone 2534—PORTO