

Recebido em 2 de Janeiro de 1965

## Aspectos da correcção da acidez dos Solos (\*)

por

JOAQUIM QUELHAS DOS SANTOS

Assistente do Instituto Superior de Agronomia

### INTRODUÇÃO

A necessidade de satisfazer as exigências alimentares duma população crescente em ritmo veloz, impõe à Agricultura a árdua tarefa de fornecer mais e melhores produtos e simultâneamente manter, ou mesmo se possível aumentar, os níveis de produção.

Para que tal objectivo se possa atingir é indispensável utilizar técnicas agrícolas que conduzam a um integral aproveitamento das actuais capacidades produtivas dos solos sem que haja diminuição do seu mais valioso património — a fertilidade.

De entre as diversas técnicas culturais desempenham uma função de primordial interesse as que se referem à fertilização dos solos. De facto, uma vez que é no solo que as plantas vão adquirir a grande maioria dos elementos nutritivos de que necessitam, as melhores produções só poderão obter-se desde que aquele lhes permita a mais conveniente alimentação.

Não basta, porém, que o solo contenha os elementos nutritivos

---

\* O presente trabalho foi efectuado nos Laboratórios de Química Agrícola e de Pedologia e Conservação do Solo do Instituto Superior de Agronomia, e integra-se num programa de estudos referentes à correcção de acidez dos solos, que iniciamos em 1956.

necessários; é indispensável que estes se apresentem sob formas químicas que permitam a sua utilização pela planta em maiores ou menores quantidades. Quer dizer, haverá que manter no mais conveniente nível o equilíbrio dinâmico que se estabelece entre o que o solo tem para fornecer à planta e o que esta precisa para melhor desempenho das suas funções vitais.

No estabelecimento deste equilíbrio intervirão, necessariamente, aquelas características que condicionem a solubilização ou insolubilização dos vários elementos indispensáveis à planta.

Daquelas características considera-se especialmente importante a reacção que o solo apresenta.

Assim, no que se refere à acidez, desde há muito se sabe que a maior parte das plantas não se desenvolvem convenientemente em solos de reacção muito ácida.

Daqui resultou o aparecimento duma prática cultural, vulgarmente designada por calagem, que consiste em incorporar nos solos compostos de cálcio alcalinizantes.

Embora a calagem seja já uma técnica tradicional na maior parte dos países, o seu estudo continua a ter actualidade uma vez que além de não existir uma opinião unânime sobre a necessidade de corrigir a acidez dos solos, também não se conhece ainda, com o necessário pormenor, o mecanismo através do qual a calagem vai actuar.

De facto há ainda quem não atribua grande interesse à correcção da acidez dos solos considerando, com base em ensaios realizados por exemplo por ARNON & JOHNSON (5) e ASLANDER (6), que o  $H^+$  não causa toxicidade e que o fraco desenvolvimento das plantas em solos muito ácidos estaria geralmente associado a uma falta de cálcio.

Esta ideia vem no entanto sendo contrariada pela quase totalidade dos resultados obtidos por diversos investigadores.

Na realidade, embora a toxicidade do  $H^+$  continue a ser duvidosa, está provado que em condições de elevada acidez existe geralmente grande quantidade de substâncias tóxicas solúveis, como seja o alumínio na maior parte dos casos e também o manganês (14, 23, 40, 47, 57, 67). Por outro lado, se a falta de cálcio justificasse a baixa produtividade dos solos muito ácidos, a aplicação de diferentes sais de cálcio, quer fossem acidificantes, neutros ou alcalinizantes deveria ter sobre as culturas uma acção semelhante, o que não está de acordo com os resultados obtidos por exemplo por HALLOCK (19) e FRIED & PEECH [MOSCHLER et al. (37)].

Também em ensaios que vimos efectuando no Horto de Química Agrícola do Instituto Superior de Agronomia com culturas de trigo, luzerna e azevém, em diversos solos ácidos, estamos verificando que enquanto a aplicação de cálcio sob a forma de calcário em quantidade suficiente para elevar o pH até cerca de pH (KCl) 6,5 conduz a elevados aumentos das produções, a aplicação de igual quantidade de cálcio sob a forma de gesso dá proporções iguais ou mesmo inferiores à testemunha.

Há por vezes o receio de que a prática da calagem possa trazer alguns inconvenientes como seja o desgaste da matéria orgânica dos solos e a insolubilização de elementos nutritivos, sobretudo micronutrientes.

Quanto ao possível desgaste da matéria orgânica, deve notar-se que um tal receio se baseia muitas vezes no sentido pouco correcto que se atribui à palavra «calagem». Este termo significa na realidade uma aplicação de cal, no entanto hoje em dia a correcção da acidez faz-se geralmente através da incorporação de calcários cuja influência na fracção orgânica do solo não pode ser comparada à da cal. Quer dizer, a palavra «calagem» não parece apropriada para definir a prática vulgarmente utilizada na correcção da acidez.

A acção da correcção da acidez na insolubilização de alguns elementos nutritivos deverá reccar-se na medida em que não seja possível aplicar uma quantidade de correctivo necessária mas não excessiva. O problema resume-se, de facto, a maior parte das vezes, à dose de correctivo que se aplica. Quantidades muito inferiores ou superiores às que são necessárias numa dada situação podem, na realidade, no primeiro caso não trazer qualquer benefício e no segundo originar inconvenientes de vária ordem.

Apesar das dúvidas que possam ainda subsistir àcerca da correcção da acidez, esta prática, desde que seja devidamente efectuada, é hoje, dum modo geral, considerada tão necessária e benéfica como qualquer daquelas técnicas culturais indispensáveis à conveniente fertilização dos solos. O seu interesse tende mesmo a aumentar na medida em que se está verificando que além de exercer uma importante acção na quantidade das produções, tem também uma influência benéfica na qualidade dos produtos agrícolas.

No nosso País, como temos referido em trabalhos anteriores (53, 54, 55), a correcção da acidez assume particular importância uma vez que cerca de 80 % dos solos da metrópole apresentam reacção ácida (3).

No entanto a correcção da acidez dos solos em Portugal é ainda uma prática recente. Pode dizer-se que ela só começou a ser utilizada após VALENTE ALMEIDA (3), em 1954, ter chamado a atenção para o seu interesse.

Apesar do notável incremento que desde então vem registando, está longe de ter adquirido a expansão que impõem as condições existentes no País, em parte porque parece não ter sido ainda possível conhecer, com o necessário pormenor, alguns dos aspectos básicos desta técnica nos nossos diferentes solos e culturas.

Este trabalho pretende ser um contributo para o esclarecimento de alguns problemas que se torna necessário encarar quando tenha que se efectuar a correcção da acidez.

Numa primeira parte procura-se estabelecer laboratorialmente a necessidade de correctivo em função das diferentes características dos solos e na segunda estudam-se alguns aspectos da influência da aplicação dos correctivos básicos.

## PARTE EXPERIMENTAL

### I

## NECESSIDADE DE CORRECTIVOS DOS SOLOS ÁCIDOS

### 1. Caracterização das amostras ensaiadas

Como referimos, um dos objectivos do presente trabalho é a determinação laboratorial da quantidade de correctivo a utilizar nos solos ácidos de modo a corrigi-los até à obtenção de valores do pH situados numa zona considerada mais favorável ao desenvolvimento da maior parte das culturas.

Esta quantidade de correctivo é necessariamente um factor inerente ao próprio solo e, como tal, mesmo em solos muito semelhantes não será rigorosamente a mesma. Deste modo, sob o ponto de vista teórico, seria necessário aplicar um determinado método analítico que se tivesse reconhecido como mais adaptado, de cada vez que se pretendesse calcular a correcção no laboratório.

Um tal critério, embora sem dúvida mais rigoroso, não parece coadunar-se com a prática. De facto, além de a morosidade da maior parte dos métodos utilizados não permitir a necessária rapidez na obtenção dos resultados, não há interesse em se procurar conseguir que o pH seja elevado a um determinado valor mas sim em situá-lo dentro duma determinada zona. Aliás, os resultados obtidos no laboratório não são a maior parte das vezes directamente reprodutíveis no campo, tornando-se necessário corrigi-los com a introdução do chamado «factor de calagem» cujos valores, determinados quase sempre empiricamente, são por sua vez bastante variáveis (15).

Sendo assim, interessa principalmente, no aspecto prático, não resolver individualmente cada uma das diferentes situações, mas antes procurar enquadrá-las tanto quanto possível dentro dum tratamento comum, de modo que a quantidade de correctivo possa calcular-se com base em determinações laboratoriais correntes sem que os possíveis erros excedam as tolerâncias consideradas admissíveis na prática.

É evidente que um tal processo será tanto mais válido quanto mais numerosas forem as situações a partir das quais o mesmo for definido.

Por este facto houve a preocupação de basear o estudo em grande número de solos, tendo sido utilizadas 90 amostras provenientes da camada superficial de diversas Famílias que se apresentam por ordem alfabética de símbolos cartográficos com as seguintes especificações:

- A — Aluviosolos Modernos de textura mediana, sem carbonatos.
- Al — Aluviosolos Modernos de textura ligeira, sem carbonatos.
- Ap — Podzóis (Não Hidromórficos) sem Surraipa de areias e arenitos.
- At — Aluviosolos Antigos de textura mediana, sem carbonatos.
- Atl — Aluviosolos Antigos de textura ligeira, sem carbonatos.
- Caa — Solos Hidromórficos Sem Horizonte Eluvial de aluviões de textura pesada.
- Cal — Solos Hidromórficos Sem Horizonte Eluvial de aluviões de textura ligeira.
- Ex — Litossolos de xistos ou grauvaques.
- Mng — Solos Litólicos Húmicos de granitos.
- Mnx — Solos Litólicos Húmicos de xistos.
- Par — Solos Litólicos Não Húmicos de materiais arenáceos pouco consolidados.
- Pg — Solos Litólicos Não Húmicos de granitos.
- Pgn — Solos Mediterrâneos Pardos de gneisses.
- Pm — Solos Mediterrâneos Pardos de dioritos ou quartzodioritos ou rochas microfaneríticas ou cristalofílicas afins.
- Ppg — Solos Litólicos Não Húmicos de rochas microfílicas claras.
- Ppx — Solos Mediterrâneos Pardos de pórfiros félsicos xistificados.

- Px — Solos Mediterrâneos Pardos de xistos ou grauvaques.  
Pz — Podzóis (Não Hidromórficos) Com Surraipa e A<sub>2</sub> Bem Desenvolvido, de areias ou arenitos.  
Pzh — Podzóis Hidromórficos Com Surraipa de areias ou arenitos.  
Rg — Regossolos Psamíticos Não Húmidos.  
Sb — Solos de Baixas (Coluviossolos) de textura mediana, sem carbonatos.  
Sp — Solos Turfosos com «Muck» sobre materiais arenosos.  
Sr — Solos Mediterrâneos Vermelhos ou Amarelos de «rañas» ou depósitos afins.  
Vf — Solos Litólicos Não Húmicos de rochas ferruginosas.  
Vgn — Solos Mediterrâneos Vermelhos ou Amarelos de gneisses.  
Vt — Solos Litólicos Não Húmicos de arenitos (excluindo os grés de Silves ou afins e os arenitos finos micáceos).  
Vts — Solos Litólicos Não Húmicos de grés de Silves ou rochas afins.  
Vx — Solos Mediterrâneos Vermelhos ou Amarelos de xistos.

Nas amostras secas ao ar procedeu-se inicialmente à pesagem e crivagem (crivo de 2 mm) de 1 litro de terra.

Na terra fina obtida efectuaram-se diversas determinações que são em seguida referidas em conjunto com os métodos adoptados.

*Análise mecânica* — Pelo método internacional, usando como agente dispersante uma solução de hexametáfosfato de sódio e carbonato de sódio (7).

*pH(H<sub>2</sub>O), pH(KCl) e pH (Ac.)* — Utilizando respectivamente água destilada, solução de KCl N e solução de (CH<sub>3</sub>COO)<sub>2</sub> Ca N, com uma razão solo/solução de 1:2,5.

O tempo de contacto foi de uma hora, agitando-se as suspensões ocasionalmente. No fim deste período de tempo as suspensões eram agitadas durante 30 segundos. As leituras foram efectuadas após 15 segundos de contacto da suspensão com o eléctrodo de vidro de um potenciómetro Beckman modelo E 396.

*Carbono orgânico (C)* — Segundo um método de combustão por via seca, utilizando um aparelho Ströhlein, seguido no Laboratório de Química Agrícola do Instituto Superior de Agronomia.

*Matéria orgânica* — Multiplicando o carbono orgânico pelo factor 1,724.

*Azoto (N)* — Pelo método de KJELDAHL.

*Capacidade de troca catiónica (T) e Catiões de troca* — De acordo com o método de MEHLICH (35).

O bário foi determinado num espectrofotómetro Beckman, modelo B.

O cálcio e o magnésio foram determinados por complexometria utilizando como indicadores, respectivamente, a «calceína» e o metil-timol.

Na determinação do potássio e sódio foi utilizado um fotómetro de chama Kipp, modelo H 45.

★

No quadro 1 indicam-se os resultados de todas as determinações efectuadas nas 90 amostras, que se apresentam seriadas por ordem alfabética dos símbolos cartográficos já referidos.

Na última coluna do mesmo quadro referem-se as quantidades de correctivo expressas em m. e. de  $\text{Co}_3\text{Ca}/100$  gramas de terra fina determinadas segundo o método que mais adiante será descrito.

Todos os resultados obtidos na terra fina são referidos à terra seca a  $100-105^\circ\text{C}$ .

A observação dos dados referentes à caracterização das amostras ensaiadas mostra, em linhas gerais, o seguinte:

— Há uma grande diversidade nos valores do peso de 1 litro de terra, os quais variam desde 500 até 1670 gramas.

Este facto merece atenção especial na medida em que, sendo a calagem normalmente calculada em função do peso dum hectare de terra, poderão cometer-se erros extraordinariamente elevados quando, como muitas vezes acontece, se toma, à priori, determinado valor para o peso de 1 litro de terra.

— Na maior parte das amostras a percentagem de terra fina não excede 85, havendo mesmo algumas em que é apenas de cerca de 50.

Os valores relativamente baixos destas percentagens indicam que, tratando-se de determinações efectuadas na terra fina, é indispensável conhecer o quantitativo desta fracção no total da terra.

— Os teores de argila variam entre 2,5 e 21,1 %, e predominam as texturas ligeiras e medianas.

— O teor de matéria orgânica é também bastante variável, no entanto os valores mais frequentes situam-se entre 1 e 4 %.

— Os valores do pH, todos situados na zona ácida, são bastante variáveis, estando os do pH (H<sub>2</sub>O) compreendidos entre 4,40 e 6,15, os do pH (KCl) entre 3,55 e 5,30 e os do pH (Ac.) entre 5,70 e 6,75.

— Na grande maioria das amostras a razão C/N varia entre 10 e 15.

— Dum modo geral predomina no complexo de troca o H<sup>+</sup> e os teores de K<sup>+</sup> de troca são normalmente bastante baixos.

## 2. Determinação da quantidade de correctivo

A quantidade de correctivo necessária e suficiente para elevar o pH dum solo ácido de modo a situá-lo dentro duma determinada zona é, sem dúvida, o aspecto básico a encarar na prática da calagem.

A importância deste assunto pode avaliar-se pelo interesse que diversos investigadores desde há muito lhe vêm dedicando através do estudo, ensaio e aperfeiçoamento de métodos químicos que possam fornecer resultados tanto quanto possível susceptíveis de aplicação prática.

## 2.1 Principais métodos propostos

Dada a quantidade e diversidade de métodos que têm sido propostos, o que desde logo leva a admitir a complexidade desta determinação, não parece necessário, nem certamente seria possível, proceder à sua completa enumeração.

Limitar-nos-emos, pois, a referir os principais aspectos daqueles que tiveram, ou têm ainda, alguma aplicação.

O mais antigo método já baseado em fundamentos científicos foi apresentado por TACKE [OJEA (41)] em 1897 e consistia em medir o  $\text{CO}_2$  libertado no fim dum determinado período de tempo de contacto da terra com  $\text{CO}_2\text{Ca}$ .

A morosidade desta técnica levou WHEELER et al. [OJEA (41)] a modificá-lo, em 1900, no sentido de reduzir o tempo de contacto, para o que aumentavam a velocidade da reacção aquecendo à ebulição.

Esta alteração iria tornar de facto o método mais rápido no entanto retirava-lhe, certamente, grande parte do interesse na medida em que utilizava condições mais afastadas das reais.

Em 1902, VETICH [OJEA (41)] apresentava um método baseado na determinação da alcalinidade no filtrado duma suspensão solo —  $(\text{OH})_2\text{Ca}$ , usando como indicador a fenolftaleína.

O uso deste indicador foi desde logo considerado um ponto fraco do método. De facto, os elevados valores do pH para os quais se observa a viragem da fenolftaleína conduziam a quantidades de correctivo demasiado elevadas.

A partir de 1913 surgem novos métodos então já baseados na utilização de diversos sais hidrolisáveis na substituição do  $\text{H}^+$  de troca.

Assim, JONES propõe um método em que utiliza  $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ca}$  0,02 N, HUTCHINSON utiliza o  $(\text{CO}_3\text{H})_2\text{Ca}$ , GEDROIZ prefere o  $\text{Cl}_2\text{Ba}$ , etc. [OJEA (41)].

Dum modo geral estes métodos tiveram reduzida aplicação principalmente porque, como mais tarde viria a ser apontado por SHAW (60), «O  $\text{H}^+$  de troca é um valor indefinido que varia com o método empregado».

Em 1924 JENSEN [OJEA (41)] apresenta o primeiro método que viria a ter a mais larga aceitação. Baseia-se no poder tamponizante do solo e consiste em tratar iguais porções de terra com quantidades crescentes de  $(\text{OH})_2\text{Ca}$  0,05 N, medindo-se, no fim de 3 dias de contacto, os sucessivos valores do pH das suspensões aquosas.

As tentativas efectuadas em seguida por HISSINK e ARRHENIUS [OJEA (41)] no sentido de alterarem o método, usando respectivamente  $(OH)_2Ba$  e  $OHNa$  em vez do  $(OH)_2Ca$ , não tiveram êxito dado que, como referem PEECH e BRADFIELD (43), o  $(OH)_2Ca$  é preferível a qualquer daquelas substâncias.

Em 1929, KAPPEN [OJEA (41)] introduziu os conceitos de acidez de troca e acidez hidrolítica obtidas respectivamente por titulação com  $OHNa$  dos filtrados de suspensões do solo na solução dum sal neutro—o  $KCl N$ —e dum sal hidrolisável—geralmente o  $(CH_3COO)_2Ca N$ .

Surgem então novos métodos baseados na determinação da acidez hidrolítica. Estes métodos, embora tenham ainda alguma utilização, foram considerados pouco correctos por SCHACHTSCHABEL [OJEA (41)] que assinalou não ser a acidez hidrolítica apropriada para definir as necessidades de correctivo na maior parte dos solos.

Embora entretanto se começasse a reconhecer que o processo mais seguro de determinar a necessidade de correctivos dum solo deveria basear-se na decomposição do  $CO_2Ca$  pelo próprio solo, o método de JENSEN, mais tarde adaptado por DUNN (15), continuou, e continua ainda, a ser bastante utilizado.

De facto, os métodos de determinação directa de decomposição do  $CO_2Ca$  são demasiado lentos para terem outra aplicação que não seja a de servirem de padrão a técnicas mais expeditas. Aliás, mesmo para este fim, prefere-se a maior parte das vezes o método de JENSEN que, embora menos real, é incomparavelmente mais rápido.

O método de JENSEN foi modificado por SCHACHTSCHABEL [OJEA (41)] no sentido de utilizar soluções neutras de  $KCl$  com uma diluição solo-solução de 1:5.

Utilizando esta técnica, SCHACHTSCHABEL (56) aferiu um rápido método indirecto de determinação da quantidade de correctivo a partir dos valores do pH em  $(CH_3COO)_2Ca N$  para correcção até pH 7, e do pH em  $(CH_3COO)_2Ca N$  e  $KCl N$  para correcções inferiores a pH 7.

Este método rápido, apresentado em 1940, é ainda hoje o mais utilizado sobretudo na Europa.

Como se verificou a necessidade de se utilizarem técnicas rápidas, compatíveis com as análises de rotina, vários autores começam a propor métodos baseados na utilização de tampões.

Assim, aparecem sucessivamente o método de SCHOFIELD (58), em 1933, baseado num tampão constituído por p-nitrofenol semi-neutralizado com  $(OH)_2Ca$  a pH 7,1, o de MEHLICH (34) em 1938, que utiliza a trietanolamina —  $Cl_2Ba$  a pH 8,1, o de SHAW (59) em 1942, utilizando o  $(CH_3COO)_2Ca$ , etc.

Parece evidente que os resultados a esperar da aplicação destes métodos só poderão ser válidos desde que o tampão apresente determinadas características, algumas das quais não é muito fácil encontrarem-se reunidas. Assim, enquanto por um lado um tampão deve ser suficientemente estável para manter as características numa escala de valores do pH que abranja diversos estados de acidez dos solos, não poderá, contudo, ser tão forte que fique insensível perante apreciáveis variações de concentração hidrogeniônica.

O p-nitrofenol foi considerado como satisfazendo, pelo menos razoavelmente, a algumas condições exigidas, o que levou WOODRUFF (69) a propor em 1948 um método ainda hoje bastante utilizado sobretudo nos E. U. A. o qual utiliza como tampão uma mistura de p-nitrofenol e  $(CH_3COO)_2Ca$  semi-neutralizada com OMg.

No entanto, ao comparar o método referido com o método de SCHACHTSCHABEL, OJEA (41) concluiu que aquele tampão é pouco sensível dado que a depressão de 0,1 unidade no valor do pH correspondia a cerca de 2 m. e. de  $H^+/100$  g de solo.

Também SHOEMAKER et al. (63) verificaram recentemente que o método de WOODRUFF não dava valores correctos sobretudo quando os solos continham apreciáveis teores de alumínio solúvel. Propuseram então um método, que é o último que encontramos referido, baseado num tampão bastante complexo constituído por p-nitrofenol, trietanolamina,  $CrO_4K_2$ ,  $(CH_3COO)_2Ca$  e  $Cl_2Ca \cdot 2H_2O$ , sendo a mistura acertada a pH 7,5 com OHNa.

KEENEY & COREY (26) encontraram melhor correlação entre as quantidades de correctivo determinadas por incubação das terras com calcário e as que eram dadas pelo método de SHOEMAKER et al. (63) do que as que se obtinham pelo método de WOODRUFF (69).

No entanto PRATT & BAIR (45) verificaram que o método de SHOEMAKER et al. não dava resultados aceitáveis quando os solos tinham muita matéria orgânica.

## 2.2. Método utilizado

A determinação da quantidade de correctivo através da decomposição do  $\text{CO}_2\text{Ca}$  pelo próprio solo, em condições tanto quanto possível semelhantes às que se observam no campo, será sem dúvida o processo mais correcto. No entanto, o facto de estas técnicas demorarem normalmente diversos meses a executar torna-as pouco recomendáveis para análise de rotina.

Os métodos baseados no uso de tampões, embora muito expeditos, não oferecem a confiança necessária uma vez que parece não ter sido possível ainda obter sistemas que, sendo de fácil preparação e conservação, satisfaçam simultaneamente diversas condições exigidas. Além disso, assentando num simples valor isolado do pH, deverão, necessariamente, ser bastante contingentes.

Os métodos que utilizam as curvas de tamponização apresentam, em relação àqueles dois grupos, características intermédias de rapidez e rigor.

Estes métodos, porém, não são ainda de tão fácil execução e rápidos como se exige em análises efectuadas em série, sendo por isso praticamente utilizados apenas na aferição de técnicas expeditas.

A semelhança do que reconheceu SCHACHTSCHABEL ao propor o seu método rápido, parece-nos que seria de grande utilidade procurar um processo de calcular a quantidade de correctivo a partir de algumas determinações normalmente exigidas numa análise de terra.

Para isso torna-se necessário proceder à determinação directa da quantidade de correctivo por um método que proporcione um rigor aceitável e procurar então reproduzir os valores obtidos recorrendo a dados referentes a algumas características dos solos.

Com este objectivo determinamos quimicamente as necessidades de correctivo nas 90 amostras atrás referidas, utilizando as curvas de tamponização com base no seguinte método:

Porções de 10 gramas de terra fina de cada uma das amostras foram colocadas numa série de frascos e adicionaram-se sucessivamente quantidades crescentes de  $(\text{OH})_2\text{Ca}$  aproximadamente 0,04 N, solução normal de KCl em quantidade suficiente para que a diluição fosse sempre de 1:10, e 3 gotas de clorofórmio.

Os frascos eram agitados durante 30 segundos e em seguida tapados. Durante 3 dias eram agitados 3 vezes por dia também por

períodos de 30 segundos. No fim dos 3 dias procedeu-se à determinação dos valores do pH pela técnica já referida, com os quais se traçou a curva de tamponização de cada uma das 90 amostras citadas.

A partir das curvas foram obtidas as quantidades de  $(OH)_2Ca$  correspondentes a pH 6,5.

Os resultados, expressos em m. e. de  $CO_2Ca$  por 100 gramas de terra fina, são indicados no quadro 1 anteriormente apresentado.

O método utilizado baseia-se na técnica descrita por DUNN (15) à qual se fizeram, no entanto, algumas alterações.

Assim, em vez de água utilizou-se nas suspensões uma solução normal de KCl.

Pareceu conveniente efectuar esta substituição dado que há uma tendência cada vez mais acentuada para se apreciar o estado de acidez dos solos não através do pH ( $H_2O$ ) mas sim do pH (KCl). De facto o pH ( $H_2O$ ) apresenta elevadas variações e de modo geral é bastante influenciado pela diluição, enquanto que o pH (KCl) se mantém sensivelmente constante e praticamente não é afectado pela diluição.

Embora alguns autores (15,25) refiram que a influência da diluição no pH ( $H_2O$ ) é muito reduzida quando na suspensão já se encontra presente uma grande quantidade de  $(OH)_2Ca$ , e que por conseguinte na vizinhança da neutralidade os valores do pH já não seriam afectados, tal facto não foi inteiramente verificado por nós. Em ensaios preliminares com as diluições de 1:2,5, 1:5 e 1:10 em diversas amostras observámos, de facto, que à medida que se aumentava a quantidade de  $(OH)_2Ca$  a influência da diluição era menor mas mesmo para valores do pH próximos da neutralidade as diferenças não pareciam desprezíveis e além disso variavam de ensaio para ensaio.

O tempo de contacto de 3 dias foi também determinado com base em observações preliminares através das quais verificámos que no fim deste período de tempo o equilíbrio era atingido, não havendo necessidade de manter os 4 dias indicados por DUNN (15) e por nós utilizados em trabalho anterior (53).

A explicação residirá certamente no facto de agora termos utilizado suspensões em KCl em vez de suspensões aquosas.

As necessidades de correctivo foram calculadas para pH (KCl) 6,5 em virtude de ser este o valor normalmente considerado mais recomendável. Aliás verificámos em diversos ensaios, alguns dos quais serão referidos na segunda parte da experimentação, que o pH (KCl)

QUADRO 1

Amor- tras	Solos	Local	Peso de 1 litro de terra (g)	Fracção < 2 mm %	Areia grossa %	Areia fina %	Limo %	Argila %	Méria orgâ- nica %	pH			C %	N %	C/N	Catiões de troca (m. e./100 g)					S m. e./ 100 g	T m. e./ 100 g	S V = $\frac{S}{T} \cdot 100$	Correctivo necessário para pH (KCl) 6,5 (m. e. de CO <sub>2</sub> /100 g)
										H <sub>2</sub> O	KCl	Ac.				H <sup>+</sup>	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>				
1	A	Idanha-a-Nova	980	95	8,1	58,5	22,5	9,6	1,43	5,35	4,20	6,45	0,83	0,074	11,2	5,19	4,08	0,61	0,08	0,22	4,99	9,60	52,0	5,16
2	A	Moimenta	935	81	30,5	39,2	15,0	10,4	4,41	5,00	4,05	6,10	2,56	0,206	12,4	11,64	2,84	0,71	0,16	0,41	4,12	14,25	28,9	11,82
3	A	S. Pedro do Sul	890	95	24,4	36,9	21,5	13,4	5,43	5,40	4,30	6,15	3,15	0,240	13,1	12,11	6,32	1,43	0,02	0,19	7,96	20,00	39,8	11,40
4	A	Paredes	810	86	35,3	26,7	19,6	14,3	4,48	5,50	4,60	6,20	2,60	0,225	11,6	10,94	6,77	1,43	0,13	0,40	8,73	16,76	52,1	8,60
5	A	Guimarães	760	84	17,3	22,9	33,4	20,2	7,86	5,50	4,75	6,00	4,56	0,431	10,6	14,05	11,05	1,02	0,15	0,32	12,74	24,82	50,5	12,90
6	Al	Carrazeda de Ancieas	520	90	23,0	28,8	19,9	16,8	8,79	5,05	4,25	5,90	5,10	0,460	11,1	20,83	7,12	1,84	0,12	0,40	9,48	27,25	34,8	23,65
7	Ap	Melides	1385	100	29,5	23,1	31,1	13,7	1,55	5,10	4,05	6,50	0,90	0,051	17,6	2,92	1,16	0,59	0,02	0,13	1,90	4,19	45,3	3,23
8	At	Ponte de Sor	1155	94	41,3	22,6	19,6	12,1	3,36	5,60	4,45	6,45	1,95	0,113	17,3	6,76	1,54	0,57	0,02	0,10	2,23	7,82	28,5	6,88
9	Atl	Coruche	1315	95	77,8	12,4	5,0	3,9	0,93	5,60	4,45	6,60	0,54	0,048	11,3	3,63	1,97	0,78	0,10	0,14	2,99	6,70	44,6	2,15
10	Atl	Alvalade	1250	97	64,3	21,8	9,0	4,3	0,90	5,30	4,20	6,60	0,52	0,038	13,7	2,45	2,63	0,33	0,05	0,19	3,20	5,16	62,0	2,15
11	Atl	Vilarica	1290	62	48,7	38,2	8,4	5,6	0,67	5,45	4,05	6,65	0,39	0,039	10,0	2,51	2,23	0,25	0,16	0,07	2,71	4,26	63,6	2,28
12	Caa	Palma	1070	87	38,7	29,3	15,5	14,7	1,45	5,45	4,50	6,45	0,84	0,065	12,9	2,68	7,25	2,94	0,16	0,24	10,59	13,24	80,0	2,58
13	Cal	Ponte de Sor	1005	85	44,8	35,3	11,3	6,2	1,62	5,10	4,25	6,50	0,94	0,071	13,2	2,84	0,98	0,49	0,02	0,22	1,62	4,50	36,0	4,30
14	Ex	Beja	1220	66	33,2	26,5	20,6	16,6	1,36	5,75	4,35	6,50	0,79	0,100	7,9	3,67	2,57	1,43	0,01	0,17	4,18	6,40	65,3	3,87
15	Ex	Moncorvo	1315	46	11,5	46,1	32,8	6,9	1,38	5,70	4,30	6,55	0,80	0,074	10,8	3,63	3,61	0,41	0,20	0,02	4,24	6,95	61,0	2,80
16	Ex	S. João da Pesqueira	1280	49	20,4	48,3	24,1	5,9	1,55	5,10	3,95	6,40	0,90	0,090	10,0	4,80	2,63	0,57	0,15	0,43	3,78	7,25	52,1	5,07
17	Mng	Penedono	950	72	41,1	27,3	11,8	13,3	8,90	4,40	4,00	6,00	5,16	0,324	15,9	10,78	3,17	1,19	0,04	0,35	4,75	22,20	21,4	19,50
18	Mng	Montalegre	700	80	26,8	25,9	20,4	17,0	12,84	5,00	4,20	5,75	7,45	0,519	14,4	28,81	3,23	0,85	0,02	0,29	4,30	32,75	13,1	29,25
19	Mnx	Alvarenga	935	62	29,0	31,7	17,9	13,7	9,10	4,50	3,90	5,80	5,28	0,363	14,5	19,11	2,58	0,82	0,03	0,34	3,77	21,83	17,3	20,79
20	Mnx	Montalegre	835	90	6,6	53,5	15,7	16,1	9,26	4,65	4,15	5,90	5,37	0,532	10,1	20,40	3,87	0,81	0,05	0,38	5,11	22,00	23,2	20,95
21	Mnx	Marão	630	75	9,1	30,4	28,1	16,3	12,45	4,80	4,00	5,70	7,22	0,581	12,4	30,38	4,08	0,92	0,01	0,20	5,21	32,75	15,9	29,70
22	Par	Ermidas	1405	73	50,9	30,4	12,0	5,6	1,55	4,95	4,30	6,50	0,90	0,066	13,6	2,45	1,08	0,37	0,08	0,26	1,79	3,72	48,1	2,87
23	Par	Idanha-a-Nova	1520	48	31,1	37,6	20,0	10,3	1,90	5,15	4,10	6,40	1,10	0,075	14,7	5,29	1,39	0,49	0,03	0,15	2,06	6,70	30,7	6,02
24	Par	Idanha-a-Nova	1270	61	56,2	30,5	8,0	4,7	0,78	4,95	3,90	6,50	0,45	0,038	11,8	2,69	2,39	0,92	0,08	0,23	3,62	5,74	63,1	3,01
25	Pg	Castelo Branco	1195	57	53,6	27,9	9,8	7,9	1,02	5,00	3,80	6,40	0,59	0,053	11,1	3,67	2,41	0,61	0,08	0,31	3,42	6,32	54,0	3,87
26	Pg	Castelo Branco	1200	89	60,6	28,2	7,4	4,5	1,31	4,70	3,85	6,40	0,76	0,066	11,5	4,18	1,52	0,49	0,08	0,28	2,37	6,10	38,9	4,95
27	Pg	Castelo Branco	1300	87	60,1	28,2	7,4	3,6	0,88	5,05	4,00	6,50	0,51	0,050	10,2	2,16	1,96	0,42	0,02	0,17	2,56	4,40	58,2	3,35
28	Pg	Fundão	1260	65	55,7	29,9	8,6	5,9	1,21	4,60	3,55	6,15	0,70	0,057	12,3	5,41	1,85	0,80	0,06	0,07	2,78	6,60	42,1	6,02
29	Pg	Pinhel	1080	61	54,8	27,9	7,0	8,7	1,33	4,95	3,90	6,15	0,77	0,059	13,3	6,46	1,85	1,47	0,14	0,20	3,66	10,62	34,4	6,02
30	Pg	Trancoso	990	86	29,8	47,6	12,9	8,7	1,53	4,85	3,65	6,30	0,89	0,090	9,9	5,61	3,09	1,10	0,06	0,24	4,49	9,50	47,3	5,16
31	Pg	Penedono	1200	84	57,0	25,8	9,3	8,0	0,57	5,00	4,10	6,50	0,33	0,033	10,0	3,63	1,84	0,53	0,04	0,25	2,66	5,47	48,6	3,58
32	Pg	Viseu	865	90	33,3	39,8	13,9	9,1	4,41	4,80	4,00	6,15	2,56	0,197	13,0	10,41	3,73	0,77	0,12	0,29	4,91	13,92	35,3	11,82
33	Pg	S. Pedro do Sul	950	85	63,2	19,4	9,8	5,8	2,86	5,00	4,15	6,35	1,66	0,136	12,2	5,00	2,45	0,90	0,05	0,20	3,60	7,86	45,8	5,76
34	Pg	Castro Daire	915	64	55,1	20,9	11,6	9,6	4,48	4,65	3,90	6,00	2,60	0,125	20,8	10,57	3,47	0,66	0,02	0,13	4,28	14,37	29,8	12,47
35	Pg	Castro Daire	990	80	49,6	25,5	14,2	7,4	3,91	5,15	4,30	6,15	2,27	0,194	11,7	8,21	3,99	0,97	0,19	0,12	5,27	11,92	44,2	8,17
36	Pg	Penafiel	945	84	46,2	29,9	10,7	8,7	3,36	4,90	4,00	6,15	1,95	0,177	11,0	8,62	4,50	0,65	0,10	0,32	5,57	13,60	41,0	9,89
37	Pg	Guimarães	815	79	25,2	32,2	19,7	15,5	8,91	5,25	4,45	5,80	5,17	0,342	15,1	23,14	3,07	0,70	0,06	0,25	4,08	27,00	15,1	15,48
38	Pg	Guimarães	970	89	45,2	27,6	12,6	10,8	4,45	5,05	4,20	6,05	2,58	0,193	13,4	12,13	2,09	0,61	0,02	0,13	2,85	14,00	20,4	12,90
39	Pg	Famalicão	840	69	34,6	27,1	16,6	12,0	8,93	4,80	4,10	5,70	5,18	0,330	15,7	18,13	5,05	1,02	0,01	0,32	6,40	23,25	27,5	20,80
40	Pg	Famalicão	735	78	27,4	20,4	19,2	17,6	13,03	4,80	4,20	5,80	7,56	0,546	13,8	26,76	3,65	1,00	0,10	0,55	5,30	29,50	18,0	25,25
41	Pg	Carrazeda de Ancieas	1050	65	47,0	27,6	12,7	11,4	1,21	5,30	4,10	6,40	0,70	0,055	12,7	4,41	3,07	0,94	0,18	0,13	4,32	7,90	54,7	4,64
42	Pg	Alijó	1210	73	55,9	27,3	10,5	5,9	1,22	5,05	4,00	6,45	0,71	0,054	13,1	4,39	1,58	0,49	0,01	0,02	2,10	5,65	37,2	4,56
43	Pg	Aguar da Beira	1310	84	54,1	32,3	6,9	5,3	1,45	5,00	4,20	6,45	0,84	0,063	13,3	4,30	1,04	0,86	0,28	0,25	2,43	6,95	35,0	4,83
44	Pg	Braga	960	75	37,3	28,3	17,4	13,4	5,17	4,80	4,05	6,10	3,00	0,240	12,5	12,30	0,68	0,63	0,12	0,28	1,71	14,70	11,6	13,65
45	Pg	Arraiolos	1380	98	59,0	25,7	9,6	5,7	0,86	5,90	5,00	6,65	0,50	0,050	10,0	2,25	1,81	0,80	0,15	0,26	3,02	4,70	64,3	1,93
46	Pgn	Carrazeda de Ancieas	1185	80	17,0	69,4	8,8	4,8	0,69	5,45	4,10	6,60	0,40	0,040	10,0	3,25	1,76	0,74	0,05	0,06	2,61	5,10	51,2	2,80
47	Pgn	Alijó	1130	65	27,5	45,0	20,6	4,4	2,45	4,75	3,85	6,40	1,42	0,114	12,5	7,74	0,98	0,41	0,12	0,12	1,63	8,36	19,5	6,92
48	Pgn	Alvarenga	985	81	20,3	49,5	16,2	9,9	4,86	4,95	4,15	6,05	2,82	0,219	12,9	12,13	2,53	1,38	0,03	0,08	4,02	15,75	25,5	12,68
49	Pgn	Arraiolos	1095	87	56,7	24,8	9,9	7,3	1,53	6,00	4,90	6,60	0,89	0,069	12,9	2,74	3,07	0,65	0,11	0,03	3,86	5,84	66,1	2,24
50	Pm	Ferreira do Alentejo	1070	94	35,9	41,2	9,6	12,2	0,79	5,95	4,30	6,60	0,46	0,041	11,2	3,16	6,62	3,22	0,19	0,26	10,29	12,54	82,0	2,15
51	Pm	Arraiolos	1190	89	45,4	31,7	12,9	9,9	1,03	6,15	4,55	6,65	0,60	0,049	12,2	2,25	6,48	1,65	0,14	0,10	8,37	9,80	85,4	2,24
52	Ppg	Beja	1450	95	51,1	37,9	6,8	3,7	0,38	5,25	4,00	6,65	0,22	0,022	10,0	1,84	2,79	0,41	0,17	0,15	3,70	4,50	82,2	1,72
53	Ppx	Cercal	1030	66	22,8	21,9	37,9	15,5	3,57	5,00	4,20	6,20	2,07	0,117	17,7	8,13	2,03	0,41	0,18	0,08	2,70	10,60	25,5	9,4

6,5 corresponde a maior parte das vezes a pH cerca de 7 quando se utilize uma suspensão aquosa — pH ( $H_2O$ ) — ou uma suspensão de  $(CH_3COO)_2Ca$  — pH (Ac.).

### 2.3 Interpretação dos resultados

Os dados referentes às quantidades de correctivo — expressos em m.e. de  $CO_3Ca/100$  gramas de terra fina — foram analisados estatisticamente através duma regressão linear múltipla (\*).

Excluíram-se da análise as amostras — em número de 11 — que apresentavam mais de 5% de carbono orgânico.

Pareceu conveniente adoptar este procedimento uma vez que os teores de carbono daquelas 11 amostras são bastante superiores aos que se encontram nas 79 restantes.

Aliás, em solos com muita matéria orgânica a correcção da acidez não deverá reger-se pelos mesmos princípios geralmente aceites para solos em que aquela substância é pouco abundante.

De facto, quando os elevados teores de matéria orgânica e a reacção muito ácida dos solos determinem quantidades de correctivo muito elevadas, é aconselhável corrigir a acidez até valores do pH menos elevados e mesmo assim deverá fraccionar-se a aplicação do correctivo de modo que a elevação do pH se efectue de forma gradual.

Considerou-se como variável dependente a quantidade de correctivo e como variáveis independentes aquelas características, de entre as que foram indicadas no quadro 1, que se pensou estarem melhor correlacionadas com a variável dependente. Assim, foram introduzidas como variáveis independentes a argila, o carbono orgânico, o  $H^+$  de troca, a capacidade de troca catiónica e os valores do pH ( $H_2O$ ), pH (KCl) e pH (Ac.).

Numa primeira fase da interpretação foram calculados os coeficientes de correlação ( $r$ ) de cada uma das variáveis com todas as restantes.

---

\* A interpretação estatística foi efectuada no Centro de Cálculo Científico do Instituto Gulbenkian de Ciência, utilizando-se um computador electrónico IBM 1620.

Os valores de r obtidos são indicados na tabela seguinte.

	pH (Ac.)	pH (KCl)	pH (H <sub>2</sub> O)	Capacidade de troca catiónica	H <sup>+</sup> de troca	Carbono	Argila
Quantidade de correctivo	0,93	0,20	0,50	0,72	0,97	0,91	0,43
Argila	0,42	0,08	0,04	0,60	0,48	0,49	
Carbono	0,84	0,11	0,23	0,77	0,92		
H <sup>+</sup> de troca	0,91	0,12	0,40	0,79			
Capacidade de troca catiónica	0,72	0,08	0,10				
pH (H <sub>2</sub> O)	0,56	0,80					
pH (KCl)	0,27						

Os valores dos coeficientes de correlação mostram que, das características estudadas, as que melhor se encontram correlacionadas com a quantidade de correctivo necessário para elevar o pH (KCl) a 6,5 são, por ordem decrescente, o H<sup>+</sup> de troca ( $r = 0,97$ ), o pH (Ac.) ( $r = 0,93$ ) e o carbono orgânico ( $r = 0,91$ ).

A capacidade de troca catiónica apresenta ainda um coeficiente de correlação relativamente elevado ( $r = 0,72$ ) mas bastante inferior ao das três primeiras. A argila ( $r = 0,43$ ) o pH (H<sub>2</sub>O) ( $r = 0,51$ ) e o pH (KCl) ( $r = 0,20$ ) têm os coeficientes de correlação mais baixos.

As características que apresentam os mais elevados coeficientes de correlação são também, dum modo geral, as que alguns investigadores consideraram de maior interesse na determinação da necessidade de correctivo.

Assim, num estudo efectuado em 9 solos, Ross et al. (52) verificaram que a matéria orgânica, a argila, o  $H^+$  de troca e a capacidade de troca estavam correlacionadas com a quantidade de correctivos pela seguinte ordem: Capacidade de troca catiónica ( $r = 0,96$ ) matéria orgânica ( $r = 0,95$ )  $H^+$  de troca ( $r = 0,88$ ) argila ( $r = 0,79$ ).

Deve notar-se que neste estudo, além de terem sido incluídas apenas 9 amostras, não foram seguidos os métodos por nós utilizados na determinação do carbono orgânico,  $H^+$  de troca e capacidade de troca catiónica.

O valor mais baixo por nós encontrado para o coeficiente de correlação da argila deverá atribuir-se ao facto de nas amostras que utilizámos ser geralmente baixo o teor de argila e nesta deverem predominar minerais do tipo 1:1. Aliás KEENEY & COREY (26) verificaram também que o teor de argila praticamente não teve influência na necessidade de correctivo de 26 solos ácidos.

Estes investigadores observaram, por sua vez, que o pH ( $H_2O$ ) e pH (KCl), à semelhança do que nós verificámos, estavam muito mal correlacionados com a quantidade de correctivo e que a capacidade de troca catiónica e a matéria orgânica eram, das características por eles consideradas, as que apresentavam maior influência.

A fracção orgânica do solo aparece sempre, como se verifica, entre as principais características que determinam a quantidade de correctivo a aplicar a um solo ácido, facto que aliás já tínhamos referido em trabalho anterior (53).

Apesar disso verifica-se, com surpresa, que muitas vezes a influência da matéria orgânica é avaliada por processos absolutamente empíricos. Assim por exemplo, a F. A. O. (17) considera que consoante os solos tenham muita ou pouca matéria orgânica as quantidades de correctivo para os diferentes solos, indicadas em tabelas, devem ser aumentadas ou diminuídas de 25 %.

Os valores de  $r$  que foram obtidos mostram também que o  $H^+$  de troca, o carbono orgânico e o pH (Ac.) estão altamente correlacionados entre si, que entre os valores do pH (Ac.), pH ( $H_2O$ ) e pH (KCl) se encontra melhor correlação nos dois últimos ( $r = 0,80$ ) e que a capacidade de troca catiónica está melhor correlacionada com o teor de carbono orgânico do que com o teor de argila.

Na segunda fase da interpretação foram obtidos elementos necessários para se exprimirem as quantidades de correctivo ( $Q_1, Q_2, \dots, Q_n$ ) em função de algumas das características consideradas variáveis independentes.

Através dos valores do coeficiente de determinação múltipla ( $R^2$ ) verifica-se que o ajustamento da quantidade de correctivo é sucessivamente melhorado com a introdução das características incluídas nas seguintes equações:

$$Q_1 = - 0,097 + 1,026 H^+$$

$$R^2 = 93,66 \%$$

$$Q_2 = 7,554 + 0,964 H^+ - 1,383 \text{ pH } (H_2O)$$

$$R^2 = 95,50 \%$$

$$Q_3 = 10,051 + 1,056 C + 0,664 H^+ - 1,804 \text{ pH } (H_2O)$$

$$R^2 = 96,54 \%$$

$$Q_4 = 9,599 + 1,063 C + 0,704 H^+ - 0,035 T - 1,701 \text{ pH } (H_2O)$$

$$R^2 = 96,60 \%$$

$$Q_5 = 9,787 + 1,210 C + 0,679 H^+ - 0,038 T - 1,348 \text{ pH } (H_2O) - 0,488 \text{ pH } (KCl)$$

$$R^2 = 96,65 \%$$

$$Q_6 = 16,619 + 1,137 C + 0,635 H^+ - 0,045 T - 1,190 \text{ pH } (H_2O) - 0,451 \text{ pH } (KCl) - 1,176 \text{ pH } (Ac.)$$

$$R^2 = 96,69 \%$$

Pelas equações apresentadas verifica-se que o  $H^+$  de troca ( $H^+$ ) só por si dá uma elevada explicação da quantidade de correctivo ( $R^2 = 93,66 \%$ ). A introdução do  $\text{pH } (H_2O)$  vai melhorar a explicação em cerca de 2% ( $R^2 = 95,50 \%$ ). O carbono orgânico (C) melhora

ainda em cerca de 1 % ( $R^2 = 96,54$  %). A introdução sucessiva da capacidade de troca catiónica (T), pH (KCl) e pH (Ac.) praticamente já não modificaram o valor de  $R^2$ .

O facto de a argila não ter sido introduzida significa que a sua introdução já não melhorava a explicação.

O programa apresentado mostrou que a quantidade de correctivo pode ser bem determinada através do conhecimento de algumas características, nomeadamente o  $H^+$  de troca.

No entanto, como afirmámos em I.2., o nosso objectivo era procurar exprimir a quantidade de correctivo em função de determinações laboratoriais fáceis de executar e normalmente exigidas em análises de rotina. Ora, das características estudadas, o  $H^+$  de troca e a capacidade de troca não podem ser incluídos nas análises de rotina uma vez que não existem ainda métodos rápidos e suficientemente exactos para a sua determinação.

Pareceu conveniente analisar um segundo programa no qual foram eliminadas aquelas duas características.

Os sucessivos ajustamentos obtidos traduzem-se pelas seguintes equações:

$$q_1 = 116,836 - 17,393 \text{ pH (Ac.)}$$

$$R^2 = 85,83 \%$$

$$q_2 = 69,477 + 1,644 C - 10,328 \text{ pH (Ac.)}$$

$$R^2 = 91,52 \%$$

$$q_3 = 44,910 + 2,572 C - 2,124 \text{ pH (KCl)} - 5,266 \text{ pH (Ac.)}$$

$$R^2 = 93,70 \%$$

$$q_4 = 42,732 + 2,566 C - 0,874 \text{ pH (H}_2\text{O)} - 1,448 \text{ pH (KCl)} - \\ - 4,650 \text{ pH (Ac.)}$$

$$R^2 = 93,90 \%$$

Os valores de  $R^2$  obtidos mostram que o pH (Ac.) dá uma parte importante da variância da quantidade de correctivo e que a introdução sucessiva de carbono orgânico e do pH (KCl) melhora consi-

deravelmente a explicação. A inclusão do pH (H<sub>2</sub>O) já praticamente não tem influência e a argila, tal como no programa anterior, não chegou sequer a ser incluída.

Em face destes resultados parece-nos que, para solos cujas características gerais se situem dentro dos limites encontrados nas 79 amostras incluídas no programa, a quantidade laboratorial do correctivo, expresso em m. e. de CO<sub>3</sub>Ca/100 gramas de terra fina, pode determinar-se pela equação.

$$q_3 = 44,910 + 2,572 C - 2,124 \text{ pH (KCl)} - 5,266 \text{ pH (Ac.)}$$

Exprimindo os m. e. de CO<sub>3</sub>Ca/100 gramas de terra fina em kg/tonelada, a equação anterior transforma-se em

$$q_3 = [44,910 + 2,572 C - 2,124 \text{ pH (KCl)} - 5,266 \text{ pH (Ac.)}] \times 0,5$$

Representando por P o peso, em toneladas, da terra fina existente na área de um hectare e profundidade de 20 cm, e por p o valor neutralizante do correctivo expresso em CO<sub>3</sub>Ca, a quantidade de correctivo determinada laboratorialmente e expressa em kg de calcário/hectare virá dada por

$$Q = [44,910 + 2,572 C - 2,124 \text{ pH (KCl)} - 5,266 \text{ pH (Ac.)}] \times \\ \times 50 \times \frac{P}{100}$$

Esta quantidade de correctivo, como tem vindo a ser referido, é uma determinação laboratorial que para ser aplicada na prática terá que ser corrigida pelo vulgarmente chamado «factor de calagem», variável com as condições agroclimáticas e plantas a cultivar.

## II

### ALGUNS ASPECTOS DA INFLUÊNCIA DOS CORRECTIVOS BÁSICOS

Além do cálculo da quantidade de correctivo necessária para elevar o pH dum solo de modo que a sua reacção se situe dentro de determinada zona, diversos outros aspectos têm que ser encarados quando se efectua a correcção da acidez.

A escolha do correctivo a utilizar apresenta, de entre aqueles, um interesse particular.

De facto, mesmo considerando que, como já foi referido, a correcção da acidez se efectua hoje geralmente através da incorporação de calcários, a eficiência destes materiais pode ser largamente condicionada pelas diferentes características físicas, químicas e grau de finura que apresentem.

Também, apesar dos numerosos estudos que em diversos países têm sido efectuados, não parece encontrar-se ainda completamente esclarecida a acção dos correctivos básicos nas modificações físicas, químicas e biológicas que ocorrem nos solos quando o seu pH se eleva até determinado nível.

Nesta segunda parte de experimentação procuramos obter informações sobre alguns dos aspectos referidos, apreciando a influência da aplicação de um calcário, ensaiado em duas doses e dois tipos de granulometria, na reacção, complexo de troca catiônica, carbono orgânico e assimilabilidade dos elementos nobres — azoto, fósforo e potássio — de alguns solos ácidos considerados representativos no País.

#### 1. Solos utilizados

Foram ensaiadas 7 amostras provenientes de camadas superficiais de outros tantos solos distribuídos pelas seguintes Famílias: Vt (1 amostra), Pg (3 amostras), Vx (1 amostra) e Px (2 amostras).

## 1.1 Descrição dos perfis dos solos

**Vt**

[Solos Litólicos Não Húmicos de arenitos (excluindo os grés de Silves ou afins e arenitos finos micáceos)]

*Localização* — Ao km 36,1 da estrada do Infantado.

*Descrição geral:*

Amostra	Profundidade (cm)	Características
A	0 — 20	Pardo-acinzentada (2,5 Y 5/2); arenosa; sem agregação; não aderente, não plástica, solta.  Transição abrupta para
	20 — 35	Pardo-amarelada (10 Y R 5/4) com alguns nódulos ligeiramente cimentados (surraipa); arenosa; sem agregados; não aderente, não plástica, solta.  Transição nítida para
	> 35	Arenito em meteorização.

*Topografia* — A meia encosta em zona ligeiramente ondulada.

*Drenagem interna* — Regular.

*Drenagem externa* — Boa.

*Uso* — Cultura arvense de sequeiro com sobreiros dispersos.

*Observações* — Verifica-se ligeira podzolização.

**Pg**

(Solos Litólicos Não Húmicos de granitos)

*Localização* — Aguiar da Beira (cerca de 1 km na estrada para Fornos de Algodres).

*Descrição geral:*

Amostra	Profundidade (cm)	Características
B	0 — 20	Parda a pardo-escura (10 Y R 4/3); arenosa-franca; sem agregados a grumosa fina, fraca; não aderente, não plástica, solta a muito friável.  Transição nítida para
	20 — 40	Pardo-escura (10 Y R 3/3); franco-arenosa; anisóforme angulosa grosseira, fraca a sem agregados; não a pouco aderente, não a pouco plástica, friável a muito friável.  Transição gradual para
	40 — 80	Pardo-pálida (10 Y R 6/3); franco-arenosa; anisóforme angulosa grosseira, fraca a sem agregados; não a pouco aderente, não a pouco plástica, friável a muito friável.  Transição gradual para
	> 80	Granito de grão médio fortemente meteorizado.

*Topografia* — A meia encosta de cerca de 5%.

*Drenagem interna* — Regular.

*Drenagem externa* — Regular.

*Uso* — Cultura arvense de sequeiro (restolho de centeio no momento).

**Pg**

(Solos Litólicos Não Húmicos de granitos)

*Localização* — Na estrada Famalicão-Braga (próximo de Tebosa).

*Descrição geral:*

Amostra	Profundidade (cm)	Características
C	0 — 40	Pardo-escura (10 Y R 3/3); franco-arenosa, com algum saibro da natureza da rocha-mãe; granulosa média, fraca a moderada; não a pouco aderente, não plástica, muito friável.  Transição gradual para
	40 — 60	De cor mais clara do que a anterior.  Transição gradual para
	> 60	Granito de grão grosseiro (dente de cavalo) em meteorização.

*Topografia* — A meia encosta de cerca de 4 %.

*Drenagem interna* — Regular.

*Drenagem externa* — Regular.

*Uso* — Cultura arvense de sequeiro e regadio (restolho de ferrejo no momento).

*Observações* — Trata-se dum solo intensamente cultivado e em que houve mistura de horizontes em toda a espessura da 1.ª camada.

### Pg

(Solos Litólicos Não Húmicos de granitos)

*Localização* — Na estrada Arraiolos-Pavia (próximo de Aldeia da Serra).

*Descrição geral:*

Amostra	Profundidade (cm)	Características
D	0 — 20	Parda (10 Y R 5/3); arenosa ou arenosa-franca (grosseira), com algum saibro anguloso de quartzo; sem agregados; não aderente, não plástica, solta a muito friável.  Transição nítida para
	20 — 40	Idêntica à anterior mas mais clara (10 Y R 6/3).  Transição nítida para
	> 40	Granito de grão grosseiro em meteorização relativamente intensa.

*Topografia* — A meia encosta de cerca de 4 %.

*Drenagem externa* — Boa.

*Drenagem interna* — Regular a ligeiramente deficiente.

*Uso* — Cultura arvense de sequeiro (no momento pousio) com povoamento semi-disperso de azinhelras.

### Vx

(Solos Mediterrâneos Vermelhos ou Amarelos de xistos)

*Localização* — Ao km 10,4 da estrada Beja-Mértola.

*Descrição geral:*

Amostra	Profundidade (cm)	Características
E	0 — 20	Pardo-avermelhada escura a pardo avermelhada — 5 Y R (3/4 — 4/4); franca, com bastante saibro, cascalho e pedras angulosas e subangulosas de quartzo; anisoforme subangulosa grosseira e muito grosseira, moderada a fraca, composta de granulosa média e grosseira, fraca; aderente, plástica, friável a firme.  Transição abrupta para
	20 — 45	Pardo-avermelhada escura (2,5 Y R 3/4); franco-argilosa, com alguns resíduos de meteorização da rocha-mãe; anisoforme subangulosa média, moderada; aderente, plástica, firme.  Transição gradual para
	> 45	Xisto em meteorização.

*Topografia* — A meia encosta com cerca de 7% de declive, em zona ondulada.

*Drenagem interna* — Regular.

*Drenagem externa* — Livre.

*Uso* — Cultura arvense de sequeiro (pousio no momento) com alguns sobreiros dispersos.

**Px**

(Solos Mediterrâneos Pardos de xistos ou grauvaques)

*Localização* — Na estrada de Estremoz-Vimieiro.

*Descrição geral:*

Amostra	Profundidade (cm)	Características
F	0 — 20	Pardo-pálida (10 Y R 6/3); franca; anisoforme angulosa média e granulosa média, fraca a moderada; aderente, plástica, friável.  Transição gradual para
	20 — 35	Idêntica à anterior mas pardo-amarelada escura a parda — 10 Y R (4/4 — 5/3).  Transição nítida para
	> 35	Xisto argiloso em meteorização.

*Topografia* — Declive de cerca de 4 %, em zona relativamente planáltica.

*Drenagem interna* — Regular.

*Drenagem externa* — Regular.

*Uso* — Cultura arvense de sequeiro (pousio no momento), com sobreiros e azinheiras dispersas.

## Px

(Solos Mediterrâneos Pardos de xistos ou grauvaques)

*Localização* — Próximo de Mogadouro (no ângulo das estradas para Mirandela e Macedo de Cavaleiros).

*Descrição geral:*

Amostra	Profundidade (cm)	Características
G	0 — 25	Parda a pardo-escura (7,5 Y R 4/4); franca, com algum cascalho e pedras subangulosas de quartzo; granulosa a grumosa média e fina e anisoforme média, moderada a fraca; aderente, plástica, friável.  Transição nítida para
	25 — 50	Pardo-amarelada (10 Y R 5/6); franca, com algum saibro, cascalho e pedras subangulosas de quartzo; anisoforme angulosa média, fraca; aderente, plástica, friável.  Transição nítida para
	50 — 80	Amarelo-avermelhada (7,5 Y R 6/6); idêntica à anterior mas de textura um pouco mais fina, estrutura menos fraca e maior consistência.  Transição gradual para
	> 80	Xisto metamórfico em meteorização.

*Topografia* — A meia encosta com cerca de 10 % de declive, em zona moderadamente ondulada.

*Drenagem interna* — Regular.

*Drenagem externa* — Boa.

*Uso* — Cultura arvense de sequeiro, com souto de talhadia.

*Observações* — Ligeira folhada à superfície.

## 1.2 Caracterização laboratorial

Nas amostras indicadas (A a G) procedeu-se na terra seca ao ar à determinação do peso de 1 litro de terra e das percentagens de fracção < 5mm e terra fina.

A terra fina foi analisada quanto ao pH ( $H_2O$ ), pH (KCl) e pH (Ac.), análise mecânica e complexo de troca catiônica, de acordo com os métodos referidos em I.1. Procedeu-se ainda à determinação do azoto nítrico, fósforo e potássio assimiláveis, equivalente de humidade, necessidade de correctivo para pH (KCl) 5,5 e 6,5, e identificação dos minerais predominantes na argila, pelos seguintes métodos:

*Azoto nítrico ( $NO_3$ )* — Método utilizado pelo «Fachgruppe Wasserchemie in der Gesellschaft Deutscher Chemiker» (16) (\*).

*Fósforo ( $P_2O_5$ ) e Potássio ( $K_2O$ ) assimiláveis* — Método de RIHEM (50).

O fósforo foi determinado num espectrofotómetro Beckman, modelo B e o potássio num fotómetro Kipp, modelo H 45.

*Equivalente de humidade* — Método de BRIGGS & MCLANE, utilizando a técnica descrita por PIPER (44).

*Necessidade de correctivo para pH (KCl) 5,5 e 6,5* — Método descrito em I.2.2.

*Identificação dos minerais predominantes na argila* — Análise térmica diferencial, segundo o método de MACKENZIE (30).

\*  
\*   \*

No quadro 2 apresentam-se os resultados de todas as determinações efectuadas referindo-se, as da terra fina, à terra seca a 100-105° C.

---

\* Este método determina não só o  $NO_3^-$  mas também o  $NO_2^-$ , no entanto nos solos considera-se normalmente que a quantidade de  $NO_2^-$  é desprezível em relação ao  $NO_3^-$ .

Q U A D R O 2

Solos	Vt	Pg	Pg	Pg	Vx	Px	Px
Amostras	A	B	C	D	E	F	G
Peso de 1 litro de terra (g) .....	1400	1310	860	1380	1245	1290	1110
Fracção < 5 mm (%) .....	96	97	94	98	90	96	90
Fracção < 2 mm (%) .....	88	84	75	73	74	90	64
Areia grossa (%) .....	70,7	54,1	37,3	59,0	16,4	9,9	22,5
Areia fina (%) .....	19,5	32,3	28,3	25,7	41,6	42,4	42,6
Limo (%) .....	5,0	6,9	17,4	9,6	22,5	34,5	20,1
Argila (%) .....	3,7	5,3	13,4	5,7	16,0	11,5	12,3
Matéria orgânica (%) .....	1,38	1,45	5,17	0,86	2,60	1,28	3,64
pH (H <sub>2</sub> O) .....	5,85	5,00	4,80	5,90	5,80	5,60	5,25
pH (KCl) .....	4,85	4,20	4,05	5,00	4,95	4,30	4,60
pH (Ac.) .....	6,75	6,45	6,10	6,65	6,50	6,55	6,40
Carbono orgânico (C) (%) .....	0,80	0,84	3,00	0,50	1,51	0,74	2,11
Azoto total (N) (%) .....	0,065	0,063	0,240	0,050	0,110	0,066	0,145
C/N .....	12,3	13,3	12,5	10,0	13,7	11,2	14,5
Azoto nítrico (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> em mg/100 g) .....	1,00	5,50	9,25	8,00	0,55	0,20	1,05
Fósforo assimilável (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> em mg/100 g) .....	1,70	2,05	6,55	1,10	1,20	1,00	2,00
Potássio assimilável (K <sub>2</sub> O em mg/100 g) .....	5,00	5,10	8,00	7,90	7,25	8,00	14,00
Hidrogénio de troca (H <sup>+</sup> em m. e./100 g) .....	2,24	4,30	12,30	2,25	4,80	4,40	7,00
Cálcio de troca (Ca <sup>++</sup> em m. e./100 g) .....	1,60	1,04	0,68	1,81	3,15	2,16	1,73
Magnésio de troca (Mg <sup>++</sup> em m. e./100 g) .....	0,84	0,86	0,63	0,80	1,51	1,02	1,34
Potássio de troca (K <sup>+</sup> em m. e./100 g) .....	0,14	0,28	0,12	0,15	0,10	0,15	0,18
Sódio de troca (Na <sup>+</sup> em m. e./100 g) .....	0,16	0,25	0,28	0,26	0,32	0,37	0,29
Bases de troca (S em m. e./100 g) .....	2,74	2,43	1,71	3,02	5,08	3,70	3,54
Capacidade de troca catiónica (T em m. e./100 g) ...	4,70	6,95	14,70	4,70	10,00	8,80	10,60
Grau de saturação (V = S/T. 100) .....	58,3	35,0	11,6	64,3	50,8	42,0	33,4
Equivalente de humidade (%) .....	7,3	11,0	27,0	10,4	22,8	22,6	24,7
Quantidade de correctivo, expresso em m. e. CO <sub>2</sub> Ca/100 g de terra fina, necessário para corrigir a acidez até	{ pH (KCl) 5,5 0,30 pH (KCl) 6,5 1,89	2,01	6,67	0,59	0,90	1,68	2,62
		4,83	13,65	1,93	4,20	3,86	6,38
Minerais predominantes na argila .....	Illite e caulinite	Caulinite e óxidos hidratados	Caulinite e óxidos hidratados	Caulinite e óxidos hidratados	Caulinite e illite	Montmorilonite e illite	Caulinite e montmorilonite

## 2. Descrição dos ensaios

Os ensaios tiveram início em 2 de Novembro de 1963 e foram efectuados no Horto de Química Agrícola do Instituto Superior de Agronomia.

Utilizaram-se vasos de MITSCHERLICH, levando cada vaso 5 kg de terra passada à ciranda (fracção < 5 mm).

Por cada amostra de terra foram utilizadas 6 séries de vasos, compreendendo cada série as seguintes modalidades:

Testemunha	
Calcário grosseiro *	até pH (KCl) 5,5
Calcário fino *	até pH (KCl) 5,5
Calcário grosseiro	até pH (KCl) 6,5
Calcário fino	até pH (KCl) 6,5

O calcário utilizado foi um calcário mole que na fracção mais fina apresentava 94,5 % de  $\text{CO}_3\text{Ca}$ , 2,5 % de  $\text{CO}_3\text{Mg}$  e 0,55 % de  $\text{SiO}_2$ .

O cálcio e o magnésio foram determinados utilizando o versenato (13). O  $\text{SiO}_2$  foi determinado pelo método seguido no Laboratório de Pedagogia do Instituto Superior de Agronomia.

Nas modalidades em que se efectuou a correcção da acidez o calcário foi intimamente misturado com a terra.

Os vasos eram mantidos ao equivalente de humidade. Normalmente encontravam-se tapados mas destapavam-se ocasionalmente.

Eram pesados, em geral de dois em dois dias, perfazendo-se de cada vez o peso inicial com água desionizada.

No fim de 15 dias, 1 mês, 2,5 meses, 4 meses, 5 meses e 6 meses, cada uma das séries foi desenvasada e seca ao ar em tabuleiros.

Da terra correspondente a cada vaso eram retiradas 3 mostras de cerca de 1 kg que em seguida eram crivadas para obtenção da terra fina.

Nesta fracção efectuaram-se determinações referentes ao pH ( $\text{H}_2\text{O}$ ), pH (KCl) e pH (Ac.), complexo de troca catiónica, carbono orgânico, azoto nítrico e fósforo e potássio assimiláveis.

---

\* As designações de «calcário grosseiro» e «calcário fino» correspondem aos tipos de granulometria fixados oficialmente pela portaria n.º 15 639 de 13 de Dezembro de 1955.

### 3. Resultados e sua apreciação

Nos quadros 3 a 8 apresentam-se, respectivamente, os resultados referentes à reacção do solo, complexo de troca catiónica, carbono orgânico, azoto nítrico, fósforo assimilável e potássio assimilável.

Os valores que se indicam são a média dos que foram obtidos nas 3 determinações.

#### 3.1 Reacção

Os dados apresentados no quadro 3 mostram que no fim de 15 dias de contacto das terras com o correctivo há concordância dos valores do pH (KCl) encontrados e os que foram calculados a partir do método descrito em I.2.2.

De facto, considerando a diluição de 1:10 — utilizada no método — verifica-se que para as modalidades em que se usou calcário fino, as diferenças entre os valores determinados e calculados atingem no máximo 0,15 unidades.

Os valores do pH (H<sub>2</sub>O) e pH (Ac.) concordam na generalidade com os que poderiam esperar-se a partir das determinações correspondentes em KCl. Como afirmámos em I.2.2., para valores de pH (KCl) cerca de 6,5, tanto o pH (H<sub>2</sub>O) como o pH (Ac.) estão próximos de 7.

A influência da diluição nos valores do pH é bastante reduzida e sensivelmente constante no pH (KCl). Pelo contrário, no pH (H<sub>2</sub>O) a diferença entre as diluições de 1:2,5 e 1:10 excede frequentemente 0,5 unidades e, embora se atenua para valores próximos da neutralidade, mesmo nesta zona ainda é muitas vezes da ordem de 0,2 a 0,3 unidades.

O pH (Ac.) é também afectado pela diluição, apresentando as diferenças valores intermédios aos que se verificam no pH (H<sub>2</sub>O) e pH (KCl). A diferença entre as duas diluições tende também a atenuar-se quando a saturação de bases aumenta, no entanto, a variação é pouco evidente dentro dos limites relativamente próximos em que no conjunto das amostras e modalidades o pH (Ac.) se situa.

À medida que aumenta o tempo de contacto verifica-se em geral uma progressiva acidificação a qual apresenta extensão variável consoante as amostras e em cada amostra tende a diminuir da testemunha para a modalidade em que se aplicou maior quantidade de correctivo.

QUADRO 3

Reacção

Modalidades			Testemunha						Correcção a pH (KCl) 5,5												Correcção a pH (KCl) 6,5											
									Calcário grosseiro						Calcário fino						Calcário grosseiro						Calcário fino					
			Solo	Amostra	Tempo de contacto	pH (KCl)		pH (H <sub>2</sub> O)		pH (Ac.)		pH (KCl)		pH (H <sub>2</sub> O)		pH (Ac.)		pH (KCl)		pH (H <sub>2</sub> O)		pH (Ac.)		pH (KCl)		pH (H <sub>2</sub> O)		pH (Ac.)		pH (KCl)		pH (H <sub>2</sub> O)
1:10	1:2,5	1:10				1:2,5	1:10	1:2,5	1:10	1:2,5	1:10	1:2,5	1:10	1:2,5	1:10	1:2,5	1:10	1:2,5	1:10	1:2,5	1:10	1:2,5	1:10	1:2,5	1:10	1:2,5	1:10	1:2,5	1:10	1:2,5	1:10	1:2,5
Vt	A	15 dias	4,95	4,85	6,45	6,10	7,00	6,70	5,55	5,45	6,40	5,90	7,05	6,85	5,60	5,55	6,50	6,05	7,10	6,85	6,40	6,40	6,90	6,65	7,20	7,00	6,45	6,45	7,00	6,80	7,25	7,05
		1 mês	4,75	4,70	5,75	5,15	6,90	6,65	5,50	5,40	6,20	5,80	7,05	6,80	5,55	5,50	6,15	6,00	7,10	6,80	6,35	6,30	6,80	6,40	7,20	7,00	6,40	6,40	6,90	6,65	7,25	7,05
		2,5 meses	4,75	4,65	5,75	5,15	6,85	6,55	5,50	5,45	6,15	5,75	7,00	6,80	5,55	5,50	6,20	5,80	7,05	6,80	6,35	6,30	6,80	6,40	7,15	6,90	6,35	6,35	6,85	6,50	7,20	7,00
		4 »	4,70	4,60	5,70	5,10	6,80	6,50	5,50	5,45	6,15	5,70	6,95	6,75	5,50	5,45	6,20	5,80	7,00	6,75	6,35	6,30	6,80	6,40	7,15	6,90	6,35	6,35	6,85	6,50	7,20	7,00
		5 »	4,75	4,55	5,70	5,05	6,75	6,50	5,50	5,45	6,10	5,70	6,95	6,70	5,50	5,45	6,15	5,75	6,95	6,75	6,30	6,25	6,80	6,40	7,15	6,90	6,35	6,30	6,85	6,45	7,15	6,90
		6 »	4,60	4,50	5,65	5,05	6,75	6,50	5,50	5,45	6,10	5,70	6,90	6,65	5,50	5,45	6,15	5,75	6,95	6,70	6,30	6,25	6,80	6,40	7,15	6,90	6,35	6,30	6,85	6,45	7,15	6,90
Pg	B	15 dias	4,35	4,20	5,50	5,05	6,75	6,40	5,45	5,35	6,85	6,40	6,90	6,65	5,55	5,45	7,00	6,50	6,90	6,65	6,45	6,40	7,50	7,40	7,10	6,90	6,50	6,45	7,60	7,50	7,15	6,95
		1 mês	4,35	4,25	5,40	4,80	6,75	6,40	5,45	5,35	6,35	5,90	6,90	6,60	5,55	5,50	6,45	6,05	6,95	6,60	6,40	6,35	6,90	6,70	7,10	6,90	6,50	6,40	7,00	6,80	7,15	6,95
		2,5 meses	4,30	4,20	5,00	4,45	6,80	6,45	5,35	5,25	6,10	5,75	7,00	6,75	5,40	5,30	6,20	5,85	7,00	6,60	6,30	6,20	6,60	6,50	7,10	7,00	6,40	6,40	6,70	6,50	7,20	7,00
		4 »	4,25	4,15	4,70	4,20	6,70	6,35	5,30	5,25	6,05	5,60	6,90	6,70	5,40	5,30	6,10	5,70	6,95	6,65	6,30	6,25	6,50	6,40	7,05	6,95	6,40	6,30	6,70	6,55	7,10	6,95
		5 »	4,20	4,10	4,50	4,20	6,70	6,30	5,30	5,25	5,80	5,50	6,90	6,60	5,40	5,35	5,90	5,65	6,90	6,60	6,30	6,25	6,50	6,40	7,05	6,90	6,40	6,30	6,60	6,45	7,10	6,90
		6 »	4,20	4,10	4,40	4,20	6,70	6,30	5,30	5,20	5,60	5,45	6,90	6,60	5,40	5,30	5,70	5,50	6,85	6,60	6,30	6,25	6,50	6,35	7,05	6,90	6,40	6,30	6,60	6,40	7,10	6,90
Pg	C	15 dias	4,15	4,10	4,75	4,55	6,45	6,05	5,40	5,30	6,20	5,90	6,75	6,45	5,50	5,45	6,40	6,10	6,80	6,50	6,30	6,25	6,75	6,60	6,95	6,70	6,45	6,35	6,95	6,80	7,00	6,75
		1 mês	4,15	4,10	4,70	4,55	6,45	6,05	5,35	5,25	6,00	5,85	6,70	6,45	5,40	5,30	6,15	6,00	6,75	6,50	6,30	6,25	6,75	6,60	6,95	6,70	6,45	6,35	6,95	6,75	7,00	6,70
		2,5 meses	4,15	4,10	4,60	4,30	6,40	6,00	5,35	5,25	6,00	5,80	6,75	6,50	5,45	5,35	6,10	5,90	6,75	6,50	6,30	6,20	6,70	6,55	6,95	6,70	6,40	6,30	6,90	6,70	7,00	6,70
		4 »	4,15	4,10	4,50	4,20	6,35	5,95	5,30	5,20	6,00	5,80	6,70	6,45	5,40	5,30	6,10	5,85	6,75	6,50	6,25	6,20	6,60	6,45	6,90	6,55	6,35	6,30	6,80	6,60	6,95	6,60
		5 »	4,15	4,10	4,45	4,10	6,35	5,90	5,25	5,15	5,95	5,70	6,75	6,50	5,35	5,30	6,05	5,80	6,80	6,50	6,25	6,20	6,60	6,45	6,90	6,60	6,35	6,30	6,75	6,60	6,95	6,60
		6 »	4,15	4,10	4,30	4,05	6,35	5,90	5,25	5,15	5,95	5,60	6,85	6,35	5,35	5,30	6,05	5,80	6,70	6,40	6,25	6,15	6,55	6,40	6,90	6,60	6,35	6,30	6,70	6,55	6,95	6,60
Pg	D	15 dias	5,10	5,00	6,10	5,80	7,00	6,75	5,50	5,40	6,50	6,30	6,90	6,70	5,55	5,50	6,55	6,35	6,90	6,70	6,40	6,30	7,00	6,80	7,15	7,10	6,50	6,40	7,05	6,85	7,15	7,10
		1 mês	5,05	4,90	6,00	5,65	7,00	6,75	5,25	5,25	6,40	6,20	6,90	6,70	5,40	5,35	6,50	6,30	6,90	6,70	6,30	6,20	6,60	6,45	7,15	7,10	6,40	6,30	6,70	6,50	7,15	7,10
		2,5 meses	4,85	4,65	5,60	5,10	6,95	6,70	5,15	5,05	5,80	5,50	6,80	6,55	5,20	5,10	5,85	5,60	6,80	6,60	6,05	5,90	6,50	6,25	7,05	7,00	6,15	6,00	6,60	6,35	7,05	7,00
		4 »	4,85	4,50	5,25	4,80	6,90	6,70	5,10	5,00	5,70	5,25	6,70	6,50	5,15	5,10	5,80	5,35	6,75	6,55	6,05	5,90	6,50	6,25	6,95	6,90	6,15	6,00	6,60	6,40	7,00	6,95
		5 »	4,50	4,30	5,10	4,60	6,85	6,65	5,05	4,90	5,60	5,20	6,70	6,50	5,10	5,00	5,65	5,30	6,75	6,55	6,05	5,90	6,40	6,20	6,95	6,90	6,15	6,00	6,50	6,30	7,00	6,95
		6 »	4,45	4,25	5,00	4,60	6,80	6,60	5,00	4,90	5,50	5,05	6,70	6,50	5,05	4,95	5,50	5,10	6,75	6,55	6,05	5,90	6,40	6,20	6,95	6,90	6,10	6,00	6,45	6,30	7,00	6,95
Vx	E	15 dias	4,85	4,80	6,00	5,45	6,80	6,45	5,45	5,35	6,20	5,80	6,85	6,55	5,50	5,40	6,25	5,80	6,85	6,55	6,35	6,30	6,80	6,70	7,00	6,80	6,40	6,35	6,85	6,75	7,00	6,80
		1 mês	4,85	4,80	5,90	5,30	6,80	6,45	5,40	5,35	6,05	5,60	6,85	6,55	5,45	5,35	6,10	5,70	6,85	6,55	6,35	6,30	6,65	6,55	7,00	6,80	6,40	6,35	6,70	6,60	7,05	6,80
		2,5 meses	4,15	4,75	5,75	5,30	6,80	6,45	5,40	5,35	5,80	5,50	6,85	6,55	5,45	5,35	5,90	5,60	6,85	6,55	6,35	6,30	6,60	6,55	7,00	6,80	6,40	6,35	6,65	6,60	7,00	6,80
		4 »	4,80	4,70	5,65	5,25	6,80	6,40	5,40	5,30	5,70	5,40	6,85	6,55	5,45	5,40	5,80	5,50	6,85	6,55	6,40	6,30	6,60	6,55	7,00	6,80	6,40	6,35	6,65	6,60	7,00	6,80
		5 »	4,75	4,70	5,60	5,20	6,70	6,35	5,40	5,30	5,70	5,40	6,80	6,55	5,45	5,40	5,80	5,50	6,85	6,55	6,40	6,30	6,60	6,55	7,00	6,80	6,40	6,35	6,65	6,60	7,00	6,80
		6 »	4,75	4,65	5,60	5,20	6,65	6,30	5,40	5,30	5,70	5,40	6,80	6,55	5,40	5,35	5,80	5,50	6,85	6,55	6,35	6,30	6,60	6,55	7,00	6,80	6,40	6,35	6,65	6,60	7,00	6,80
Px	F	15 dias	4,25	4,15	5,50	5,10	6,80	6,45	5,30	5,20	6,25	5,70	6,90	6,65	5,35	5,25	6,35	5,80	6,90	6,65	6,40	6,35	6,80	6,70	7,05	6,80	6,35	6,35	6,90	6,80	7,10	6,80
		1 mês	4,25	4,15	5,40	5,00	6,80	6,45	5,30	5,20	6,00	5,60	6,90	6,65	5,35	5,25	6,10	5,75	6,90	6,65	6,40	6,35	6,70	6,60	7,05	6,80	6,40	6,35	6,80	6,70	7,10	6,80
		2,5 meses	4,25	4,15	5,30	4,90	6,80	6,45	5,30	5,20	5,90	5,60	6,90	6,65	5,35	5,25	6,10	5,70	6,90	6,65	6,40	6,35	6,60	6,50	7,05	6,80	6,40	6,35	6,60	6,50	7,10	6,80
		4 »	4,25	4,15	5,20	4,80	6,80	6,45	5,30	5,20	5,80	5,50	6,90	6,65	5,35	5,25	5,90	5,60	6,90	6,65	6,40	6,35	6,55	6,40	7,05	6,80	6,40	6,35	6,60	6,40	7,10	6,80
		5 »	4,25	4,15	5,10	4,75	6,75	6,40	5,30	5,20	5,70	5,50	6,90	6,65	5,35	5,25	5,80	5,50	6,90	6,65	6,40	6,35	6,55	6,35	7,05	6,80	6,40	6,35	6,60	6,40	7,10	6,80
		6 »	4,25	4,15	5,05	4,70	6,70	6,35	5,30	5,20	5,70	5,50	6,90	6,65	5,30	5,20	5,80	5,50	6,90	6,65	6,40	6,35	6,55	6,35	7,05	6,80	6,40	6,35	6,60	6,40	7,10	6,80
Px	G	15 dias	4,60	4,50	5,85	5,35	6,70	6,35	5,50	5,40	6,10	6,00	6,80	6,50	5,55	5,45	6,20	6,00	6,80	6,50	6,40	6,35	6,70	6,50	6,90	6,70	6,45	6,40	6,75	6,55	6,95	6,75
		1 mês	4,55	4,45	5,80	5,30	6,65	6,35	5,45	5,40	5,80	5,50	6,80	6,50	5,50	5,40	5,90	5,60	6,80	6,50	6,40	6,35	6,70	6,50	6,90	6,70	6,45	6,40	6,70	6,50	6,95	6,75
		2,5 meses	4,50	4,40	5,50	4,80	6,65	6,30	5,40	5,30	5,70	5,40	6,80	6,50	5,45	5,35	5,80	5,50	6,80	6,50	6,35	6,30	6,60	6,35	6,90	6,70	6,40	6,35	6,60	6,40	6,90	6,75
		4 »	4,45	4,40	5,45	4,																										

O aumento de acidez ao longo do tempo manifesta-se essencialmente no pH (H<sub>2</sub>O) que nalguns casos chega a acusar ao fim de 6 meses decréscimos da ordem de 1 unidade nos valores encontrados para o tempo de contacto de 15 dias.

As diminuições no pH (KCl) e pH (Ac.), embora se verifiquem na maior parte das amostras, são em geral muito reduzidas, com excepção das amostras A e D em que atingem valores consideráveis. O comportamento destas duas amostras parece justificável uma vez que pelas características que foram indicadas no quadro 2, nomeadamente o valor de T, o seu poder tamponizante será relativamente mais baixo.

Nos gráficos 1 e 2 pode observar-se, para as testemunhas, a evolução dos valores do pH (Ac.), pH (H<sub>2</sub>O) e pH (KCl) durante o tempo de contacto, respectivamente numa amostra em que a acidificação foi pouco evidente — amostra C — e numa das que foram referidas — amostra D.

A acidificação com o aumento do tempo de contacto, que foi também verificada por exemplo por ALLISON & COVER (2), é compreensível atendendo às condições em que os ensaios foram efectuados.

De facto, como as amostras eram sempre mantidas ao equivalente de humidade e sob temperaturas que embora variáveis não atingiam limites susceptíveis de causar qualquer inibição na actividade microbiana, haveria condições favoráveis a diversas alterações cuja resultante poderá manifestar-se por um aumento de H<sup>+</sup> no solo.

Entre essas alterações contar-se-iam como mais importantes a humificação da matéria orgânica, nitrificação, libertação de anidrido carbónico e reacções de hidrólise e de oxidação-redução.

O período de tempo a partir do qual se começou a verificar uma descida nos valores do pH não coincide com os que mais frequentemente aparecem referidos, sobretudo naquelas modalidades em que se aplicou a quantidade de correctivo mais elevada.

De facto, os resultados obtidos por alguns investigadores em ensaios efectuados segundo técnicas muito semelhantes à que por nós foi utilizada indicam, normalmente, períodos de tempo bastante mais longos.

Assim, DUNN (15), só em determinações posteriores a 3 meses de contacto encontrou valores do pH mais baixos.

## AMOSTRA C

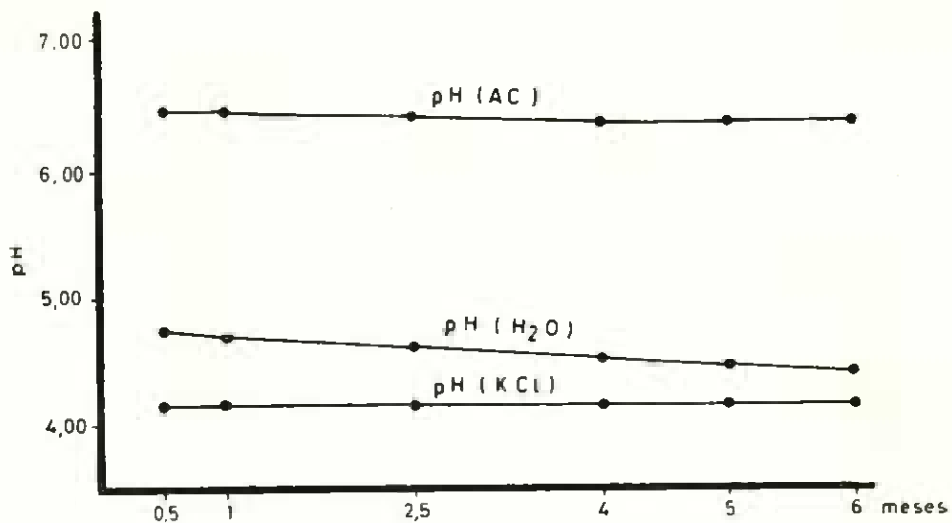


GRÁFICO 1

## AMOSTRA D

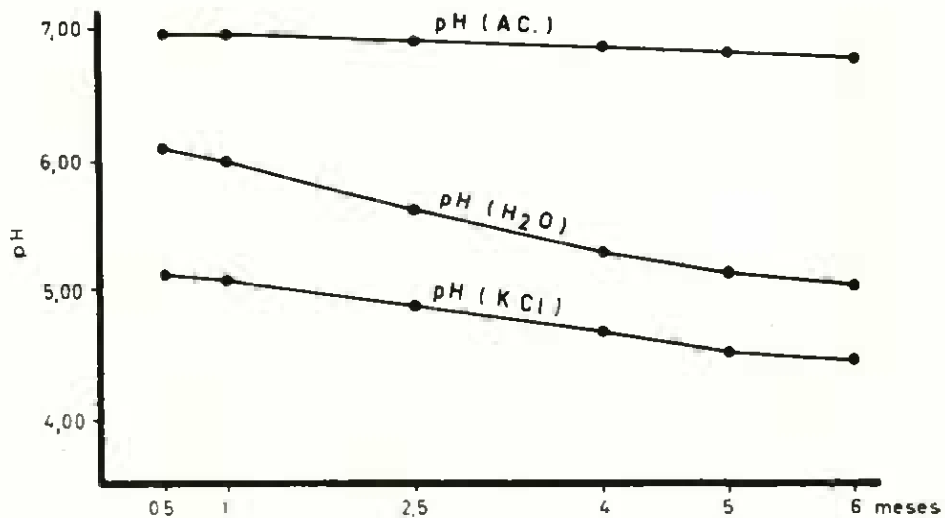


GRÁFICO 2

MEYER & VOLK (36) observaram que só passados 18 meses se começou a verificar acidificação.

Estas disparidades parecem no entanto justificar-se atendendo a que embora possam ter sido muito semelhantes as condições em que os ensaios foram efectuados, haveria certamente diferença nas características do calcário utilizado.

É evidente que havendo condições que possam favorecer a acidificação esta começa a manifestar-se logo que o poder neutralizante do correctivo deixe de ser suficiente para a compensar.

Tratando-se de calcários que reajam lentamente, o tempo de contacto necessário para que se atinja o máximo nos valores do pH será mais elevado do que nos calcários que tenham uma grande velocidade de reacção.

As características do calcário que condicionam a sua velocidade de reacção num determinado solo não se encontram ainda completamente definidas.

Vários autores (18, 43, 61, 65) têm apresentado métodos laboratoriais destinados a avaliar facilmente a maior ou menor rapidez com que o calcário irá actuar quando colocado em contacto com o solo. No entanto os resultados dos diferentes métodos são geralmente pouco concordantes e parece que com nenhum deles se obteve ainda uma aceitável correlação entre os resultados do laboratório e os que se verificam na prática.

A granulometria é ainda a característica que a maior parte dos autores (8, 36, 61) consideram como mais representativa na velocidade de reacção do calcário.

Segundo MOTTO & WELSTED (39) o pH dum solo no fim dum determinado tempo de contacto com o calcário, poderia mesmo calcular-se com base na expressão

$$pH_t = pH_1 + b \log (1 + t)$$

sendo  $pH_t$  e  $pH_1$  respectivamente o pH no fim e no início do contacto,  $t$  o tempo de contacto expresso em semanas e  $b$  um factor que para determinado solo e quantidade de correctivo depende da granulometria do calcário.

Nos nossos ensaios, no entanto, praticamente não observámos diferença entre o calcário grosseiro e fino.

De facto, no primeira determinação efectuada, isto é, no fim de 15 dias de contacto, os valores do pH encontrados nas modalidades

em que se applicou calcário grosseiro são apenas ligeiramente inferiores aos que se verificam nas modalidades em que se utilizaram as mesmas quantidades de calcário fino. Além disso as diferenças mantiveram-se praticamente constantes ao longo do tempo, o que levou a admitir a hipótese de elas serem devidas não a uma incompleta reacção do calcário grosseiro mas sim a um menor poder neutralizante total desta fracção.

Esta hipótese foi posteriormente confirmada ao proceder-se à determinação da sílica no calcário grosseiro e no calcário fino, tendo-se então verificado que enquanto no calcário fino havia 0,55 % de Si O<sub>2</sub>, no calcário grosseiro o teor era de 2,25 %.

Como se utilizou a mesma quantidade de calcário grosseiro e de calcário fino, as modalidades em que se applicou o primeiro receberam, necessariamente, menor quantidade de produto activo.

Os factos observados levam-nos a concluir que a apreciação da velocidade de reacção dum calcário tomando em consideração apenas a diferença de tamanho das partículas não é sufficiente e que pode mesmo conduzir a erros elevados se as granulometrias forem generalizadas a todos os calcários.

A expressão de MOTTO & WELSTED que foi apresentada, será applicável a um determinado calcário mas não parece dever-se generalizar a diversos outros.

SHAW & ROBINSON (61) consideram que, além da granulometria, também o teor de magnésio e o poder neutralizante total expresso em CO<sub>2</sub>Ca influem na velocidade com que certa quantidade de calcário é decomposta por um determinado solo.

Não nos parece porém que mesmo a inclusão desta característica seja sufficiente para explicar a diferente velocidade de reacção de calcários com a mesma granulometria.

Apesar de SALTER & MORGAN [THOMAS & GROSS (65)] não terem verificado em ensaios laboratoriais qualquer influencia de outras características físicas, como por exemplo a dureza e porosidade, estamos convencidos de que, na realidade, estas características determinam em grande parte a velocidade de reacção do calcário.

De facto, parece lógico admitir que, em igualdade de outros factores, um calcário será tanto mais facilmente decomposto quanto menos duro e mais poroso se apresentar.

Consideramos mesmo que a elevada velocidade de reacção do

QUADRO 4  
Complexo de troca catiónica

Solos	Amostras	Tempo de contacto	Testemunha									Correcção a pH (KCl) 5,5															Correcção a pH (KCl) 6,5															
												Calcário grosseiro							Calcário fino								Calcário grosseiro							Calcário fino								
			H <sup>+</sup>	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	S	T	V	H <sup>+</sup>	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	S	T	V	H <sup>+</sup>	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	S	T	V	H <sup>+</sup>	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	S	T	V	H <sup>+</sup>	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	S	T	V
Vt	A	15 dias	2,24	1,60	0,83	0,14	0,16	2,73	4,70	58,1	1,52	2,03	0,86	0,13	0,15	3,17	4,80	66,0	1,50	2,05	0,85	0,13	0,16	3,19	4,82	66,2	1,20	2,90	0,96	0,12	0,15	4,13	5,00	82,6	1,20	2,98	0,97	0,13	0,15	4,23	5,00	84,6
		1 mês	2,28	1,59	0,84	0,13	0,16	2,72	4,80	56,7	1,66	2,03	0,85	0,12	0,16	3,16	4,84	65,3	1,64	2,06	0,84	0,13	0,15	3,18	4,85	65,6	1,22	3,00	1,00	0,12	0,14	4,26	5,05	84,4	1,20	3,00	0,96	0,12	0,14	4,22	5,06	83,4
		2,5 meses	2,43	1,61	0,82	0,14	0,15	2,72	4,90	55,5	1,70	2,05	0,84	0,13	0,16	3,18	4,88	65,2	1,68	2,07	0,86	0,12	0,15	3,20	4,87	65,7	1,24	3,20	1,01	0,12	0,15	4,48	5,10	87,9	1,24	3,25	0,97	0,11	0,15	4,48	5,14	87,2
		4 »	2,49	1,60	0,85	0,12	0,16	2,73	4,91	55,6	1,74	2,05	0,86	0,13	0,15	3,19	4,94	64,6	1,70	2,07	0,85	0,12	0,15	3,19	4,92	64,8	1,26	3,30	0,99	0,12	0,15	4,56	5,20	87,7	1,25	3,40	1,00	0,12	0,15	4,67	5,21	89,6
		5 »	2,50	1,60	0,84	0,13	0,16	2,73	4,92	55,5	1,76	2,05	0,86	0,13	0,16	3,20	4,96	64,5	1,75	2,09	0,86	0,13	0,16	3,24	4,98	65,1	1,26	3,45	0,97	0,11	0,14	4,67	5,25	89,0	1,28	3,50	0,98	0,12	0,15	4,75	5,26	90,3
		6 »	2,54	1,60	0,84	0,14	0,16	2,74	4,94	55,5	1,80	2,05	0,86	0,13	0,16	3,20	5,00	64,0	1,78	2,10	0,86	0,13	0,16	3,25	5,00	65,0	1,30	3,58	0,97	0,11	0,15	4,81	5,30	90,8	1,30	3,62	0,98	0,12	0,15	4,87	5,30	91,9
Pg	B	15 dias	4,82	1,00	0,85	0,26	0,26	2,37	7,00	33,9	3,04	1,69	0,90	0,25	0,26	3,10	7,16	43,3	3,00	1,71	0,91	0,26	0,25	3,13	7,20	43,5	2,00	4,20	0,93	0,24	0,25	5,62	7,25	77,5	2,00	4,30	0,93	0,24	0,25	5,72	7,27	78,7
		1 mês	4,83	0,98	0,86	0,25	0,25	2,34	7,06	33,1	3,12	1,72	0,91	0,26	0,24	3,13	7,20	43,5	3,08	1,74	0,90	0,25	0,26	3,15	7,25	43,4	2,00	4,40	0,94	0,24	0,25	5,83	7,30	79,9	2,02	4,50	0,93	0,24	0,26	5,93	7,34	80,8
		2,5 meses	4,89	0,96	0,85	0,25	0,26	2,32	7,14	32,5	3,15	1,74	0,90	0,24	0,25	3,13	7,26	43,1	3,11	1,76	0,91	0,24	0,25	3,16	7,26	43,5	2,03	4,55	0,93	0,23	0,24	5,95	7,45	79,9	2,02	4,60	0,93	0,24	0,24	6,01	7,46	80,6
		4 »	4,96	0,97	0,85	0,24	0,26	2,32	7,20	32,2	3,16	1,76	0,90	0,26	0,24	3,16	7,31	43,2	3,14	1,77	0,89	0,25	0,25	3,16	7,30	43,3	2,05	4,70	0,93	0,23	0,24	6,10	7,58	80,5	2,05	4,70	0,93	0,24	0,27	6,14	7,56	81,2
		5 »	4,97	0,98	0,85	0,25	0,26	2,34	7,24	32,3	3,20	1,80	0,90	0,26	0,26	3,22	7,38	43,6	3,18	1,81	0,90	0,25	0,26	3,22	7,39	43,6	2,07	4,85	0,93	0,23	0,25	6,26	7,69	81,4	2,06	4,86	0,93	0,24	0,26	6,28	7,66	82,0
		6 »	5,00	0,98	0,85	0,26	0,25	2,34	7,28	32,1	3,25	1,89	0,90	0,25	0,26	3,30	7,42	44,5	3,23	1,90	0,90	0,25	0,26	3,31	7,41	44,7	2,07	4,95	0,93	0,24	0,25	6,37	7,78	81,9	2,08	4,95	0,93	0,24	0,25	6,37	7,75	82,2
Pg	C	15 dias	12,36	0,90	0,64	0,12	0,29	1,95	14,80	13,2	8,50	5,89	0,68	0,12	0,26	6,85	14,95	45,8	8,45	5,89	0,67	0,13	0,27	6,96	14,90	46,7	4,80	11,38	0,73	0,11	0,26	12,48	16,25	76,8	4,66	11,52	0,74	0,12	0,27	12,65	16,30	77,6
		1 mês	12,50	0,86	0,63	0,12	0,28	1,89	15,14	12,5	8,53	6,11	0,67	0,13	0,27	7,18	15,27	47,0	8,50	6,13	0,67	0,12	0,26	7,08	15,30	46,3	4,90	11,74	0,74	0,12	0,25	12,85	16,50	77,9	4,80	11,90	0,74	0,11	0,26	13,01	16,50	78,8
		2,5 meses	13,04	0,91	0,65	0,11	0,27	1,94	15,47	12,5	8,61	6,44	0,68	0,12	0,26	7,40	15,58	47,5	8,60	6,45	0,68	0,12	0,25	7,40	15,60	47,4	4,97	12,26	0,73	0,11	0,27	13,37	16,85	79,3	4,90	12,36	0,74	0,11	0,25	13,46	16,86	79,8
		4 »	13,40	0,89	0,64	0,12	0,28	1,93	15,83	12,2	8,72	6,50	0,68	0,12	0,25	7,45	15,94	46,7	8,68	6,50	0,67	0,12	0,26	7,45	15,90	46,9	5,00	12,55	0,74	0,10	0,28	13,67	17,00	80,4	4,98	12,64	0,73	0,10	0,27	13,74	17,00	79,8
		5 »	13,55	0,90	0,64	0,11	0,29	1,94	15,91	12,2	8,94	6,53	0,67	0,12	0,27	7,49	16,13	46,4	8,90	6,55	0,68	0,12	0,26	7,51	16,15	46,5	5,05	12,82	0,73	0,11	0,28	13,94	17,20	81,0	5,00	12,91	0,73	0,11	0,28	14,03	17,20	80,8
		6 »	13,70	0,90	0,63	0,12	0,29	1,94	16,04	12,1	9,12	6,57	0,68	0,12	0,26	7,53	16,20	46,5	9,06	6,60	0,68	0,12	0,26	7,56	16,24	46,6	5,12	13,02	0,73	0,11	0,27	14,13	17,40	81,2	5,10	13,06	0,74	0,12	0,28	14,20	17,43	81,5
Pg	D	15 dias	2,13	1,81	0,81	0,10	0,21	2,93	4,73	61,9	1,78	2,36	0,83	0,09	0,20	3,48	4,85	71,8	1,75	2,40	0,82	0,10	0,20	3,52	4,85	72,6	0,90	3,50	0,88	0,10	0,20	4,68	5,00	93,6	0,85	3,58	0,89	0,10	0,20	4,77	4,98	81,5
		1 mês	2,19	1,79	0,80	0,09	0,20	2,88	4,80	60,0	1,79	2,41	0,82	0,10	0,20	3,53	4,96	71,2	1,77	2,41	0,81	0,09	0,21	3,52	4,90	71,8	0,94	3,66	0,88	0,10	0,19	4,83	5,10	94,7	0,90	3,70	0,89	0,10	0,21	4,90	5,10	95,8
		2,5 meses	2,28	1,80	0,80	0,10	0,21	2,91	4,85	60,0	1,82	2,44	0,83	0,10	0,21	3,58	5,05	70,9	1,80	2,46	0,84	0,10	0,21	3,61	5,00	72,2	1,02	3,81	0,87	0,08	0,20	4,96	5,25	94,5	1,00	3,85	0,88	0,10	0,20	5,03	5,25	96,1
		4 »	2,34	1,79	0,79	0,10	0,20	2,88	4,89	58,9	1,85	2,50	0,83	0,10	0,21	3,64	5,15	70,7	1,83	2,51	0,83	0,10	0,20	3,64	5,12	71,1	1,14	3,95	0,89	0,09	0,21	5,14	5,40	95,2	1,10	3,98	0,89	0,10	0,20	5,17	5,37	95,8
		5 »	2,36	1,80	0,80	0,10	0,21	2,91	4,92	59,1	1,90	2,52	0,84	0,11	0,20	3,67	5,18	70,8	1,88	2,52	0,82	0,10	0,20	3,64	5,20	70,0	1,17	4,10	0,88	0,10	0,20	5,28	5,42	97,4	1,14	4,14	0,88	0,10	0,21	5,33	5,41	96,3
		6 »	2,38	1,80	0,81	0,10	0,21	2,92	5,00	58,4	1,92	2,57	0,84	0,10	0,21	3,72	5,24	71,0	1,90	2,56	0,83	0,10	0,20	3,69	5,25	70,3	1,20	4,18	0,88	0,10	0,20	5,36	5,50	97,5	1,18	4,20	0,88	0,10	0,20	5,38	5,48	98,5
Vx	E	15 dias	4,17	3,15	1,51	0,11	0,31	5,08	10,02	50,7	3,56	3,78	1,60	0,11	0,32	5,81	10,42	55,8	3,50	3,80	1,60	0,10	0,33	5,83	10,45	55,8	2,45	5,94	1,64	0,10	0,30	7,98	11,10	71,9	2,41	5,98	1,65	0,11	0,30	8,04	11,14	98,2
		1 mês	4,26	3,11	1,48	0,10	0,32	5,01	10,08	49,7	3,56	3,80	1,58	0,11	0,31	5,80	10,48	55,3	3,50	3,82	1,60	0,11	0,32	5,85	10,48	55,8	2,45	6,38	1,65	0,11	0,31	8,45	11,20	75,4	2,44	6,40	1,65	0,10	0,31	8,46	11,20	72,2
		2,5 meses	4,40	3,05	1,50	0,10	0,30	4,95	10,10	49,0	3,58	3,80	1,61	0,11	0,30	5,82	10,52	55,3	3,56	3,81	1,61	0,11	0,31	5,84	10,50	55,6	2,47	6,46	1,66	0,10	0,31	8,53	11,30	75,5	2,46	6,50	1,64	0,11	0,31	8,56	11,29	75,5
		4 »	4,58	3,10	1,49	0,10	0,31	5,00	10,10	49,5	3,60	3,84	1,60	0,11	0,32	5,87	10,55	55,6	3,58	3,85	1,60	0,10	0,33	5,88	10,55	55,7	2,48	6,51	1,65	0,10	0,30	8,56	11,38	75,2	2,48	6,55	1,64	0,10	0,31	8,60	11,35	75,8
		5 »	4,65	3,08	1,51	0,11	0,31	5,01	10,12	49,5	3,61	3,86	1,60	0,10	0,32	5,88	10,56	55,7	3,60	3,88	1,60	0,11	0,32	5,91	10,57	55,9	2,48	6,57	1,64	0,10	0,31	8,62	11,40	75,6	2,48	6,60	1,65	0,10	0,30	8,65	11,39	75,8
		6 »	4,71	3,13	1,50	0,10	0,31	5,04	10,14	49,7	3,66	3,90	1,60	0,11	0,32	5,93	10,58	56,0	3,65	3,90	1,60	0,11	0,33	5,94	10,60	56,0	2,50	6,60	1,65	0,10	0,31	8,66	11,43	75,8	2,50	6,60	1,64	0,10	0,30	8,64	11,45	75,9
Px	F	15 dias	4,49	2,06	1,00	0,16	0,36	3,58	8,76	40,9	3,30	3,																														

calcário grosseiro observada nos nossos ensaios deve basear-se essencialmente no facto de se tratar de um calcário mole.

A reduzida diferença entre os dois tipos de granulometria do calcário utilizado verificou-se não só na reacção mas também em todas as outras características que foram observadas.

### 3.2 Complexo de troca catiónica

Os resultados indicados no quadro 4 mostram que, em linhas gerais, tanto a correcção da acidez como o tempo de contacto das terras com o correctivo provocam alterações na quase totalidade das determinações efectuadas.

#### *Hidrogénio de troca*

Os teores de  $H^+$  de troca observados no fim de 15 dias de contacto estão de acordo com os valores do pH referentes ao mesmo período de tempo. Assim, a quantidade de  $H^+$  é mais elevada nas testemunhas, tem um valor mínimo nas modalidades em que se corrigiu a acidez até pH (KCl) 6,5 e apresenta valores intermédios quando se adicionou correctivo até pH (KCl) 5,5.

No fim de 6 meses de contacto verifica-se que em todas as amostras e modalidades os teores de  $H^+$  de troca são mais elevados do que no fim de 15 dias. O aumento é normalmente menos acentuado nas modalidades em que se aplicou maior quantidade de correctivo. A evolução dos acréscimos ao longo do tempo parece relacionar-se essencialmente com os valores do pH (Ac.) o que está de acordo com a elevada correlação entre o  $H^+$  e o pH (Ac.) que foi apontada em I.2.3.

#### *Cálcio de troca*

No fim de 15 dias de contacto o  $Ca^{++}$  de troca, como era de esperar, evoluiu de forma inversa ao  $H^+$  de troca. Isto é, os valores mais elevados encontram-se nas modalidades em que se aplicou maior quantidade de correctivo e os mais baixos nas testemunhas.

Ao longo do tempo verifica-se, porém, que ao contrário do que se verifica com o  $H^+$  de troca, o teor de  $Ca^{++}$  de troca aumenta com o tempo de contacto nas modalidades em que se aplicou maior quantidade de correctivo. Nas testemunhas o teor de  $Ca^{++}$  mantém-se sensivelmente constante.

O aumento do  $Ca^{++}$  de troca ao longo do tempo de contacto da terra com o calcário poderá relacionar-se com uma substituição do  $Al^{+++}$  de troca, dado que as restantes bases de troca praticamente não sofreram alteração.

#### *Magnésio de troca*

Quando se aplicou calcário registaram-se ligeiros aumentos no  $Mg^{++}$  de troca sobretudo nas modalidades que correspondem à maior quantidade de correctivo.

Estes aumentos serão certamente devidos ao facto de o calcário utilizado apresentar uma pequena quantidade de  $CO_3Mg$ .

O tempo de contacto não afectou sensivelmente o  $Mg^{++}$  de troca em qualquer das modalidades.

#### *Potássio de troca*

A correcção da acidez não teve praticamente influência no  $K^+$  de troca.

De facto, embora num ou outro caso haja uma ligeira diminuição no  $K^+$  de troca, a diferença não parece superior à que pode admitir-se nos erros de análise.

Estes resultados, embora estejam em desacordo com as teorias mais antigas que, com base na lei da acção das massas, consideravam uma substituição do  $K^+$  de troca pelo  $Ca^{++}$ , concordam com os que têm sido mais recentemente observados pela maior parte dos investigadores.

Assim, MACKAY & MACEACHERN (29) observaram um ligeiro decréscimo no  $K^+$  de troca quando corrigiam a acidez mas a diferença era tão pequena que foi considerada como podendo atribuir-se a erros de análise. MOSCHELER et al. (38) verificaram que só para doses muito elevadas de correctivo o  $K^+$  de troca apresentava ligeiros decréscimos.

Mais recentemente, BECKETT (10, 11), nos estudos que vem efectuando sobre os potenciais de potássio do solo, refere que a correcção da acidez não afecta, na generalidade dos casos, o  $K^+$  de troca.

#### *Sódio de troca*

À semelhança do que se verificou com o  $K^+$  de troca, o  $N^+$  não foi sensivelmente afectado nem pela correcção da acidez, nem pelo tempo de contacto.

#### *Soma das bases de troca (S), capacidade de troca catiónica (T) e grau de saturação (V)*

A soma das bases de troca (S) evolui de acordo com o aumento verificado na  $Ca^{++}$  de troca e o ligeiro acréscimo do  $Mg^{++}$  de troca.

A capacidade de troca catiónica (T) aumenta com a correcção da acidez e aumenta também ao longo do tempo de contacto quer nas modalidades em que se aplicou calcário — nas quais o aumento é mais evidente — quer nas próprias testemunhas.

As alterações que possam ter-se verificado na fracção orgânica do solo, principalmente pelas condições de humidade em que as amostras eram mantidas, justificariam os valores mais elevados da capacidade de troca catiónica no fim do tempo de contacto. A maior extensão dessas alterações, quando se corrigiu a acidez, estaria por sua vez na base do acréscimo verificado nas modalidades correspondentes.

De acordo com as evoluções verificadas nas somas das bases de troca e na capacidade de troca catiónica, o grau de saturação aumenta das testemunhas para as modalidades em que se aplicou maior quantidade de calcário e ao longo do tempo diminui nas testemunhas, mantêm-se praticamente constante nas modalidades em que a acidez foi corrigida até pH (KCl) cerca de 5,5 e aumenta nas modalidades em que a correcção da acidez foi levada até um valor de pH (KCl) cerca de 6,5.

O gráfico 3 mostra os valores do  $H^+$ ,  $Ca^{++}$  e T durante o tempo de contacto, na amostra C, para a modalidade em que a correcção foi efectuada até pH (KCl) 6,5 com calcário fino.

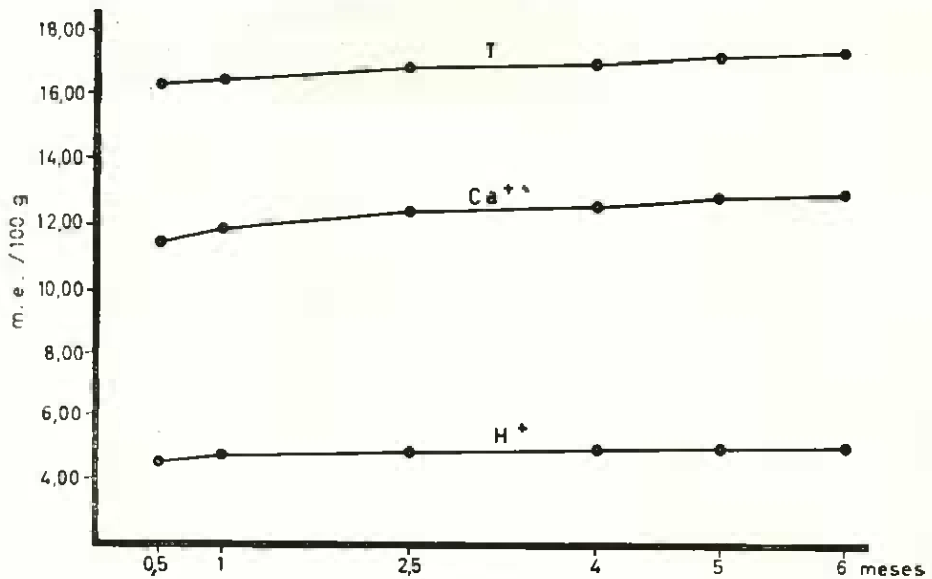


GRÁFICO 3

### 3.3 Carbono orgânico

Os resultados apresentados no quadro 5 indicam que para todos os solos se verifica, na primeira determinação efectuada, um ligeiro decréscimo no teor de carbono orgânico quando se corrigiu a acidez, sobretudo nas modalidades em que o pH (KCl) foi elevado a cerca de 6,5.

Ao longo do tempo observa-se uma ligeira diminuição não só nas modalidades em que se aplicou calcário mas também nas próprias testemunhas.

No gráfico 4 representa-se a evolução do carbono orgânico na amostra C, para a testemunha e modalidades em que se corrigiu a acidez com calcário fino.

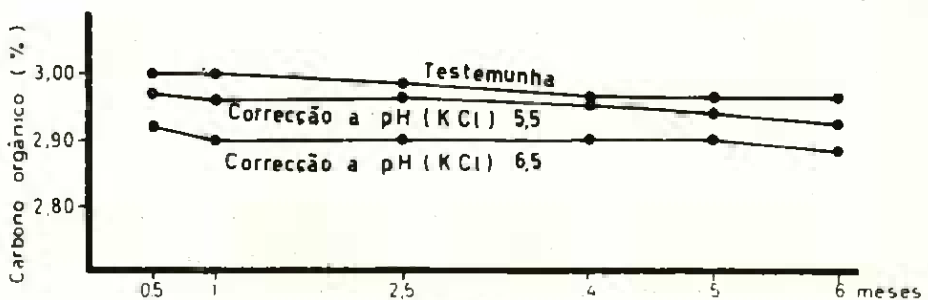


GRÁFICO 4

QUADRO 5  
Carbono orgânico (%)

Solo	Amostra	Modalidades	Tempo de contacto					
			15 dias	1 mês	2,5 meses	4 meses	5 meses	6 meses
Vt	A	Testemunha .....	0,80	0,80	0,79	0,79	0,79	0,79
		Calcário grosseiro até pH 5,5	0,80	0,80	0,78	0,78	0,78	0,77
		» fino » pH 5,5	0,79	0,79	0,78	0,78	0,78	0,77
		» grosseiro » pH 6,5	0,79	0,79	0,78	0,78	0,77	0,77
		» fino » pH 6,5	0,79	0,79	0,78	0,78	0,77	0,77
Pg	B	Testemunha .....	0,84	0,84	0,83	0,83	0,82	0,82
		Calcário grosseiro até pH 5,5	0,82	0,83	0,82	0,81	0,81	0,81
		» fino » pH 5,5	0,83	0,83	0,81	0,81	0,81	0,81
		» grosseiro » pH 6,5	0,82	0,82	0,81	0,81	0,80	0,80
		» fino » pH 6,5	0,82	0,82	0,81	0,81	0,80	0,80
Pg	C	Testemunha .....	3,00	3,00	2,98	2,96	2,96	2,96
		Calcário grosseiro até pH 5,5	2,98	2,96	2,95	2,95	2,94	2,93
		» fino » pH 5,5	2,97	2,96	2,96	2,95	2,94	2,92
		» grosseiro » pH 6,5	2,92	2,90	2,90	2,89	2,90	2,89
		» fino » pH 6,5	2,92	2,90	2,90	2,90	2,90	2,88
Pg	D	Testemunha .....	0,50	0,50	0,49	0,50	0,49	0,50
		Calcário grosseiro até pH 5,5	0,50	0,49	0,49	0,50	0,49	0,49
		» fino » pH 5,5	0,50	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49
		» grosseiro » pH 6,5	0,49	0,49	0,49	0,48	0,48	0,48
		» fino » pH 6,5	0,49	0,49	0,49	0,49	0,48	0,48
Vx	E	Testemunha .....	1,50	1,50	1,49	1,48	1,48	1,48
		Calcário grosseiro até pH 5,5	1,49	1,48	1,49	1,48	1,47	1,46
		» fino » pH 5,5	1,48	1,48	1,49	1,48	1,47	1,46
		» grosseiro » pH 6,5	1,46	1,46	1,45	1,45	1,47	1,45
		» fino » pH 6,5	1,46	1,46	1,45	1,46	1,47	1,45
Px	F	Testemunha .....	0,72	0,72	0,70	0,71	0,70	0,70
		Calcário grosseiro até pH 5,5	0,71	0,70	0,71	0,70	0,70	0,70
		» fino » pH 5,5	0,71	0,71	0,70	0,70	0,69	0,70
		» grosseiro » pH 6,5	0,70	0,70	0,69	0,69	0,68	0,68
		» fino » pH 6,5	0,70	0,70	0,70	0,69	0,68	0,68
Px	G	Testemunha .....	2,06	2,06	2,04	2,05	2,04	2,04
		Calcário grosseiro até pH 5,5	2,04	2,03	2,02	2,02	2,03	2,02
		» fino » pH 5,5	2,03	2,03	2,02	2,02	2,02	2,02
		» grosseiro » pH 6,5	2,00	2,01	2,00	2,01	2,00	2,00
		» fino » pH 6,5	2,01	2,01	2,00	2,02	2,01	2,00

As diminuições observadas deverão ser uma consequência do aumento de actividade microbiana provocado quer pela acção do correctivo, quer mesmo pelas condições de humidade em que os ensaios foram efectuados.

No que respeita propriamente a influência da correcção da acidez, o reduzido valor dos decréscimos verificados, mesmo quando se elevou o pH (KCl) a cerca de 6,5, mostra que não há motivo para se recear a destruição da matéria orgânica pelo menos quando se utilize como correctivo o calcário, que é, aliás, um componente natural dos solos.

Na realidade a experimentação tem mostrado, na generalidade dos casos, não uma diminuição mas sim uma acentuado aumento de matéria orgânica nos solos em que se corrige a acidez.

Assim por exemplo MOSCHLER et al. (37) observaram num ensaio permanente efectuado de 1924 a 1947 que nas parcelas em que se corrigia a acidez de 4 em 4 anos o teor de matéria orgânica aumentou cerca de 60 % relativamente às parcelas em que não se efectuou correcção.

LIWERANT (27), ao estudar a relação entre o grau de acidez e o nível nutritivo dum solo, verificou que a acidificação era acompanhada dum nítida diminuição da matéria orgânica.

O aumento dos detritos orgânicos, como consequência do melhor desenvolvimento das culturas, compensará amplamente o reduzido desgaste que uma adequada correcção de acidez possa inicialmente provocar.

#### 3.4 Azoto nítrico

A correcção de acidez provocou logo nos primeiros tempos de contacto um acentuado aumento no teor de azoto nítrico.

De facto, pelos dados indicados no quadro 6, verifica-se que em qualquer das amostras, a quantidade de azoto nítrico é muito mais elevada nas modalidades em que se corrigiu a acidez do que nas testemunhas. O aumento é mais acentuado nas modalidades em que se aplicou maior quantidade de correctivo, no entanto, mesmo a elevação do pH (KCl) até cerca de 5,5 originou um acréscimo evidente em relação às testemunhas.

Ao longo do tempo de contacto observa-se um gradual aumento do teor de azoto nítrico não só quando se corrigiu a acidez mas também nas testemunhas.

QUADRO 6

 $NO_3^-$  (mg/100 g)

Solo	Amos- tra	Modalidades	Tempo de contacto					
			15 dias	1 mês	2,5 meses	4 meses	5 meses	6 meses
Vt	A	Testemunha .....	3,80	6,75	11,75	13,40	13,60	13,75
		Calcário grosseiro até pH 5,5	5,20	10,60	13,00	15,05	15,00	16,00
		» fino » pH 5,5	6,15	12,30	13,30	16,00	16,00	16,00
		» grosseiro » pH 6,5	8,70	12,85	16,35	17,00	17,50	21,00
		» fino » pH 6,5	9,05	13,00	16,65	18,00	18,00	21,00
Pg	B	Testemunha .....	6,65	7,15	11,80	15,05	15,00	18,75
		Calcário grosseiro até pH 5,5	10,00	14,40	18,70	21,80	21,80	24,05
		» fino » pH 5,5	10,50	14,55	18,80	21,80	21,80	24,05
		» grosseiro » pH 6,5	11,00	18,35	27,55	31,50	31,50	36,50
		» fino » pH 6,5	11,55	18,80	27,85	32,00	32,00	36,50
Pg	C	Testemunha .....	17,15	25,30	30,30	35,25	40,00	48,00
		Calcário grosseiro até pH 5,5	24,15	43,55	50,00	56,75	66,00	70,55
		» fino » pH 5,5	24,15	44,35	51,00	57,00	66,00	71,00
		» grosseiro » pH 6,5	30,60	50,00	59,30	76,00	85,00	101,00
		» fino » pH 6,5	30,95	51,00	60,00	76,50	85,55	101,50
Pg	D	Testemunha .....	8,00	11,50	20,55	26,55	27,00	28,50
		Calcário grosseiro até pH 5,5	9,85	15,70	37,20	45,55	46,00	46,00
		» fino » pH 5,5	10,00	16,00	38,00	45,55	46,20	46,50
		» grosseiro » pH 6,5	11,35	20,00	44,80	51,05	53,00	54,55
		» fino » pH 6,5	11,30	21,50	45,00	51,40	53,60	55,00
Vx	E	Testemunha .....	2,75	4,60	6,55	10,50	13,25	16,50
		Calcário grosseiro até pH 5,5	3,25	6,05	7,00	14,15	17,30	25,00
		» fino » pH 5,5	3,25	6,35	7,85	14,70	17,35	25,00
		» grosseiro » pH 6,5	8,80	10,40	16,05	22,85	27,50	33,70
		» fino » pH 6,5	8,95	11,15	17,05	23,50	27,70	33,90
Px	F	Testemunha .....	0,60	1,65	2,50	5,65	7,00	9,50
		Calcário grosseiro até pH 5,5	1,00	2,60	3,65	7,55	10,80	12,80
		» fino » pH 5,5	1,35	2,80	4,30	8,05	11,00	13,00
		» grosseiro » pH 6,5	2,00	4,85	9,25	14,70	19,00	22,00
		» fino » pH 6,5	2,30	5,40	9,60	15,00	19,30	22,15
Px	G	Testemunha .....	5,05	10,60	15,40	20,50	28,65	36,60
		Calcário grosseiro até pH 5,5	11,00	25,80	31,00	40,00	47,15	53,00
		» fino » pH 5,5	11,60	26,50	32,00	40,00	47,00	53,20
		» grosseiro » pH 6,5	13,35	38,05	44,80	55,00	63,00	70,85
		» fino » pH 6,5	13,50	38,50	45,20	55,80	64,00	70,95

Os valores encontrados na última determinação efectuada isto é, no fim de 6 meses de contacto, mostram que os totais de azoto nítrico são mais elevados nas amostras C, G e D.

Nas amostras C e G as maiores quantidades de azoto nítrico poderão ser atribuídas aos mais elevados teores de azoto total e carbono que apresentavam. Seriam assim confirmados os resultados obtidos por PRITCHETT et al (46) que indicam uma correlação positiva entre o azoto nítrico e os teores de azoto total e carbono orgânico. Na amostra D, porém, a explicação não poderá ser a mesma uma vez que esta amostra é mesmo, de entre todas, a que apresenta menos azoto total e carbono. No entanto, é também de entre todas aquela em que a razão C/N é mais baixa, o que leva a crer que a maior produção de azoto nítrico poderá estar relacionada com um mais elevado grau de humificação da matéria orgânica.

O gráfico 5 mostra a variação dos teores de  $\text{NO}_3^-$ , na amostra C, para a testemunha e modalidades em que se utilizou calcário fino.

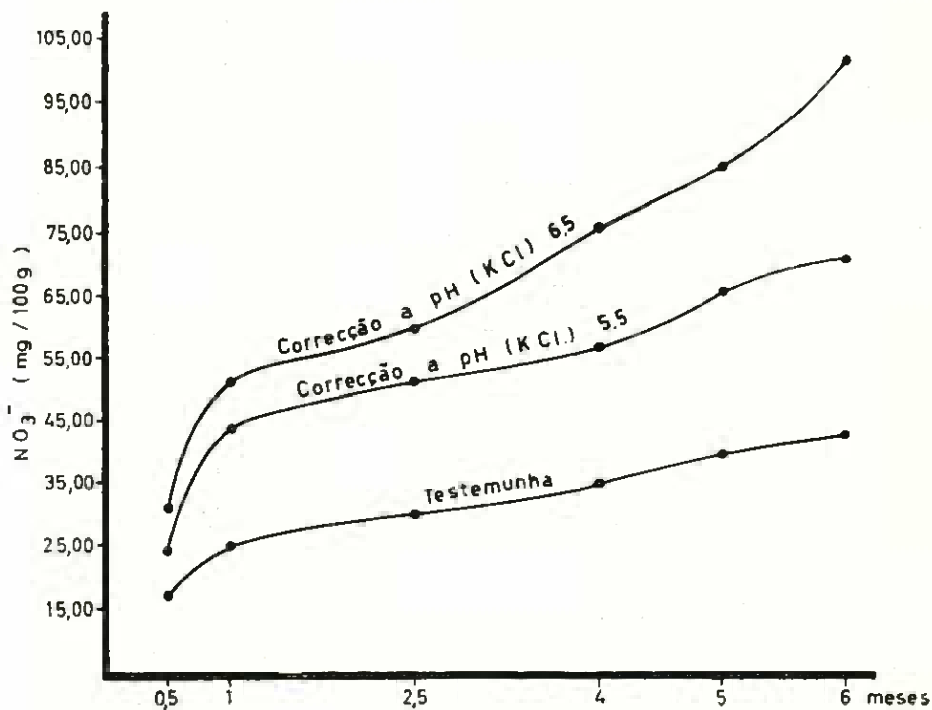


GRÁFICO 5

A influência da correcção da acidez dos solos no aumento da nitrificação é geralmente atribuída a uma intensificação da actividade de alguns microorganismos que seria resultante principalmente da elevação do pH, presença de cálcio e existência de maior quantidade de  $CC_2$ .

Esta influência da correcção da acidez tem sido assinalada por diversos investigadores (21, 51, 71) em ensaios de laboratório e de campo e está também a ser observada em ensaios lisimétricos que vêm sendo efectuados por VALENTE ALMEIDA no Horto de Química Agrícola do Instituto Superior de Agronomia.

Sob o ponto de vista prático o aumento da nitrificação poderá, em certos casos, traduzir-se por um inconveniente, sobretudo quando as condições agroclimáticas sejam favoráveis ao arrastamento do azoto. Quando tal se verifique, haverá vantagem em efectuar a correcção da acidez de forma gradual.

### 3.5 Fósforo assimilável

Os dados referidos no quadro 7 mostram que logo ao fim de 15 dias de contacto o teor de fósforo assimilável nas modalidades em que se aplicou correctivo até pH (KCl) 6,5 é em todas as amostras nitidamente superior ao das restantes modalidades.

A correcção da acidez até pH (KCl) 5,5, pelo contrário, não teve qualquer acção benéfica na assimilabilidade do fósforo. Nalguns casos nota-se mesmo um ligeiro decréscimo nestas modalidades em relação às respectivas testemunhas, no entanto as diferenças são demasiado reduzidas para se lhes atribuir qualquer significado.

No gráfico 6 apresentam-se, para a amostra C, os valores do  $P_2O_5$  assimilável observados durante o tempo de contacto na testemunha e nas modalidades em que se corrigiu a acidez com calcário fino.

Os resultados obtidos estão de acordo com os que têm sido observados por diversos investigadores quer em ensaios químicos (20, 28) quer em ensaios fisiológicos (4, 12, 64) efectuados com o objectivo

QUADRO 7  
*P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> assimilável (mg/100 g)*

Solo	Amos- tra	Modalidades	Tempo de contacto					
			15 dias	1 mês	2,5 meses	4 meses	5 meses	6 meses
Vt	A	Testemunha .....	1,80	1,85	1,90	1,90	1,95	2,00
		Calcário grosseiro até pH 5,5	1,90	1,95	2,00	2,10	2,20	2,30
		» fino » pH 5,5	1,95	1,95	2,05	2,15	2,25	2,30
		» grosseiro » pH 6,5	2,00	2,30	2,55	2,70	2,85	2,85
		» fino » pH 6,5	2,00	2,35	2,60	2,70	2,85	2,90
Pg	B	Testemunha .....	4,50	4,65	4,70	4,80	4,85	4,90
		Calcário grosseiro até pH 5,5	4,40	4,50	4,70	4,90	5,00	5,10
		» fino » pH 5,5	4,40	4,50	4,70	4,95	5,00	5,15
		» grosseiro » pH 6,5	4,90	5,20	5,45	5,50	5,55	5,60
		» fino » pH 6,5	5,00	5,20	5,45	5,55	5,60	5,70
Pg	C	Testemunha .....	6,60	7,15	8,00	8,50	8,75	9,00
		Calcário grosseiro até pH 5,5	6,40	7,00	7,80	8,45	8,65	8,90
		» fino » pH 5,5	6,40	7,00	7,75	8,45	8,70	8,95
		» grosseiro » pH 6,5	9,00	9,50	10,10	10,85	11,70	12,00
		» fino » pH 6,5	9,15	9,60	10,35	11,00	11,85	12,15
Pg	D	Testemunha .....	1,60	1,60	1,65	1,70	1,70	1,70
		Calcário grosseiro até pH 5,5	1,60	1,55	1,60	1,75	1,70	1,80
		» fino » pH 5,5	1,55	1,55	1,60	1,70	1,70	1,85
		» grosseiro » pH 6,5	2,10	2,10	2,20	2,25	2,25	2,30
		» fino » pH 6,5	2,10	2,15	2,20	2,25	2,30	2,30
Vx	E	Testemunha .....	1,50	1,65	1,80	1,90	1,95	2,00
		Calcário grosseiro até pH 5,5	1,70	1,90	2,00	2,10	2,10	2,20
		» fino » pH 5,5	1,75	1,90	2,00	2,10	2,10	2,20
		» grosseiro » pH 6,5	2,00	2,05	2,20	2,35	2,40	2,45
		» fino » pH 6,5	2,00	2,05	2,20	2,35	2,40	2,50
Px	F	Testemunha .....	1,00	1,00	1,00	1,00	1,05	1,10
		Calcário grosseiro até pH 5,5	1,00	0,95	0,95	1,00	1,00	1,05
		» fino » pH 5,5	1,00	1,00	0,95	1,00	1,00	1,10
		» grosseiro » pH 6,5	1,35	1,40	1,65	1,70	1,75	1,75
		» fino » pH 6,5	1,40	1,45	1,65	1,70	1,75	1,80
Px	G	Testemunha .....	2,20	2,30	2,45	2,50	2,55	2,60
		Calcário grosseiro até pH 5,5	2,15	2,20	2,40	2,50	2,50	2,60
		» fino » pH 5,5	2,10	2,20	2,45	2,50	2,50	2,60
		» grosseiro » pH 6,5	2,50	2,70	3,00	3,20	3,30	3,40
		» fino » pH 6,5	2,60	2,80	3,10	3,25	3,35	3,40

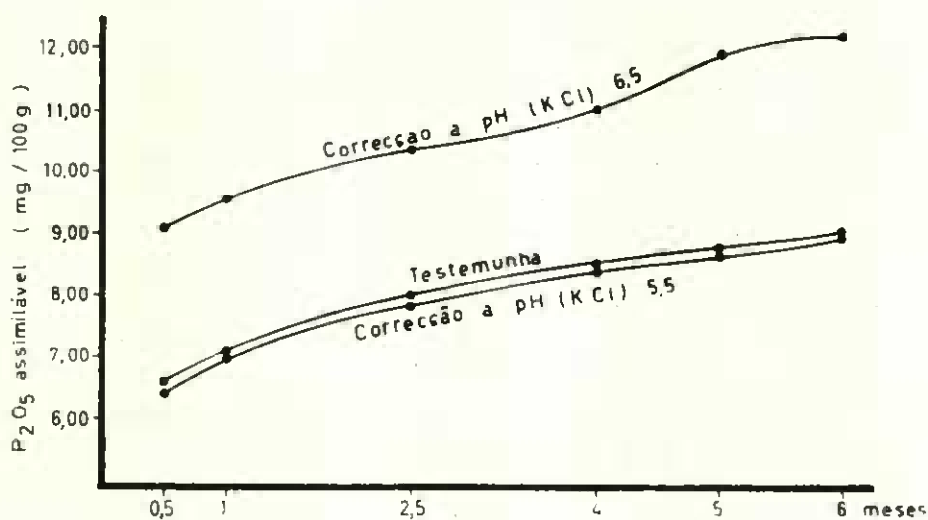


GRÁFICO 6

de averiguar a influência da correção da acidez na assimilabilidade do fósforo.

O aumento de fósforo assimilável dos solos ácidos quando se efectua a correção da acidez explica-se principalmente pela influência do pH na solubilização dos compostos fosfatados nele existentes.

Para valores do pH muito baixos grande parte do fósforo mineral encontra-se imobilizado sob a forma de fosfatos de ferro e alumínio. A correção da acidez provocará uma solubilização parcial daqueles fosfatos através de fenómenos de hidrólise. Em certa extensão poderão ser substituídos pelo fosfato de cálcio o qual se torna mais solúvel para valores do pH próximos da neutralidade.

A ineficácia obtida com a aplicação de pequenas quantidades de correctivo poderá explicar-se com base no facto de os valores do pH obtidos não serem suficientes para facilitar a solubilização dos fosfatos.

O aumento da actividade microbiana provocado pela correção da acidez poderá também contribuir para uma aumento de fósforo assimilável, quer directamente através da mineralização do fósforo orgânico, como observaram HALSTED et al. (20), quer indirectamente mediante a acção solubilizante do CO<sub>2</sub> sobre os fosfatos minerais.

Ao longo do tempo verifica-se também um aumento no teor de fósforo assimilável.

Este aumento é geralmente mais elevado nas modalidades em que se aplicou maior quantidade de correctivo e a evolução parece, tal como observaram CALVERT et al. (12), estar relacionada com o aumento de  $\text{Ca}^{++}$  de troca.

No entanto, também nas modalidades em que a acidez foi corrigida até pH (KCl) 5,5 e nas testemunhas, os teores de fósforo assimilável são no fim de 6 meses bastante superiores aos que se verificaram no fim de 15 dias. Neste caso, o aumento de fósforo assimilável não poderá ser explicado pelos valores do pH e parece basear-se principalmente na influência do teor de humidade a que os solos foram mantidos.

A influência da humidade no aumento do fósforo assimilável foi observada por MACK & BARBER (28) em ensaios efectuados segundo uma técnica semelhante à que nós utilizamos.

Esta influência poderá, pelo menos em certa extensão, considerar-se ligada aos fenómenos que se verificam nos solos alagados.

É frequente, de facto, verificar-se que a cultura do arroz não reage à aplicação de adubos fosfatados o que só poderá explicar-se pela existência de quantidades suficientes de fósforo assimilável naqueles solos. Quer dizer, haveria que admitir a hipótese de em condições de alagamento poderem ocorrer fenómenos que conduzissem a uma intensa solubilização dos fosfatos existentes.

Esta hipótese tem vindo a ser confirmada por diversos investigadores. Assim por exemplo, BASAK & BHATTACHARIA (9) observaram que no período de tempo que decorreu entre a plantação e o afilhamento do arroz houve um aumento de 64 % no fósforo assimilável. Este aumento era acompanhado por um decréscimo nos fosfatos de ferro e alumínio e no fósforo orgânico.

MANDAL (33) verificou também em solos alagados um aumento de fósforo assimilável e redução no fosfato de ferro.

A solubilidade do fósforo em condições de elevado teor de humidade atribui-se principalmente a fenómenos de redução. O  $\text{Fe}^{+++}$  seria o principal agente oxidante (22) e ao reduzir-se conduziria à transformação do fosfato férrico em fosfato ferroso que seria em seguida solubilizado pelo  $\text{CO}_2$  (32).

A mineralização de algum fósforo orgânico poderá também, como verificaram ACQUAYE (1) e HALSTED et al. (20), contribuir para um aumento do fósforo assimilável.

### 3.6 Potássio assimilável

Os valores apresentados no quadro 8 mostram que em todas as amostras o potássio assimilável diminuiu com a correcção da acidez, verificando-se a maior diminuição nas modalidades em que se aplicou maior quantidade de correctivo.

No fim do tempo de contacto os teores de potássio assimilável são também inferiores aos que se observavam após 15 dias, quer nas modalidades em que se corrigiu a acidez, quer mesmo nas testemunhas.

O gráfico 7 mostra a evolução, observada na amostra C, dos valores do  $K_2O$  assimilável na testemunha e nas modalidades em que a acidez foi corrigida com calcário fino.

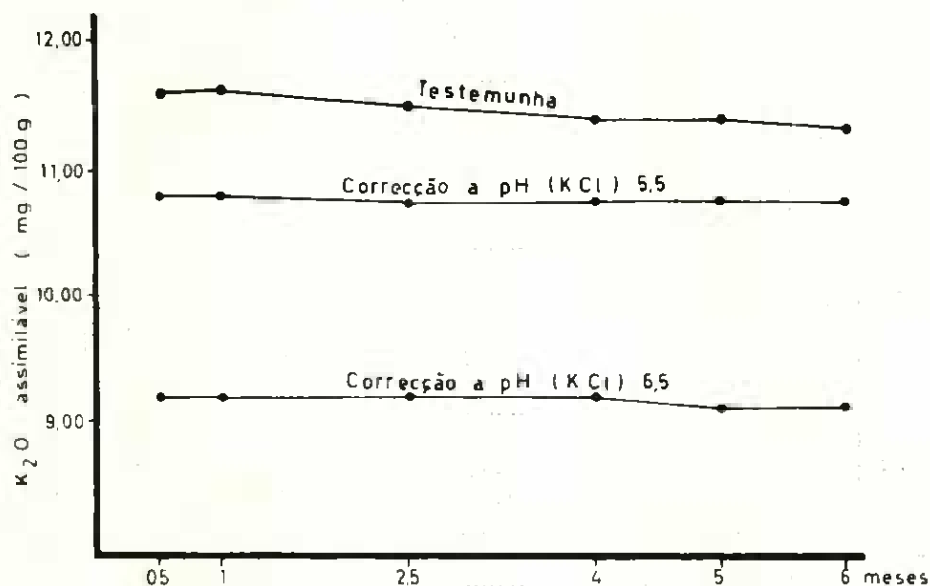


GRÁFICO 7

A influência da correcção da acidez na assimilabilidade do potássio tem sido objecto de intensivos estudos por parte de diversos investigadores e não parece estar ainda completamente definida.

De qualquer modo, a ideia inicial de que a correcção da acidez aumenta a assimilabilidade do potássio começou a ser posta em dúvida após LYON & BIZZELL [REITEMEIER (48)] terem verificado, em ensaios

QUADRO 8  
K<sub>2</sub>O assimilável (mg/100 g)

Solo	Amostragem	Modalidades	Tempo de contacto					
			15 dias	1 mês	2,5 meses	4 meses	5 meses	6 meses
Vt	A	Testemunha .....	5,00	4,85	4,85	4,80	4,80	4,70
		Calcário grosseiro até pH 5,5	5,00	4,90	4,80	4,75	4,60	4,60
		» fino » pH 5,5	5,00	4,90	4,80	4,70	4,60	4,60
		» grosseiro » pH 6,5	4,80	4,80	4,60	4,30	4,25	4,20
		» fino » pH 6,5	4,80	4,80	4,60	4,30	4,20	4,20
Pg	B	Testemunha .....	5,25	5,20	5,15	5,10	5,10	5,15
		Calcário grosseiro até pH 5,5	5,00	4,95	4,90	4,85	4,75	4,65
		» fino » pH 5,5	5,00	4,90	4,90	4,80	4,75	4,60
		» grosseiro » pH 6,5	4,90	4,70	4,50	4,40	4,30	4,20
		» fino » pH 6,5	4,90	4,70	4,45	4,40	4,25	4,20
Pg	C	Testemunha .....	11,60	11,60	11,50	11,40	11,40	11,30
		Calcário grosseiro até pH 5,5	10,80	10,85	10,80	10,80	10,80	10,80
		» fino » pH 5,5	10,80	10,80	10,75	10,75	10,75	10,75
		» grosseiro » pH 6,5	9,20	9,20	9,20	9,20	9,10	9,10
		» fino » pH 6,5	9,20	9,20	9,20	9,20	9,10	9,10
Pg	D	Testemunha .....	7,60	7,30	7,35	7,30	7,30	7,30
		Calcário grosseiro até pH 5,5	7,20	7,00	6,75	6,40	6,20	6,20
		» fino » pH 5,5	7,25	7,00	6,70	6,40	6,20	6,20
		» grosseiro » pH 6,5	7,00	6,80	6,35	6,00	5,95	5,90
		» fino » pH 6,5	7,05	6,80	6,30	6,00	5,90	5,90
Vx	E	Testemunha .....	9,80	9,70	9,60	9,60	9,50	9,50
		Calcário grosseiro até pH 5,5	9,75	9,60	9,20	9,05	9,00	9,00
		» fino » pH 5,5	9,70	9,60	9,15	9,10	9,00	9,00
		» grosseiro » pH 6,5	9,60	9,00	8,80	8,60	8,50	8,50
		» fino » pH 6,5	9,60	9,00	8,80	8,60	8,50	8,50
Px	F	Testemunha .....	8,00	7,90	7,80	7,85	7,90	7,85
		Calcário grosseiro até pH 5,5	8,00	8,00	7,50	7,25	7,05	7,00
		» fino » pH 5,5	8,00	8,00	7,50	7,20	7,00	7,00
		» grosseiro » pH 6,5	7,70	7,50	6,95	6,80	6,70	6,65
		» fino » pH 6,5	7,70	7,50	7,00	6,80	6,70	6,65
Px	G	Testemunha .....	14,00	13,90	13,90	13,75	13,70	13,70
		Calcário grosseiro até pH 5,5	13,80	13,60	13,50	13,40	13,40	13,40
		» fino » pH 5,5	13,80	13,60	13,45	13,40	13,40	13,40
		» grosseiro » pH 6,5	13,60	13,45	13,20	13,10	13,00	13,00
		» fino » pH 6,5	13,60	13,40	13,20	13,05	13,00	13,00

lisimétricos, que pelo facto de se corrigir a acidez não aumentava o teor de potássio nem nos lexiviados nem na planta.

Desde então, a maior parte dos investigadores atribui à correcção da acidez um efeito depressivo na assimilabilidade do potássio.

Assim, RICH & BLACK (49) verificaram que a quantidade de potássio disponível para a planta depende do pH e diminui quando este se eleva pela acção de correctivos.

YORK et al. (70), WHITTAKER et al. (68) e diversos outros, obtiveram diminuições de potássio assimilável ao corrigirem a acidez do solo.

VALENTE ALMEIDA (3) refere também que em solos muito ácidos a correcção da acidez pode diminuir o potássio assimilável.

Deve notar-se, no entanto, que a extensão do efeito depressivo tem-se verificado ser bastante variável, parecendo depender de diversos factores como por exemplo a quantidade e formas de alumínio presente no solo, a natureza dos minerais predominantes na fracção argilosa e a quantidade inicial de potássio presente (10, 11, 42, 66).

Segundo BECKETT (10, 11) a quantidade de potássio que se encontra disponível para a planta é determinada pela razão entre a actividade do potássio e a raiz quadrada da soma das actividades do cálcio e magnésio; a correcção da acidez, não tendo praticamente efeito no  $K^+$  de troca mas aumentando o  $Ca^{++}$  e  $Mg^{++}$  de troca, poderá originar uma diminuição na assimilabilidade do potássio.

TINKER (66) considera que a simples razão entre a actividade do potássio e as actividades do cálcio e magnésio não é suficiente para definir a assimilabilidade do potássio em muitos solos e propõe uma nova razão em que além do cálcio e magnésio intervém o alumínio.

A ligeira diminuição do potássio assimilável observada nas testemunhas no fim do tempo de contacto não poderá ser atribuída ao cálcio e magnésio uma vez que estes se mantiveram praticamente constantes.

A explicação poderá residir num possível aumento do teor de  $Al^{+++}$  e também não será de excluir a hipótese da influência de possíveis alterações na fracção orgânica do solo e aumento da actividade microbiana durante o tempo de contacto. ALEKSANDROV [REITEMEIR (48)] atribui grande interesse à fixação do potássio por processos microbiológicos e MARTIN et al. [REITEMEIR (48)] observaram que o poder de fixação de potássio pelo solo era destruído por digestão com água oxigenada, embora atribuam este resultado à acidez desenvolvida durante o tratamento. KARIM & MALEK (24) verificaram, no

entanto, que a presença de matéria orgânica diminua a fixação do potássio.

Sob o ponto de vista prático parece que, dadas as reduzidas diminuições do potássio assimilável, não há razão para se reeçar a aplicação de correctivos em solos ácidos.

Convirá, no entanto, como referem MACKAY & MACEACHERN (29), evitar a aplicação de doses de correctivos muito elevadas.

## RESUMO

Foi efectuado um estudo sobre a determinação laboratorial da quantidade de correctivo a aplicar em solos ácidos com diferentes características e da influência dum calcário, com dois tipos de granulometria, na reacção, complexo de troca catiónica, carbono orgânico, azoto nítrico e fósforo e potássio assimiláveis.

Na primeira parte procedeu-se inicialmente à determinação da necessidade de correctivo em 90 amostras provenientes de camadas superficiais de diversos solos ácidos, com base nas curvas de saturação com  $(OH)_2Ca$  utilizando suspensões em KCl N na diluição de 1:10.

Os resultados obtidos em 79 amostras foram relacionados, através duma análise de regressão linear múltipla, com os teores de argila, carbono orgânico,  $H^+$  de troca, capacidade de troca catiónica e os valores do pH ( $H_2O$ ), pH (KCl) e pH (Ac.), verificando-se que, destas características, as que melhor se encontravam correlacionadas com a necessidade de correctivo eram o  $H^+$  de troca, o pH (Ac.) e o carbono orgânico.

Concluiu-se que a quantidade laboratorial de correctivo podia calcular-se a partir do conhecimento do pH (Ac.), carbono orgânico e pH (KCl), características que são normalmente efectuadas em análises de rotina.

Na segunda parte apreciou-se a influência da correcção da acidez incubando amostras de terra de 7 solos ácidos, durante 6 meses, com calcário grosseiro e calcário fino aplicados em quantidades suficientes para corrigir a acidez até pH (KCl) 5,5 e pH (KCl) 6,5.

Fizeram-se determinações no fim de 15 dias, 1 mês, 2,5 meses, 4 meses, 5 meses e 6 meses de contacto das terras com os correctivos.

Através dos resultados obtidos verificou-se que tanto o calcário fino como o grosseiro actuaram rapidamente, conduzindo aos valores do pH mais elevados logo no fim de 15 dias de contacto.

A correcção da acidez aumentou o  $\text{Ca}^{++}$  de troca, a capacidade de troca catiónica, o azoto nítrico, o fósforo assimilável e, em reduzida extensão, o  $\text{Mg}^{++}$  de troca; diminuiu o  $\text{H}^+$  de troca e, embora ligeiramente, o potássio assimilável e o carbono orgânico, e não alterou o  $\text{K}^+$  e  $\text{Na}^+$  de troca.

A influência da aplicação do correctivo foi mais nítida quando se elevou o pH (KCl) até cerca de 6,5.

Os dois tipos de granulometria do calcário tiveram comportamento semelhante.

## PALAVRAS PRÉVIAS

*O presente trabalho foi efectuado nos Laboratórios de Química Agrícola e de Pedologia e Conservação do Solo do Instituto Superior de Agronomia, e integra-se num programa de estudos referentes à correcção da acidez dos solos que iniciámos em 1956.*

*Para a sua realização muito contribuiu o auxílio que nos foi dispensado por algumas pessoas às quais desejamos dar testemunho de sincera gratidão.*

*Os nossos primeiros e maiores agradecimentos são para o Prof. L. A. VALENTE ALMEIDA a quem ficamos devendo, além das facilidades concedidas, os mais valiosos esclarecimentos e interessantes sugestões.*

*Aos engenheiros agrónomos M. T. BESSA e J. A. C. PÓVOAS agradecemos, respectivamente, a colheita de grande parte do material utilizado e a colaboração nos trabalhos laboratoriais.*

*Ao engenheiro agrónomo J. M. V. BARROCAS agradecemos o auxílio prestado na interpretação estatística dos resultados.*

*Manifestamos finalmente o nosso reconhecimento a todo o pessoal do Laboratório de Química Agrícola pela valiosa e indispensável ajuda em numerosas determinações analíticas.*

## BIBLIOGRAFIA

- 1 — ACQUAYE, D. K. — *Some significance of soil organic phosphorus mineralization in the phosphorus nutrition of Cocoa in Ghana.* Plant & soil XIX : 65-80. 1963.
- 2 — ALLISON, F. E. and COVER, R. G. — *Rates of decomposition of shortleaf pine sawdust in soil at various levels of nitrogen and lime.* Soil Sci. 89 : 194-201. 1960.
- 3 — ALMEIDA, L. A. VALENTE — *A matéria orgânica e a calagem na fertilização da terra.* Bol. Ord. Eng. IV(11). 1955.
- 4 — ALMEIDA, L. A. VALENTE e BALBINO, L. R. — *O interesse dos superfosfatos granulados em relação a alguns solos de Portugal. I — Acção sobre um solo derivado de granito.* An. Inst. sup. de Agron. XXII : 249-263. 1958.
- 5 — ARNON, D. I. and JOHNSON, C. M. — *Influence of hydrogen-ion concentration on the growth of higher plant under controlled conditions.* Plant Physiol. 17 : 525-539. 1942.
- 6 — ASLANDER, A. — *Standard fertilization and liming as factors in maintaining soil productivity.* Soil Sci. 74 : 181. 1952.
- 7 — BALBINO, L. R. — *Análise mecânica dos solos.* Agros. 36 : 139-148. 1953.
- 8 — BARNES, E. E. — *A new method for estimating the surface of liming materials and other insoluble calcium compounds.* Soil Sci. 63 : 285-289. 1947.
- 9 — BASAK, M. N. and BHATTACHARIA, R. — *Phosphate transformations in rice soil.* Soil Sci. 94 : 258-262. 1962.
- 10 — BECKETT, P. H. T. — *Studies on soil potassium. I. Confirmation of the Ratio Law.* J. Soil Sci. 15 : 1-8. 1964.
- 11 — ———— *Studies on soil potassium. II. The immediate Q/I relation of labile potassium in the soil.* J. Soil Sci. 15 : 9-23. 1964.

- 12 — CALVET, D. V., MASSEY, H. F. and SEAY, W. A. — *The effect of exchangeable calcium on the retention of phosphorus by clay fractions of soils of Memphis Catena*. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. **24** : 333-336. 1960.
- 13 — CHENG, L. K., KURTZ, T. and BRAY, H. R. — *Determination of calcium, magnesium and iron in limestone*. Analyt. Chem. **24** : 1640-1641. 1952.
- 14 — COLEMAN, N. T., KAMPRATH, E. J. and WEED, S. B. — *Liming*. Advanc. Agron. **X** : 475-522. 1958.
- 15 — DUNN, L. E. — *Lime-requirement determinations of soils by means of titration curves*. Soil Sci. **56** : 341-351. 1943.
- 16 — *Fachgruppe Wasserchemie in der Gesellschaft Deutscher Chemiker. Bestimmung des Nitrat-Ions, Deutsche Einheitsverfahren zur wasseruntersuchung*. Verlag Chemie GmbH. Weinheim/Bergstr., 1960. D 9.
- 17 — F. A. O. — *L'utilisation rationnelle des engrais*. Rome. 1959. p. 159.
- 18 — GIBALY, H. E. and AXLEY, J. H. — *A chemical method for the rating of agricultural limestones*. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. **19** : 301-302. 1955.
- 19 — HALLOCK, D. L. — *Response of soybeans to gypsum, lime, and fertilizers on three soils in Southeastern Virginia*. Res. Rep. n.º 89. Blacksburg, Virginia. 1964.
- 20 — HALSTED, R. L., LAPENSE, J. M. and IVARSON, K. C. — *Mineralization of soil organic phosphorus with particular reference to the effect of lime*. In Soils & Fert. **XXVI** [1622]. 1963.
- 21 — HALVORSON, A. R. and CALDWELL, A. C. — *Factors affecting the nitrate producing power of some Minnesota soils*. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. **13** : 258-260. 1948.
- 22 — JEFFERY, J. W. O. — *Measuring the state of reduction of a waterlogged soil*. J. Soil Sci. **12** : 317-325. 1961.
- 23 — JUSTE, C. — *Influence du chaulage sur la phytotoxicité de l'aluminium mobile d'un sol défriche riche en colloïdes minéraux*. Ann. agron. **15**(1) : 5-22. 1964.
- 24 — KARIM, A. Q. M. B. and MALEK, M. A. — *Potassium fixation in East Pakistan soils under different conditions*. Soil Sci. **83** : 229-238. 1957.
- 25 — KEATON, C. M. — *A theory explaining the relation of soil water ratios to pH values*. Soil Sci. **46** : 259-265. 1938.
- 26 — KEENEY, D. R. and COREY, R. B. — *Factores affecting lime requirements of wisconsin soils*. Soil Sci. Amer. Proc. **27** : 277-289. 1963.
- 27 — LIWERANT, J. — *Relations entre le degré d'acidité et le niveau nutritif des sols d'alluvions anciennes de la Garonne*. Ann. agro. **14**(2) : 227-238. 1963.
- 28 — MACK, A. R. and BARBER, S. A. — *Influence of temperature and moisture on soil phosphorus. I. Effect on soil phosphorus fractions*. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. **24** : 381-385. 1960.

- 29 — MACKAY, D. C. and MACEACHERN, C. R. — *The influence of lime on several properties of soil potassium in a loam podzol*. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 26 : 54-57. 1962.
- 30 — MACKENZIE, R. C. — *Aparato de analisis termico diferencial para trabajos en série e investigation*. An. Edafol. Fisiol. veg. XI : 159-183. 1952.
- 31 — MACLEAN, A. J. and COOK, R. L. — *The effect of soil reaction on availability of phosphorus for alfalfa in some Eastern Ontario soils*. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 19 : 311-314. 1955.
- 32 — MANDAL, L. N. — *Transformations of iron and manganese in waterlogged rice soils*. Soil Sci. 91 : 121-126. 1961.
- 33 — ———— *Effect of time, starch and lime on the transformation of inorganic phosphorus in a water-logged rice soil*. Soil Sci. 97 : 127-132. 1964.
- 34 — MEHLICH, A. — *Determination of cation and anion exchange properties of soils*. Soil Sci. 66 : 429-445. 1948.
- 35 — ———— *Rapid determination of cation and anion exchange properties and pH of soils*. J. Ass. off. agric. chem. 36 : 445-457. 1953.
- 36 — MEYER, T. A. and VOLK, G. W. — *Effect of particle size of limestone on soil reaction, exchangeable cations, and plant growth*. Soil Sci. 73 : 37-52. 1952.
- 37 — MOSCHLER, W. W., OBENSHAIN, S. S., COCKE, R. P. and KAMPER, H. M. — *The effect of varying amounts of ground limestone on the pH and base exchange properties of sassafras fine sandy*. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 14 : 123-125. 1949.
- 38 — MOSCHLER, W. W., JONES, G. D. and THOMAS, G. W. — *Lime and soil acidity on alfalfa growth in a Red — yellow podzolic soil*. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 24 : 507-509. 1960.
- 39 — MOTTO, H. L. and WELSTED, S. W. — *The efficiency of various particle size fractions of limestone*. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 24 : 488-490. 1960.
- 40 — MULLER, E. G. and GERRETSEN, F. C. — *Soil manganese in relation to plant growth*. Advance. Agron. IV : 221-227. 1952.
- 41 — OJEA, F. G. y TABOADELA, M. N. — *El encalado de los suelos de zona húmeda*. An. Edafol. Fisiol. veg. XVI : 1017-1097. 1957.
- 42 — PAGE, A. L. and GANJE, T. J. — *The effect of pH on potassium fixed by an irreversible adsorption process*. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 28 : 199-202. 1964.
- 43 — PEECH, M. and BRADFIELD, R. — *Chemical methods for estimating lime needs of soils*. Soil Sci. 65 : 35-52. 1948.
- 44 — PIPER, C. S. — *Soil and plant analysis*. Interscience Publishers, Inc., N. Y. 1950. p. 89-91.

- 45 — PRATT, P. F. and BAIR, F. L. — *Buffer methods for estimating lime and sulfur applications for pH control of soils.* Soil Sci. **93** : 329-332. 1962.
- 46 — PRITCHETT, W. L. ENO, C. F. and MALIK, M. N. — *The nitrogen status of the mineral soils of Florida.* Soil Sci. Soc. Amer. Proc. **23** : 127-130. 1959.
- 47 — RAGLAND, J. L. and COLEMAN, N. T. — *The effect of soil solution aluminum and calcium on root growth.* Soil Sci. Soc. Amer. Proc. **23** : 355-357. 1959.
- 48 — REITEMEIER, R. F. — *The chemistry of soil potassium.* Advanc. Agron. **III** : 113-159. 1951.
- 49 — RICH, C. I. and BLACK, W. R. — *Potassium exchange as affected by cation size, pH, and mineral structure.* Soil Sci. **97** : 384-390. 1964.
- 50 — RIEHM, H. — *Die Ammoniumlaktatessigsäure-methode zur Bestimmung der Leichtlöslichen Phosphorsäure in Karbonathaltigen Böden.* Agrochimica **III** : 49-65. 1958.
- 51 — ROBINSON, J. B. — *Nitrification in a New Zealand grassland soil.* Plant & Soil **XIX** : 173-183. 1963.
- 52 — ROSS, G. J., LAWTON, K. and ELLIS, B. G. — *Lime requirement related to physical and chemical properties of nine Michigan soils.* Soil Sci. Soc. Amer. Proc. **28** : 209-212. 1964.
- 53 — SANTOS, J. QUELHAS — *Correcção da acidez das terras (contribuição para o seu estudo).* Lisboa. 1957. Rel. Fin. Curso Eng.º Agrónomo. Ex. Ciclostilado.
- 54 — ———— *Comparação de adubos azotados na adubação de sementeira da cultura do trigo (ensaios de campo efectuados de 1957-58 a 1961-62).* Rev. Agro. **XLVI** : 1-8. 1963.
- 55 — ———— *A correcção da acidez do solo na cultura do centeio.* An. Inst. sup. de Agron. **XXV** : 223-232. 1964.
- 56 — SCHACHTSCHABEL, P. — *Die methoden zur Bestimmung des Kalkbedarfs im Böden.* Z. PflErnähr. Düng. **54(99)** : 134-145. 1951.
- 57 — SCHMEHL, W. R., PEECH, M. and BRADFIELD, R. — *Causes of poor growth of plant on acid soils and beneficial effects of liming: I. Evaluation of factors responsible for acid soil injury.* Soil. Sci. **70** : 393-410. 1950.
- 58 — SCHOFIELD, R. K. — *Rapid method for examining soils: II. The use of p-nitrofenol for assessing lime status.* J. Agric. Sci. **XXIII** : 252-254. 1933.
- 59 — SHAW, W. M. — *Determination of exchangeable hydrogen in soils.* J. Ass. off. agric. Chem. **25** : 303-311. 1942.
- 60 — ———— *Determination of exchangeable hydrogen and lime requirement of soils.* J. Ass. off. agric. Chem. **32** : 437-453. 1949.

- 61 — SHAW, W. M. and ROBINSON, B. — *Chemical evaluation of neutralizing efficiency of agricultural limestone.* Soil Sci. **87** : 262-272. 1959.
- 62 — ———— *Reaction efficiencies of liming materials as indicated by lysimeter leachate composition.* Soil Sci. **89** : 209-218. 1960.
- 63 — SHOEMAKER, H. E. MCLEAN, E. O. and PRATT, P. F. *Buffer methods for determining lime requirement of soils with appreciable amounts of extractable aluminium.* Soil Sci. Soc. Amer. Proc. **25** : 274-277. 1961.
- 64 — SPENCER, W. F. — *Effect of heavy applications of phosphate and lime on nutrient uptake, growth freeze injury and root distribution of grapefruit trees.* Soil Sci. **89** : 311-318. 1960.
- 65 — THOMAS, R. P. and GROSS, H. M. — *A method of estimating the reacting rate of different particle sizes of limestone.* Soil Sci. **78** : 53-59. 1952.
- 66 — TINKER, P. B. — *Studies on soil potassium: III. Cation activity ratios in acid Nigerian soils.* J. Soil Sci. **15** : 24-34. 1964.
- 67 — VLAMIS, J. — *Acid soil infertility as related to soil solution and solid phase effects.* Soil Sci. **75** : 383-394. 1953.
- 68 — WHITTAKER, C. M., ARMIGER, W. H., CHICHILO, P. P. and HOFFMANN, W. N. — *«Brown-mud» from the aluminium industry as a soil liming material.* Soil Sci. Soc. Amer. Proc. **19** : 288-292. 1955.
- 69 — WOODRUFF, C. M. — *Testing soils for lime requirement by means of a buffered solution and the glass electrode.* Soil Sci. **66** : 53-63. 1948.
- 70 — YORK, E. T., BRADFIELD, R. and PEECH, M. — *Calcium-potassium interactions in soils and plants: II. Reciprocal relationships between calcium and potassium in plants.* Soil Sci. **76** : 481-491. 1953.
- 71 — ZOTTL, H. — *Dinamik der Stickstoffmineralization im organischen Waldbodenmaterial.* Plant & Soil **13** : 207-113. 1960.

# THE HISTORY OF THE UNITED STATES

The history of the United States is a story of growth and change. From the first settlers to the present day, the nation has evolved through various stages of development. The early years were marked by exploration and the establishment of colonies. The American Revolution led to the birth of a new nation, and the subsequent years saw the expansion of territory and the growth of industry.

The American Civil War was a pivotal moment in the nation's history, as it resolved the issue of slavery and preserved the Union. The Reconstruction era followed, a period of significant social and political change. The late 19th and early 20th centuries saw the rise of industrialization and the emergence of a new middle class.

The 20th century was a time of great progress and challenge. The United States emerged as a world superpower, leading the world in science, technology, and culture. The Great Depression and World War II were major events that shaped the nation's identity. The civil rights movement of the 1950s and 1960s was a struggle for equality and justice.

The late 20th and early 21st centuries have seen continued growth and change. The United States has remained a leading global power, facing new challenges in the digital age. The 2008 financial crisis and the subsequent recovery have been significant events in recent history. The nation continues to evolve and adapt to the changing world around it.

The history of the United States is a testament to the resilience and ingenuity of its people. It is a story of a nation that has overcome many challenges and achieved great things. The future of the United States is bright and full of potential.

The history of the United States is a story of growth and change. From the first settlers to the present day, the nation has evolved through various stages of development. The early years were marked by exploration and the establishment of colonies. The American Revolution led to the birth of a new nation, and the subsequent years saw the expansion of territory and the growth of industry.

The history of the United States is a story of growth and change. From the first settlers to the present day, the nation has evolved through various stages of development. The early years were marked by exploration and the establishment of colonies. The American Revolution led to the birth of a new nation, and the subsequent years saw the expansion of territory and the growth of industry.