

# BRAGANTIA

*Boletim Técnico do Instituto Agrônomo do Estado de São Paulo*

Vol. I

Campinas, Abril de 1941

N. 4

## AS CARACTERÍSTICAS DOS PRINCIPAIS TIPOS DE SOLOS DO ESTADO DE SÃO PAULO

José Setzer

### I — INTRODUÇÃO

A *Ciência do Solo*, também chamada *Pedologia* ou *Edafologia*, é uma ciência moderna, cuja importância foi avaliada há meio século apenas. O seu fim é o estudo científico do solo aproveitável do ponto de vista agrícola.

Necessitando conhecer o solo desde a sua gênese até o mecanismo da alimentação da planta, a Ciência do Solo se serve de vastos e múltiplos campos científicos, desde a Geologia até a Biologia.

O estudo sistemático de uma região tem a denominação de *levantamento agro-geológico*, pois é a Geologia que fornece à Ciência do Solo uma base segura para a classificação dos solos.

Um levantamento agro-geológico completo exige o concurso de especialistas em vários ramos da Ciência, além da Agronomia: químicos, geólogos e petrógrafos, matemáticos, bacteriologistas, botânicos, meteorologistas e especialistas em fitofisiologia e mesmo em fitopatologia.

O solo é o patrimônio principal de cada país. É o que sustenta a sua vida vegetal e animal e rege assim direta ou indiretamente os destinos e mesmo a índole de todos os povos.

O maior inimigo do solo é o homem, devido à sua ambição e ignorância: Qualquer país civilizado já foi em grande parte ou está sendo arruinado por estas duas características humanas.

Porisso os países mais adiantados, em todo o mundo, estão atacando, sem economia de pessoal e material, o levantamento agro-geológico dos seus territórios.

## II — MÉTODO DE TRABALHO

O trabalho de campo foi baseado na tomada de perfis de solo: covas de  $1\frac{1}{2}$  a 2 m de profundidade, de paredes planas e verticais, largas de 1 a  $1\frac{1}{2}$  m. Sobre as quatro paredes do perfil eram demarcados os diversos horizontes genéticos do solo. Esta operação era auxiliada pela percussão das paredes por meio de um estilete desde a superfície do solo até o fundo da cova.

De cada horizonte tomavam-se nos pontos mais típicos duas amostras volumétricas de  $50\text{ cm}^3$  ( $\pm 1\frac{1}{2}\text{ cm}^3$ ) que eram hermêticamente fechadas numa latinha. Para a execução das diversas análises físicas, químicas e mineralógicas, tomava-se uma amostra média de cada horizonte num total de cêrca de 10 quilos de terra.

Os dados quantitativos dos principais tipos de solos aquí apresentados baseiam-se em quatro centenas de perfis típicos, representativos para tipos de solos de grande extensão.

Sendo estudado o território do Estado sistemáticamente, eram ainda tomadas amostras superficiais de solo para a obtenção de resultados de apenas algumas análises. Estes resultados são utilizados para a interpolação entre as características de dois perfis completos e também para o esclarecimento de certas dúvidas verificadas, com certa freqüência, nos trajetos seguidos e motivadas por mudanças mais ou menos bruscas observadas no aspecto do solo, da vegetação, da geologia, da topografia, dos efeitos da exploração do solo, etc.

A caracterização dos tipos de solos não foi obtida apenas pelas análises que figuram nos 56 diagramas anexos. Foram determinadas ainda diversas características físicas do solo sêco ao ar, a análise mecânica sem peptização, as côres Ostwald do solo sêco e úmido e a análise cinética. Esta fornece a altura da ascensão capilar da água no solo, bem como a sua quantidade e a velocidade do movimento ascensional.

Entre as análises químicas não mencionadas nos diagramas, devemos citar os teores de carbono fâcilmente atacável, o teor dos fosfatos fixados pelo solo, e os teores solúveis de  $K+Na$ ,  $Ca+Mg$  e nitratos. Foram ainda obtidos os resultados da chamada "análise sumária de terra".

Foi determinada ainda, numa grande parte dos perfis, a estrutura dos complexos coloidais, quanto à sua sílica e sesquióxidos de alumínio e ferro. Traçaram-se diagramas em triângulo dividido em nove regiões que são outros tantos tipos de solo. Descoberta de Vageler (8, diagr. 7 e pg. 381), êste método de classificar os solos minerais das regiões tropicais

e sub-tropicais está encontrando um franco apôio entre os cientistas mais proeminentes.

A análise mineralógica do solo foi feita sôbre as frações maiores que 2 microns obtidas na determinação da análise mecânica com peptização. As pedras e os seixos encontrados nos perfis, bem como as amostras de rochas-máter foram estudadas sôbre as lâminas que dêles se tem preparado (2).

Os métodos de estudo do solo empregados são, em linhas gerais, os introduzidos entre nós pelo prof. Paul Vageler.

### III — CARATERIZAÇÃO DOS 22 TIPOS PRINCIPAIS DE SOLOS DE ACÔRDO COM AS SUAS ROCHAS-MÁTER

Entre os resultados mais importantes conseguidos pela Secção de Solos, figuram as caraterísticas de alguns dos principais tipos de solos do Estado de S. Paulo.

À pergunta "Quantos são os tipos de solos do Estado?", a resposta só pode ser esta: "Muitos". De fato: dentro da mesma formação agro-geológica constata-se tipos de solo diferentes, oriundos das caraterísticas diversas de sua rocha-máter, idade e natureza do transporte geològicamente recente, natureza, intensidade e duração da exploração agrícola sofrida, situação topográfica, altitude, condições meteorológicas, influências várias, que, em certos casos, podem inesperadamente adquirir a feição de fator predominante na caraterização de um perfil de solo.

Alguns dos principais tipos de solo, entretanto, podem ser delineados por uma série de suas caraterísticas físicas e químicas. É o que apresentamos por meio de uma série de 12 diagramas que figuram a seguir. Os dizeres que os acompanham, explicam em poucas palavras a sua significação e alcance.

Damos em seguida os diagramas volumétricos físicos e químicos de cada um dos 22 tipos de solos, bem como a sua descrição sumária, assim como se apresentam no campo. Para isto abordamos os seguintes tópicos: localização de cada tipo de solo, notas sôbre as particularidades geológicas, topografia mais comum, côres principais, precipitação atmosférica provável, tipos de vegetação primária, secundária e de culturas, algumas notas sôbre o uso racional do solo, bem como algumas observações sôbre as particularidades dos diagramas volumétricos anexos.

Nos 44 diagramas volumétricos dos perfis típicos estão representadas as caraterísticas físicas e químicas dos diversos horizontes do sub-solo, que não constam dos primeiros 12 diagramas, pois estes só se referem

ao solo arável. Pela mesma razão estes últimos diagramas trazem valores algo diferentes dos valores que aparecem no primeiro horizonte dos 44 diagramas dos perfis.

É claro, que, no mesmo perfil, as características físicas ou químicas não se modificam na passagem de um horizonte para outro tão bruscamente, como fazem supor as retas verticais dos diagramas, que representam sempre as condições médias de cada horizonte.

Já apresentámos uma descrição preliminar dos 22 dos principais tipos de solos do Estado (6, pg. 14 e seq.). Neste trabalho, melhorado, o arranjo dos 22 tipos de solo é algo diferente da descrição referida, pois foram considerados diversos resultados de estudos novos. Assim, a numeração dos tipos 3 e 4 foi invertida; o n° 12 foi dividido em dois tipos de solo, cujos números atuais são 12 e 13; foi suprimido o n° 14, cuja distribuição geográfica no Estado (pg. 287) é profusa e irregular, tratando-se geralmente de manchas de terra demasiadamente pequenas e geradas por uma grande variedade de rochas (6, pg. 17-18); por uma razão idêntica, deixamos de considerar agora o solo proveniente de arenitos cineríticos da formação Baurú, de modo que esta fica representada aqui por dois tipos de solo apenas: Baurú Inferior e Superior; finalmente, enriquecemos a coleção de solos quaternários pela divisão dos solos negros e barrentos das várzeas em dois tipos nitidamente diferentes.

Este novo arranjo dos 22 dos principais tipos de solo fica aqui fixado pela determinação quantitativa de cêrca de quatro dezenas de suas características físicas e químicas principais, as menos dependentes de condições locais determinadas pelo tipo de vegetação, maus tratos do homem, etc.

Cada um dos 22 tipos de solo caracterizados pode ser assim definido:

TABELA N.º 1

N.º do tipo de solo	NOME POPULAR	ROCHA - MÁTER	FORMAÇÃO GEO-LÓGICA	IDADE DA ROCHA-MÁTER
1	Salmourão	<i>Gneiss</i> , Granitos, Pegmatitos, Migmatitos, etc.	ARQUEANO (Há granitos cambreanos ou silurianos)	
2	Massapé	Idem, rochas menos ácidas (biotíticas, anfibolíticas, etc.)		
3	Salmourão	Xistos quartzíticos	XISTOS CRISTALINOS ARQUEANOS (?) E ALGONQUIANOS (SÉRIE DE S. ROQUE)	
4	Massapé	Xistos micáceos, Filitos		
5	Terra clara arenosa	Arenitos de granulação desigual, contendo folhinhas de mica	ARENITOS DE FURNAS	DEVONIANO

N.º do tipo de solo	NOME POPULAR	ROCHA - MÁTER	FORMAÇÃO GEO-LÓGICA	IDADE DA ROCHA-MÁTER
6	Terra argilosa	Argilitos, Folhelhos, Varvitos e Tilitos argilosos (Fácies principalmente glacial)	SÉRIES ITARARÉ E TUBARÃO	PERMO-CARBONÍFERO
7	Terra arenosa; Catanduva	Arenitos e Conglomerados, Varvitos e Tilitos arenosos (Fácies principalmente inter e post-glacial)		
8	Terra silicosa	Arenitos, Sílex e rochas silicificadas	SÉRIE PASSA-DOIS (CORUMBATÁ-IRATÍ)	PERMO-TRIÁSSICO
9	Terra argilosa	Folhelhos; pequena contribuição de Calcáreos; rochas pouco silicificadas		
10	Terra calcárea	Calcáreos; pequena contribuição de Folhelhos; silicificação incipiente		
11	Terra arenosa	Arenitos Botucatú e Pirambóia		
12	Terra-roxa-de-campo	Arenito Botucatú; pequena contribuição de Diabásios ou Basaltitos; Meláfiro descalcificados	SÉRIE DE SÃO BENTO (Arenitos Pirambóia e Botucatú; Trap)	TRIÁSSICO
13	Terra-roxa-misturada	Diabásios e Basaltitos com pequena contribuição de Arenito Botucatú; Meláfiro		
14	Terra-roxa-legítima	Diabásios, Meláfiro calcíferos e Basaltitos		
15	Terra vermelha arenosa	Arenitos contendo argilas pouco calcáreas (Baurú Inferior)	ARENITOS DE BAURÚ	CRETÁCEO
16	Terra arenosa	Arenitos contendo argilas calcáreas; Arenitos cineríticos (Baurú Superior)		
17	Terra argilosa	Argilitos arenosos variegados; Folhelhos	TAUBATÉ	TERCIÁRIO
18	Terra arenosa	Arenitos argilosos		
19	Terra clara arenosa	Areias de antigas praias; contribuição de Loess e limo fluvial	LITORAL	
20	Várzeas de subsolo inundado	Nas características FÍSICAS Limos fluviais e poeiras recentes; pequena contribuição de Loess QUÍMICAS Detritos de solos e de rochas — menos ácidos — ácidos	ALUVIÕES FLÚVIO-LACUSTRES	QUATERNÁRIO
21	Várzeas drenadas			
20	Terra preta			
21	Barro claro			
22	Aluviões drenadas	Areias depositadas nas margens de rios e nas orlas de baixadas; fraca contribuição de Loess		

#### IV — DIAGRAMAS DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS DOS SOLOS

Os diagramas 1 a 12 referem-se sempre à parte arável de um solo eluvial (4, pg. 24) sob vegetação primária ou secundária velha (50 anos, digamos; ver os diagramas volumétricos físicos).

Além dos dizeres que trazem os próprios diagramas, achamos útil acrescentar as observações seguintes:

##### Diagrama n.º 1

Os nossos solos de boas propriedades físicas têm o *pêso específico aparente* compreendido entre 0,9 e 1,1. No mesmo tipo de solo, quanto mais alto o *pêso específico aparente*, tanto menor é a porosidade (1, pg. 12), ao passo que decresce também a permeabilidade. O *pêso específico aparente* alto ora denuncia baixo poder de sorção e fraca retenção d'água, ora significa solo densificado.

As oscilações típicas dos valores de *pêso específico aparente*, que figuram no diagrama, podem ser avaliadas, num mesmo tipo de solo, em 100%, para mais ou para menos.

O *pêso específico real* elevado, é próprio de solos provenientes de rochas-máter básicas, ricas. Num mesmo tipo de solo, quanto mais baixo o *pêso específico real*, tende a ser elevado o teor de matéria orgânica. Nos solos de igual *pêso específico aparente*, a porosidade é maior, quanto maior for o *pêso específico real*. As oscilações desta constante, em torno do valor que figura no diagrama, podem ser avaliadas em 2 a 3%.

##### Diagrama n.º 2

Nos solos de boas propriedades físicas, a *porosidade* deve ser de 60 a 70%. Nenhum solo arenoso pode ter êsse valor acima de 60%, salvo se for excessivamente rico em humus. A ação coloidal intensa das partículas finas de argilas de alto poder de sorção faz com que elas conservem distâncias relativamente grandes entre si, tornando elevada a porosidade do solo.

Nos solos 20 e 22, nos quais a falta de drenagem constitúe o seu estado normal, a porosidade máxima é geralmente inferior à porosidade natural. Esta incongruência é apenas aparente, porque as arações desfazem a crosta superficial do solo que impede a evaporação da água abundante do sub-solo. Esta água intumescendo as partículas argilosas e húmosas, aumenta extraordinariamente a porosidade natural.

O gráfico pode servir também para a previsão do aumento da porosidade do solo com as arações repetidas.

As oscilações mais comuns nos valores de porosidade podem ser avaliadas, em cada um dos tipos de solo, em cêrca de 10%.

A diferença entre o teor de argila da *análise mecânica com peptização* (1, pg. 23) e idêntica análise sem peptização, relacionada com o primeiro dêstes teores, constitúe característica importante (*Fator de Estrutura*) do solo, porque mostra a porcentagem da argila que se acha coagulada no solo natural. Não apresentamos, entretanto, êste valor, por não ser permanente nos principais tipos de solos, variando com as condições meteorológicas, situação topográfica, maneiras de explorar o solo, etc.. Apenas a probabilidade de encontrar uma certa porcentagem de argila coagulada é maior ou menor em certos tipos de solos. Ainda não fizemos estudos concludentes sôbre êste importante assunto, não obstante têrmos os dados experimentais de quatro centenas de perfis completos e mais os das amostras superficiais de solo, tudo num total superior a mil.

Os desvios comuns dos valores apresentados pelo gráfico da análise mecânica podem ser estimados em 15%, para mais ou para menos.

### Diagrama n.º 3

A *classificação geral* dos solos de acôrdo com a sua *análise mecânica* com peptização que figura neste diagrama, segue o sistema praticado em Buitenzorg, Java (1, pg. 25 e 36). Pode-se estabelecer o seguinte preceito para o uso mais fácil do diagrama em triângulo: a porcentagem de cada um dos três elementos diminúe com o afastamento do respectivo vértice (100%) seguindo a bissetriz do ângulo.

Si quisermos achar qual a denominação a dar a um determinado tipo de solo, assinalado por um número no triângulo inferior do diagrama, basta localizar êsse número no ponto correspondente do triângulo superior. Assim, os números 3 e 7 correspondem a "areia limosa" e os números 8 e 18 a "barro arenoso". Inversamente, a expressão "barro argiloso" corresponde, por exemplo, ao solo n.º 21, e "argila limosa" ao n.º 20.

Em certos países, como, por exemplo, nos Estados Unidos, empresta-se grande importância a êsse sistema de denominação de solos. Alí se emprega uma classificação algo diferente da usada em Buitenzorg, mas, mais ou menos, os exemplos acima citados (areia limosa, barro arenoso, barro argiloso e argila limosa) corresponderiam às expressões "silty sand", "sandy loam", "clayey loam" e "silty clay".

Entre nós, a acidez e a variedade das rochas, a topografia geralmente acidentada, o clima úmido e quente, e a rapidez da variação do tipo de exploração agrícola, fazem com que um solo não possa ser bem qualificado pela sua composição granulométrica, senão em certas regiões restritas de geologia muito uniforme.

Cada planta de cultura tem no diagrama sua região predileta, em forma de uma zona mais ou menos circular.

#### Diagrama n.º 4

A denominação popular "terra sêca" tem, no geral, o seu valor de *higroscopicidade* ( $H_y$ ) próximo a 5.

O valor  $H_y$ , duplicado e multiplicado ainda pelo pêsso específico aparente, para traduzir volumes e não pesos de solo, fornece a *água inativa* ( $\bar{A}_{in}$ ), a qual corresponde ao "wilting point".

O valor água inativa (1, pg. 47) depende da tensão osmótica das raízes das plantas, da temperatura, etc. Para o arroz, que tem baixa tensão osmótica, por ser uma planta hidrófila, o cálculo da água inativa seria mais exato usando-se um fator maior que 2, ao passo que para o abacaxí, por exemplo, que resiste bem à sêca, porque as suas raízes têm tensão osmótica elevada, o fator de multiplicação a preferir seria pouco maior que 1. Em geral seria preferível usar o fator 1,6 ou 1,7 em lugar de 2,0. No Estado de São Paulo, de clima geralmente úmido e bastante quente, o fator 2,0 exprime melhor as condições de falta d'água no solo, não muito intensa, mas bastante acentuada para exigir providências quanto à irrigação.

Vageler (1, pg. 75) deduziu 2,0 matematicamente como o limite de lentocapilaridade do solo, ou, em outras palavras, o teor de água tão fortemente adsorvida pelas partículas do solo, que se torna incapaz de se mover pela ação da capilaridade.

Diversas outras constantes de água de grande importância são calculadas a partir da água inativa. Assim, a *água osmótica disponível* (móvel no solo de baixo para cima não obstante a ação da gravidade) é  $1,25 \bar{A}_{in}$  e o "moisture equivalent" (capacidade total de retenção d'água) é  $2,25 \bar{A}_{in}$ . A água que excede êste valor é *gravitativa*, útil enquanto pode ser drenada, mas nociva, quando expulsa o ar, inundando o solo quasi por completo.

Os desvios mais comuns, observados num mesmo tipo de solo para os diversos valores de água, calculados a partir de  $H_y$ , são da ordem de 20%.



### Diagrama n.º 5

O *potencial de capilaridade* (1, pg. 70 e seg.) é função de higroscopicidade e de porosidade. É maior, quanto maior a higroscopicidade e menor a porosidade, se bem que a função não seja simples :

$$PC = 5 \cdot 10^3 \cdot \left(\frac{Hy}{P}\right)^3$$

Fornece, entre outras considerações, uma idéia aproximada da facilidade de substituição da água evaporada do solo ou consumida pelas plantas, por outra água, vinda das regiões menos superficiais do solo.

O *diâmetro médio dos poros* é função inversa do potencial de capilaridade (PC). É uma das constantes que mais ilustram as propriedades físicas gerais de um solo, principalmente em comparação com o resultado da análise mecânica (1, pg. 73-78).

A amplitude das variações das constantes do diagrama n.º 5 num mesmo tipo de solo são da ordem de 100% no logaritmo do valor indicado.

### Diagrama n.º 6

A *permeabilidade* pode variar em cada um dos tipos de solo da mesma maneira como as constantes do diagrama anterior.

A permeabilidade e a *resistência contra a erosão* só são traduzidas pelos valores do diagrama, quando o solo é homogêneo até uma profundidade grande, a qual deve ser neste caso tanto maior quanto maior for a permeabilidade. Mas, em geral, os solos não são homogêneos até profundidades grandes, pois que o solo natural contém sempre várias camadas mais ou menos densas. E é a camada mais densa, situada geralmente no sub-solo, que mais deve ser levada em consideração.

Em tais condições, basta uma diferença sensível entre a permeabilidade de duas camadas, sendo mais permeável a camada superior, para que, mesmo com uma pequena declividade do terreno, a água comece a correr no interior do solo, sôbre a camada menos permeável, arrastando consigo as partículas da camada superficial, a qual é assim adelgada paulatinamente até, na fase final do processo, ser totalmente arrastada. Nas épocas excessivamente chuvosas e quando o horizonte superficial é fino (20 ou 30 cm), a água que se acumula sôbre o horizonte inferior impermeável, pode provocar o escorregamento de grandes quantidades de terra morro abaixo.

Temos assim o afloramento do sub-solo menos permeável, argiloso e quasi isento de matéria orgânica, de modo a ser incapaz de sustentar

a vida vegetal. A chamada "*piçarra*" é um exemplo de tais consequências de erosão em solos não homogêneos em profundidade.

Temos que acrescentar, assim, às duas características locais extrínsecas do solo, mencionadas no diagrama, que são a *declividade do terreno* e a *intensidade das chuvas* (7), mais o valor profundidade da camada superficial e a diferença de permeabilidade entre ela e a primeira camada sensivelmente menos permeável. Êste terceiro fator não figura no diagrama, por ser essencialmente local.

A porcentagem de argila coagulada no solo (pg. 261) também inflúe: maior a dispersão da argila, maior é a resistência contra a erosão. A fórmula de resistência contra a erosão muito usada nos Estados Unidos

$$RE = \frac{Hy. (100 - \text{Fator de Estrutura}). \% \text{ Arg. peptizada}}{100}$$

tem entre nós o defeito de levar em consideração de maneira demasiadamente acentuada o *fator de estrutura* (1, pg. 23), que é

$$FE = \frac{100 (\% \text{ Arg. peptizada} - \% \text{ Arg. natural})}{\% \text{ Arg. peptizada}}$$

ao passo que a nossa fórmula,

$$RE = \frac{100 A_{in.}}{P_{nat}}$$

tem o defeito de depender de FE apenas indiretamente, assim como a fórmula norte-americana só indiretamente depende da porosidade natural do solo.

A tendência para a erosão mais alarmante se dá, quando o perfil do solo contém um horizonte densificado na profundidade de 20 a 50 ou 60 cm. O perigo diminúe sensivelmente, quando a camada densificada se acha entre 0 e 20 cm de profundidade ou entre 60 cm e alguns metros.

Quando o solo possúe um valor baixo no diagrama dos valores de resistência contra a erosão, o perigo pode ser grande mesmo quando o horizonte argiloso só se constata numa profundidade de 5, 10 e mesmo 20 metros. É nestas circunstâncias que aparecem os terríveis *vales de erosão*, de centenas de metros de comprimento e profundidade limitada justamente pelo primeiro lençol sensivelmente argiloso.

Um córrego subterrâneo se forma neste caso. Alarga-se. O material inconsistente da sua abóbada se desprende e é levado pelas águas. O terreno começa a ceder até desabar fragorosamente num dia muito

chuvoso, sacudindo às vezes uma região de vários quilômetros quadrados, como se fôra um terremoto. Os vales de erosão desta natureza têm em certas regiões do Estado o nome de *Vossoroca*.

### Diagrama n.º 7

A *água gravitativa disponível*, aquela que no solo desce pela ação da gravidade (pg. 262), só é comum nos solos 19 e 20, mas, nas épocas chuvosas, pode ser encontrada em qualquer outro tipo de solo que não seja impermeável, dependendo o seu teor da rapidez da drenagem e da permeabilidade do solo.

Quando aparece temporariamente, a água gravitativa, evidentemente, toma uma parte do espaço ocupado normalmente pelo ar.

O espaço total útil à vida é dado pela diferença entre os valores de porosidade e água inativa.

Uma certa *quantidade de ar* é indispensável à vida no solo em geral. Admite-se (1, pg. 46) o mínimo de 5% (5 cm<sup>3</sup> de ar em 100 cm<sup>3</sup> de solo), mas há plantas que suportam a falta de ar, vegetando em solos com apenas 3% do espaço dos poros não ocupado pela água, ao passo que a grande maioria das culturas começa a sofrer quando a quantidade de ar atinge cerca de 10%.

As oscilações mais prováveis dos valores de água disponível podem ser 20% maiores ou menores que os indicados no diagrama. Para o ar, o desvio pode ser mesmo de 25% e 30%.

A *profundidade efetiva das raízes* é a de que as plantas das culturas de ciclo curto podem dispor com certa facilidade. Pode variar muito com a situação topográfica e com a idade da vegetação. Em geral aumenta da meia encosta morro abaixo, assim como é geralmente maior sob mata virgem que sob capoeira nova, diminuindo muito nos solos muito explorados. As arações repetidas afofam a camada arada, formando-se um horizonte menos permeável a partir da profundidade nunca atingida pelo arado. A redução da profundidade efetiva das raízes é uma das mais funestas conseqüências da erosão.

As águas que atravessam facilmente a camada superficial fôfa, vão depositar as partículas de argila no horizonte não atingido pelo arado, obstruindo-lhe os poros. Este processo tem o nome de "*iluviação*" e o horizonte que está sendo impermeabilizado, "*horizonte iluvial*", designado pela letra **B**, ao passo que a camada fôfa que lhe fica acima se designa pela letra **A**. (V. diagr. volumétricos físicos).

Assim, o diagrama representa as profundidades dos horizontes A, sendo cêrca de 30% os desvios para mais ou para menos em cada um dos 22 tipos de solos.

A profundidade do solo, dentre as principais caraterísticas a serem consideradas para fins agrícolas, é uma das mais importantes. Um solo que figura no diagrama com um valor 25 ou 30 cm, sòmente em alguns pontos dos talhões poderá servir para a cultura, por exemplo, do algodoeiro, cujas exigências em matéria de profundidade do solo podem ser estimadas em 50 cm.

### Diagrama n.º 8

A *capacidade estática do perfil* (1, pg.54) é o produto da água disponível pela profundidade efetiva das raízes, sendo assim a quantidade total de água que um solo pode armazenar e oferecer às plantas. Como se pode notar pelo estudo comparativo dêste diagrama com os precedentes, solos secos, mas profundos, podem fornecer às plantas de bom enraizamento mais água que os solos de alta retenção, mas rasos (8,pg.385).

A variação mais provável desta caraterística do solo é também da ordem de 30%, pois depende diretamente da profundidade efetiva das raízes.

O valor "*colheita fisicamente possível*" exprime a diminuição das colheitas, diminuição essa provocada pelas más condições físicas do solo, supondo-se ótimas as condições químicas.

Os valores do diagrama foram obtidos pela interpolação da capacidade estática de cada tipo de solo na *curva de Sekera* (11, diagr. 2).

O desvio, correspondente a 30% de capacidade estática, fica reduzido, para o valor da colheita fisicamente possível, a 25%.

### Diagrama n.º 9

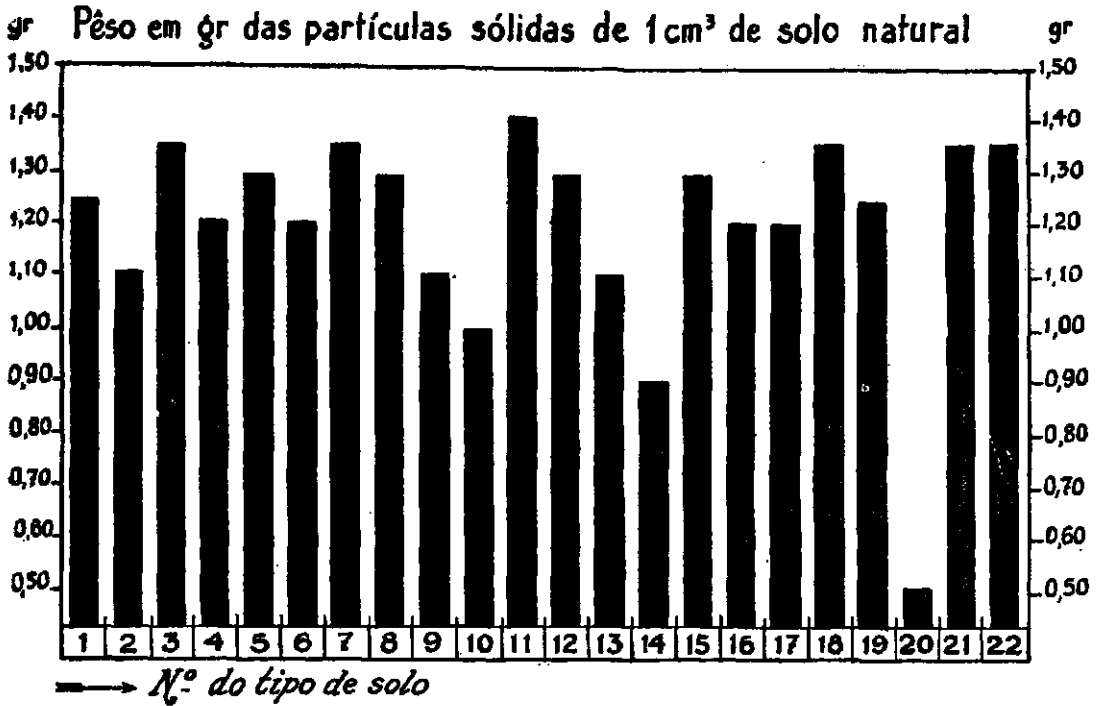
O teor das substâncias químicas assimiláveis pelas plantas (*teor trocável*) varia de acôrdo com a capacidade de absorção da planta, de acôrdo com o teor de matéria orgânica, pH mais ou menos favorável, época do ano (quantidade de chuva e fase do crescimento do vegetal), porosidade e outras caraterísticas físicas do solo.

Plantas atacadas por moléstias, aparentemente reagem no que toca à intensidade de absorção de certos elementos nutritivos. O dr. Paiva Netto(\*), chefe da Secção de Solos dêste Instituto, efetuou grande número de análises de cinzas de diversas plantas de cultura, cujos resultados

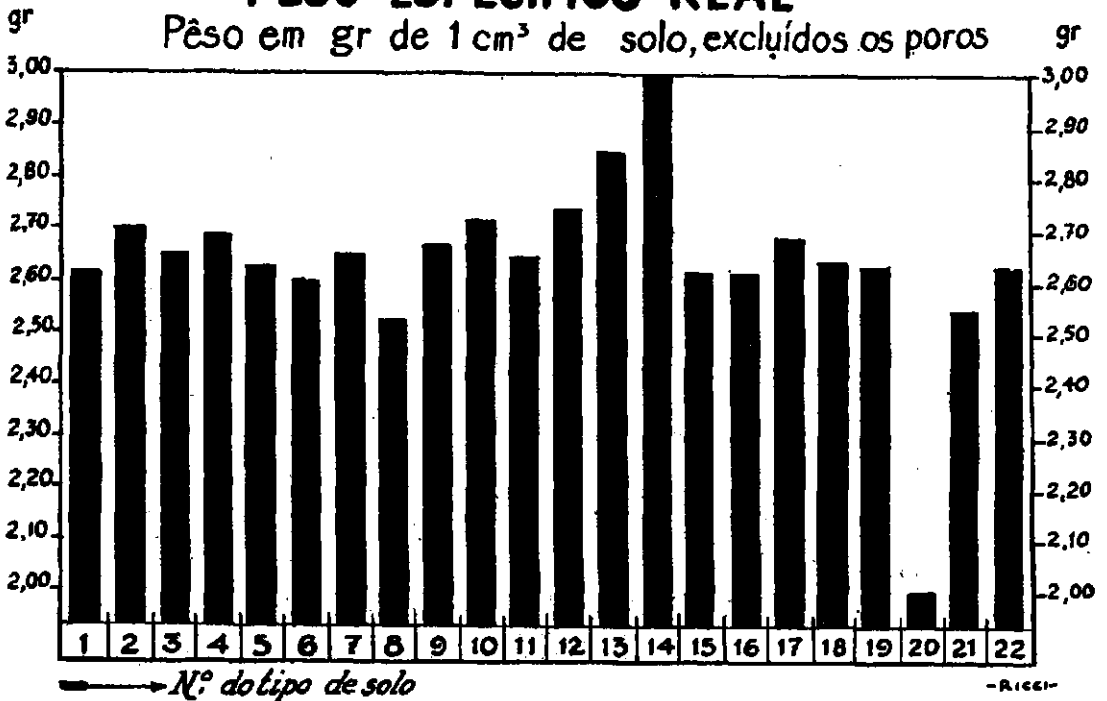
(\*) Informação verbal.

Diagrama n.º 1

PÊSO ESPECÍFICO APARENTE






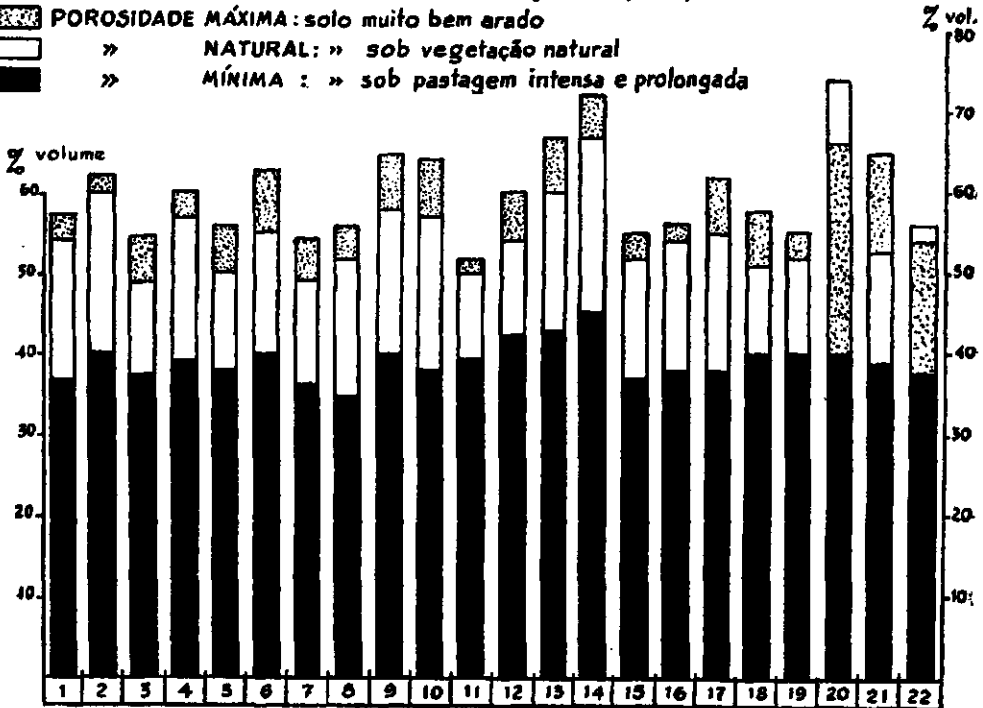
PÊSO ESPECÍFICO REAL






### Diagrama n.º 2

**POROSIDADE = ÁGUA + AR = { ESPAÇO (cm<sup>3</sup> por 100 cm<sup>3</sup> de solo) não ocupado pela MATÉRIA SÓLIDA**

-  POROSIDADE MÁXIMA : solo muito bem arado
-  » NATURAL : » sob vegetação natural
-  » MÍNIMA : » sob pastagem intensa e prolongada



### ANÁLISE MECÂNICA COM PEPTIZAÇÃO

-  = AREIA GROSSA (grânulos de diâmetro maior que 0,2 mm)
-  = AREIA FINA + LIMO (grânulos de diâmetro entre 0,2 e 0,002 mm)
-  = ARGILA (grânulos de diâmetro menor que 0,002 mm)

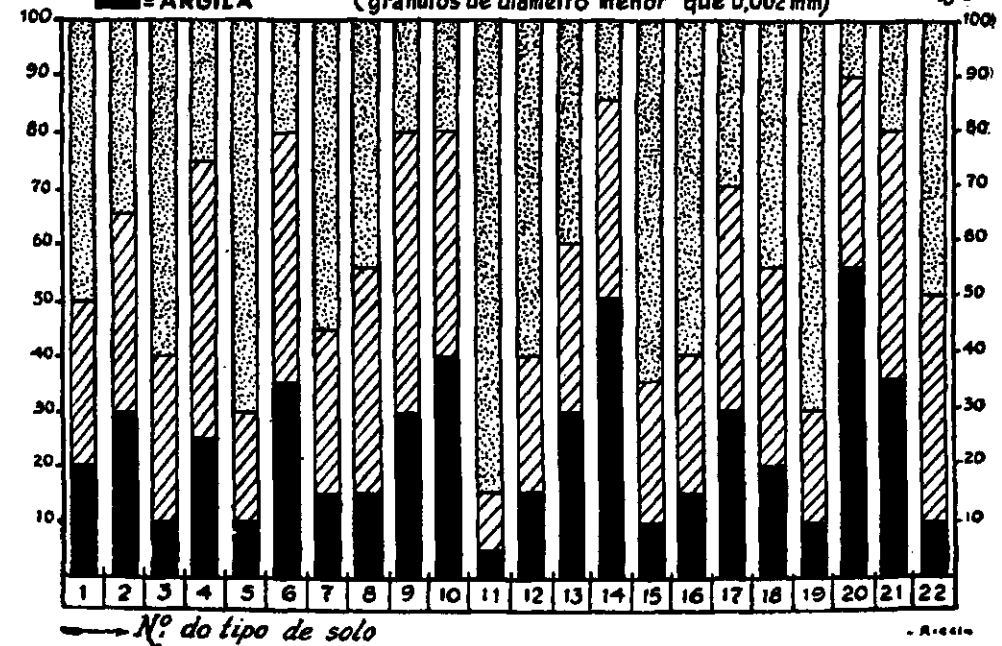
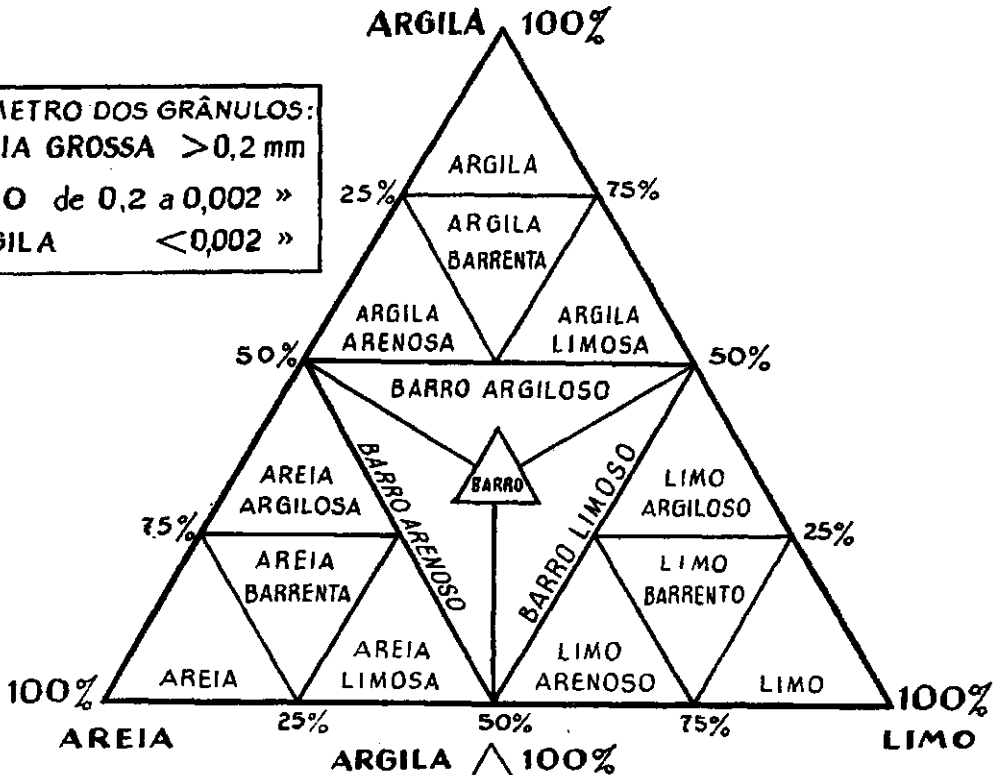


Diagrama n.º 3

CLASSIFICAÇÃO dos SOLOS de acordo com a ANÁLISE MECÂNICA COM PEPTIZAÇÃO

DIÂMETRO DOS GRÂNULOS:  
 AREIA GROSSA > 0,2 mm  
 LIMO de 0,2 a 0,002 »  
 ARGILA < 0,002 »



⊕ N.º DO TIPO DE SOLO

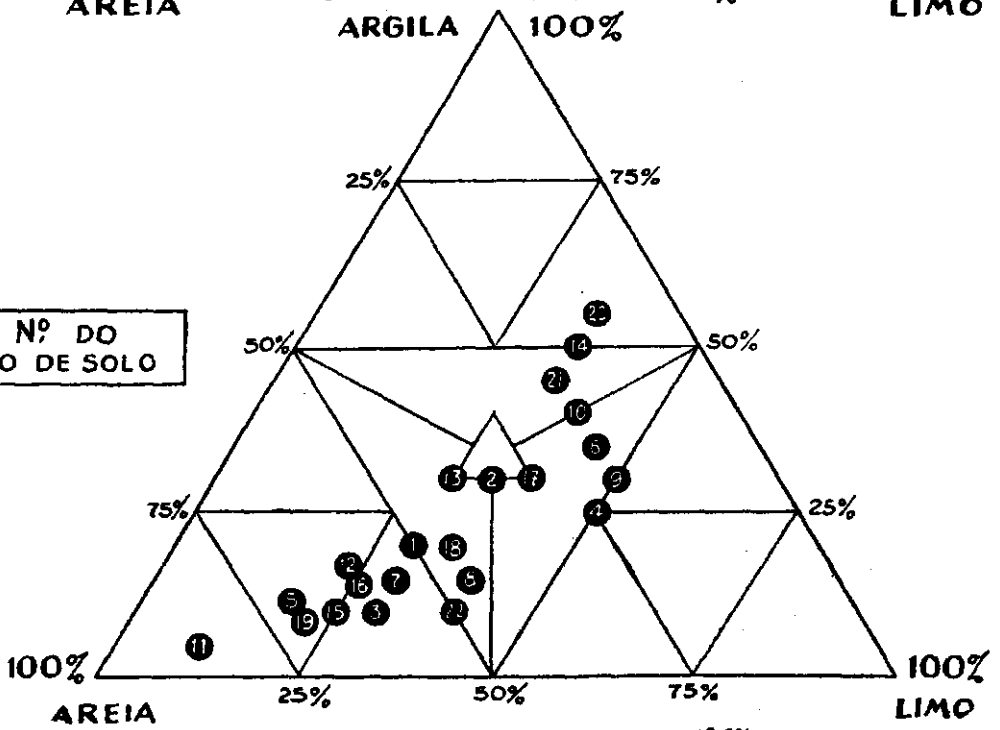
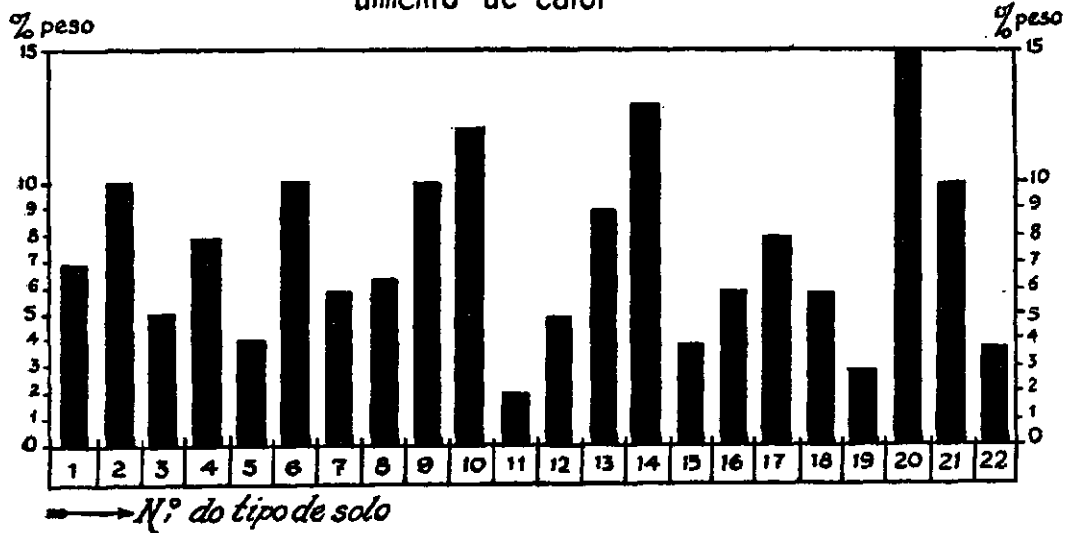


Diagrama n.º 4

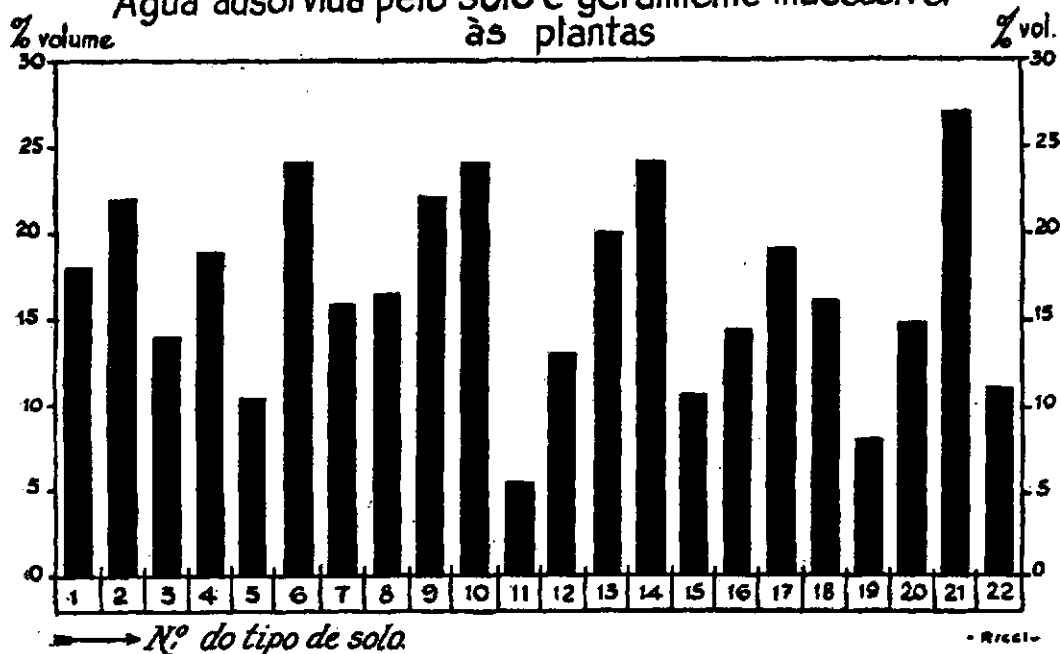
**HIGROSCOPICIDADE** (gr de água por 100gr de solo)

Água adsorvida pelo solo sêco até que cesse o desprendimento de calor



**ÁGUA INATIVA** (cm<sup>3</sup> por 100 cm<sup>3</sup> de solo)

Água adsorvida pelo solo e geralmente inacessível às plantas

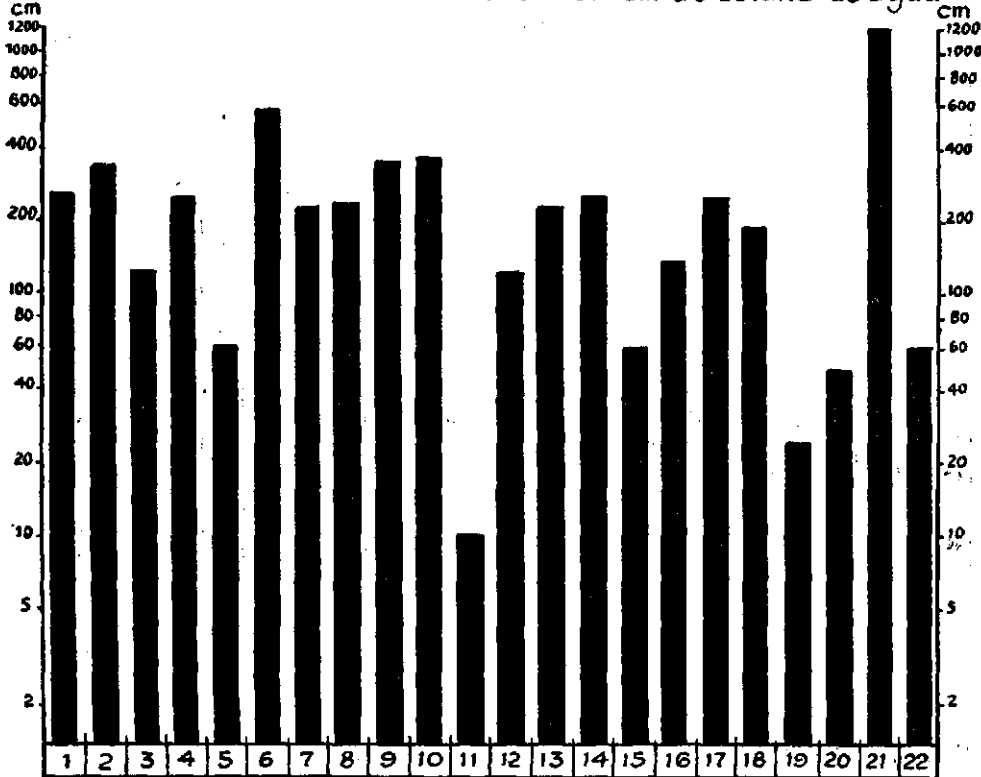


• Recol-



### Diagrama n.º 5

#### POTENCIAL DE CAPILARIDADE em cm de coluna de água



#### DIÂMETRO MÉDIO dos POROS em microns

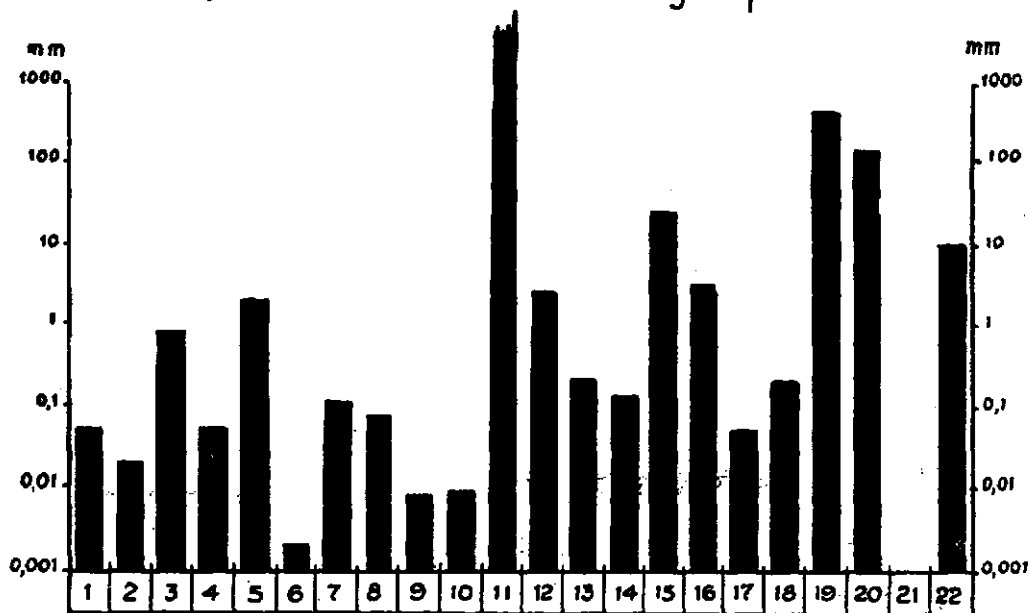


→ N.º do tipo de solo

- R. I. C. C. I.

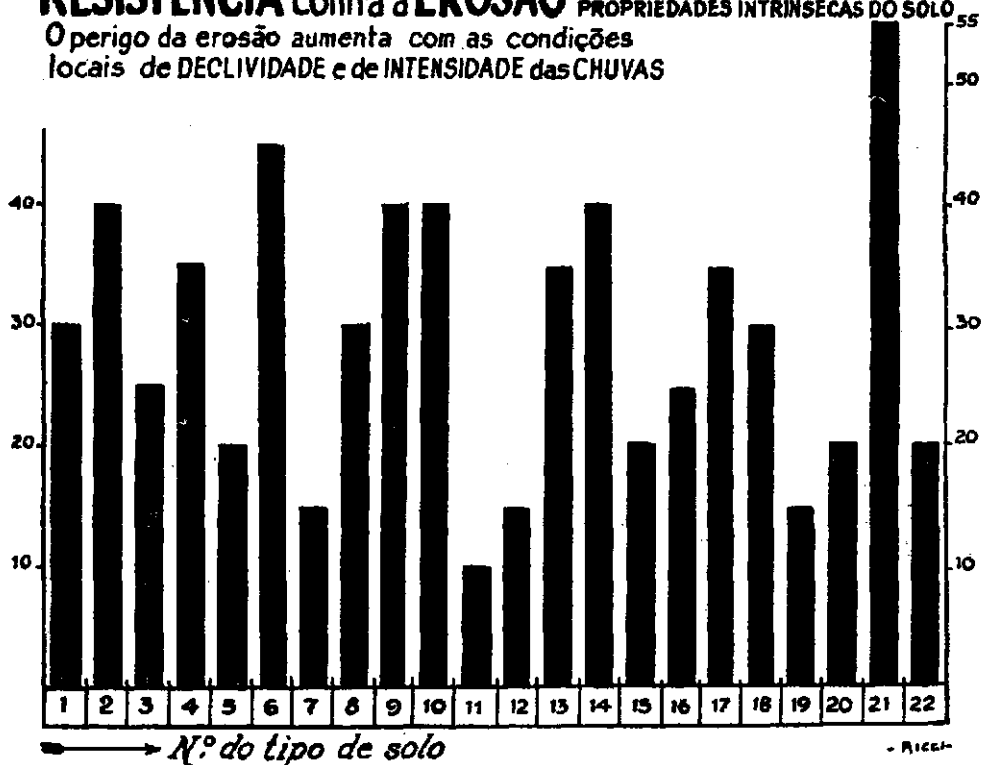
Diagrama n.º 6

**PERMEABILIDADE** mm de água por hora



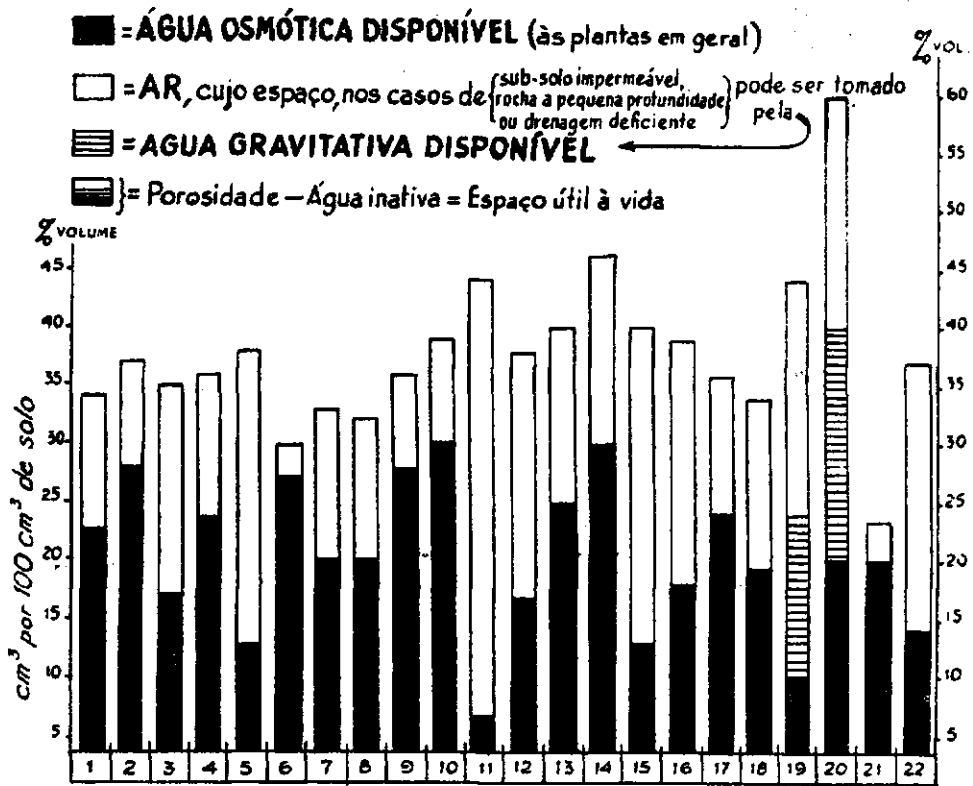
**RESISTÊNCIA** contra a **EROSÃO** ÍNDICE BASEDO NAS PROPRIEDADES INTRÍNSECAS DO SOLO

O perigo da erosão aumenta com as condições locais de DECLIVIDADE e de INTENSIDADE das CHUVAS



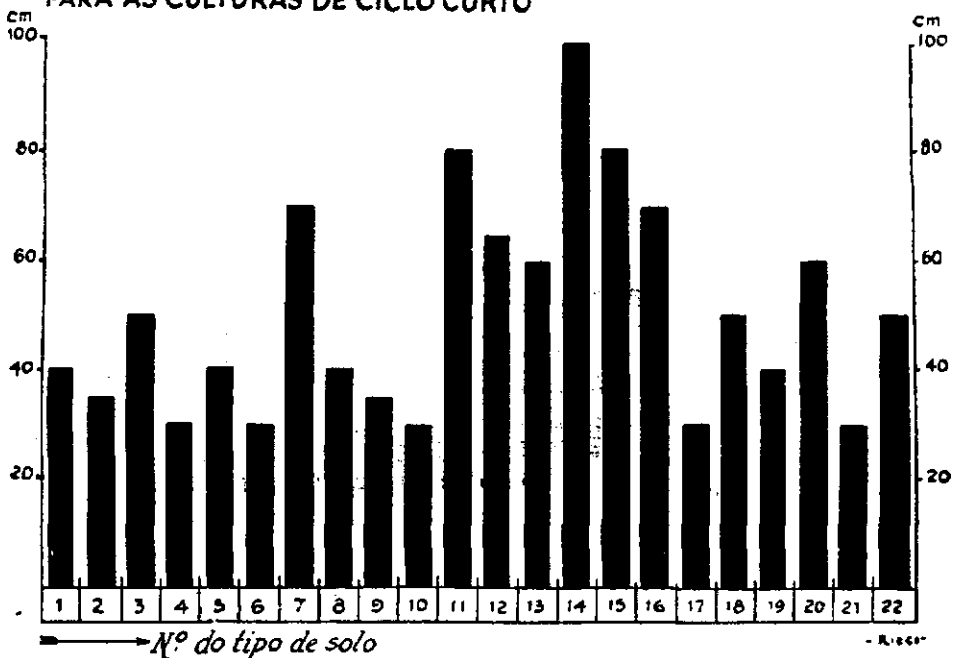
- Ricci -

### Diagrama n.º 7



### PROFUNDIDADE (cm) EFETIVA DAS RAÍZES

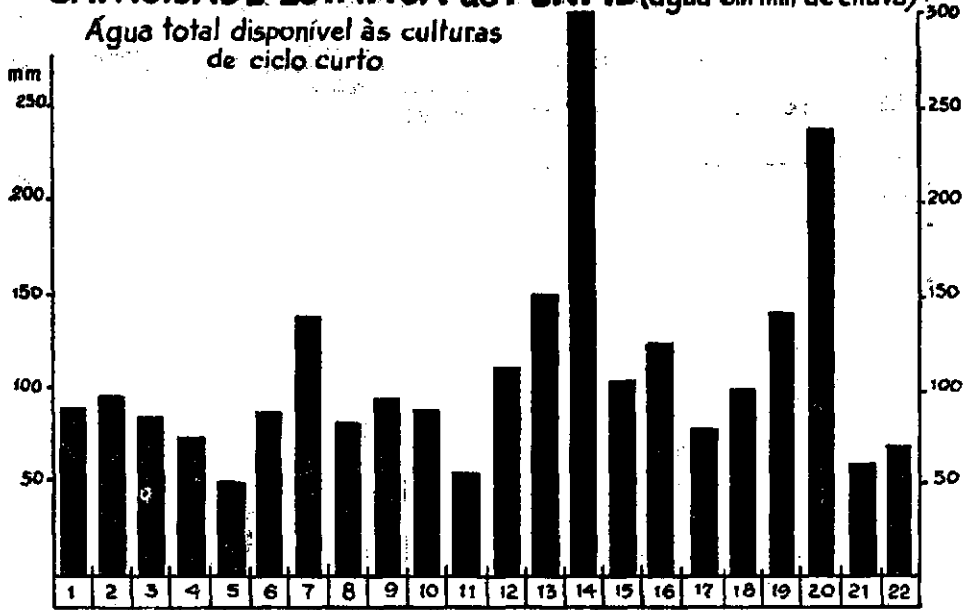
PARA AS CULTURAS DE CICLO CURTO



### Diagrama n.º 8

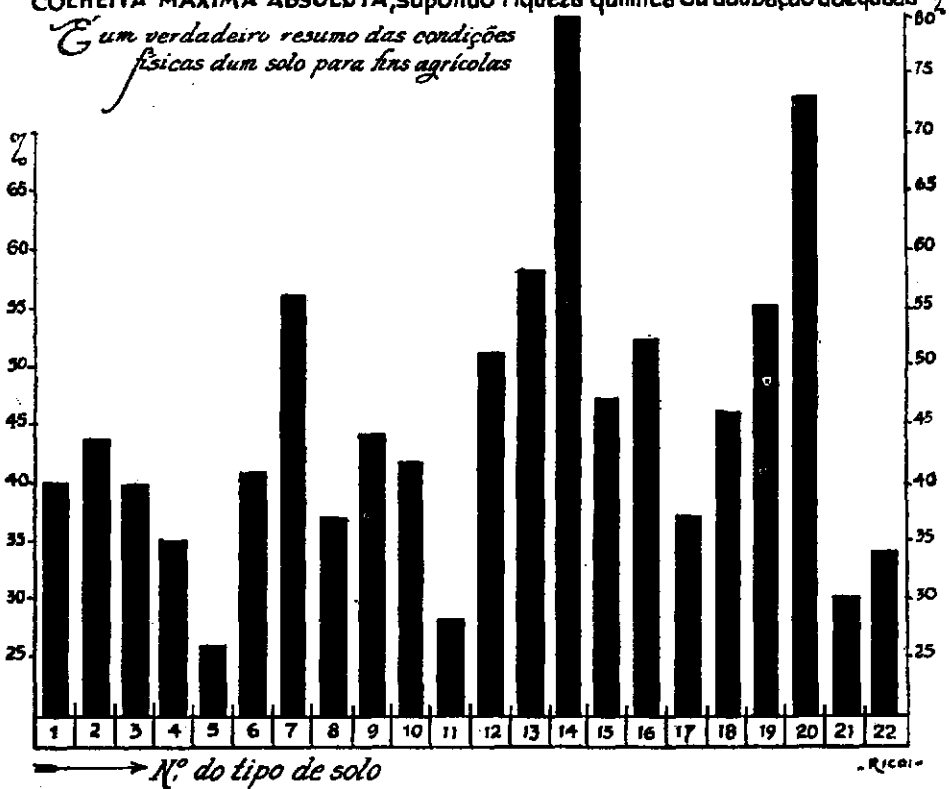
#### CAPACIDADE ESTÁTICA do PERFIL (água em mm de chuva) mm

Água total disponível às culturas de ciclo curto



#### COLHEITA FÍSICAMENTE POSSÍVEL (segundo SEKERA) em % da COLHEITA MÁXIMA ABSOLUTA, supondo riqueza química ou adubação adequada %

*É um verdadeiro resumo das condições físicas dum solo para fins agrícolas*



parecem indicar que, ao menos algumas espécies de plantas, reagem contra certas moléstias pela concentração de manganês nas partes atacadas.

Assim, podemos afirmar que o teor trocável, extraído do solo pelos processos de laboratório os mais aperfeiçoados, nem sempre equivale justamente ao teor extraído pelas plantas no campo. Constitue, entretanto, a melhor determinação da probabilidade de fornecimento de nutrientes pelo solo às plantas.

Os valores que figuram no diagrama, podem variar num mesmo tipo de solo, conforme a constituição da rocha-máter, tempo de exploração do solo, quantidade de matéria orgânica, efeitos da erosão, etc.

As oscilações assim provocadas podem ser de 20% para o teor de fosfatos, 30% para os teores de Ca, Mg, K e Na e 40% para o teor de Mn. Se o exame de um solo der resultados que ultrapassem estes limites, devemos concluir que se trata de um tipo de solo que escapa à definição dos 22 apresentados pelos diagramas, seja por ter sido adubado ou, pelo contrário, arruinado pela erosão ou pela exploração intensiva, seja por pertencer a uma outra formação agro-geológica.

### Diagrama n.º 10

O *teor total* dos nutrientes não é obtido analisando toda a matéria sólida do solo, mas apenas a sua parte argilosa e a película que envolve os grãos maiores que as partículas de argila (8, pg. 380 e 381).

É, pois, o teor total de nutrientes que tem alguma probabilidade de se transformar em teor trocável e alimentar as plantas numa época não excessivamente remota. Assim como o teor trocável compreende os nutrientes solúveis em água, o teor total abrange o teor trocável.

As variações aqui podem ser estimadas em 30%.

O teor de *azoto total* é usado (11, pg. 14 e 15) (*Análise Sumária de Terra*) como um valor indicador da riqueza do solo neste elemento. É um critério errôneo, demasiadamente simplicista: a parte do teor total realmente disponível às plantas é, em geral, num determinado instante, cem ou mesmo mil vezes menor. Depende, mais que do teor total de azoto, de diversas outras características químicas e físicas do solo, as quais promovem a solubilização de sempre novas quantidades de azoto. Entre estas características podemos citar: o teor de humus, o índice C/N, o potencial de óxido-redução (rH), o teor de acidez nociva, o arejamento, o teor de água gravitativa disponível, a higroscopicidade e, como fatores biológico e meteorológico, a intensidade da vida bacteriana e a época do

ano (chuvas e estado higrométrico da atmosfera), esta última influenciando sobre o *teor disponível de azoto* mais que sobre os outros teores de nutrimentos químicos.

O conhecimento do teor total de nutrimentos é importante para o estudo da gênese do solo. Às vezes, por diversos meios, podemos apressar a sua transformação parcial em teor trocável.

### Diagrama n.º 11

A *acidez nociva*, como o nome indica, é um "inimigo" da planta. É uma das causas principais do pH baixo e da dificuldade de elevá-lo. O *alumínio trocável* é de ação nociva à fisiologia da planta. Dificultando a solubilização dos elementos nutritivos do solo, promove a insolubilização dos adubos adicionados e, em particular, causa a "retrogradação" dos fosfatos de Ca (8, pg. 379).

A *acidez inócua* aumenta com cada colheita obtida do solo sem calagem. Às adubações mais empregadas não são capazes de baixá-la sensivelmente. As expressões populares, "terra cansada", "terra esgotada" provêm do teor alto de *hidrogênio trocável*.

Entre nós, a redução das colheitas, causada pelas condições químicas dos solos, supondo ótimas as condições físicas, depende quase totalmente da soma  $H + Al$  trocáveis, soma esta na qual o hidrogênio ou acidez inócua participa em grau muito maior que o alumínio trocável, que é a acidez nociva.

Pelo contrário, a constante **S** (*soma das bases trocáveis*) traduz riqueza química do solo. Quando S é pequeno em comparação com  $H + Al$ , ou, melhor, enquanto S for menor que  $H + Al$ , o solo geralmente necessita mais da neutralização da sua acidez, do que de adubos propriamente ditos.

As oscilações máximas dos valores do diagrama podem ser avaliadas em 25%, quanto ao teor de S, e em 40%, quanto aos teores de H e Al.

A constante química do solo  $T - S$ , cuja determinação direta está sendo empregada cada vez mais, é proximamente igual à soma algébrica  $H + Al$ .

### Diagrama n.º 12

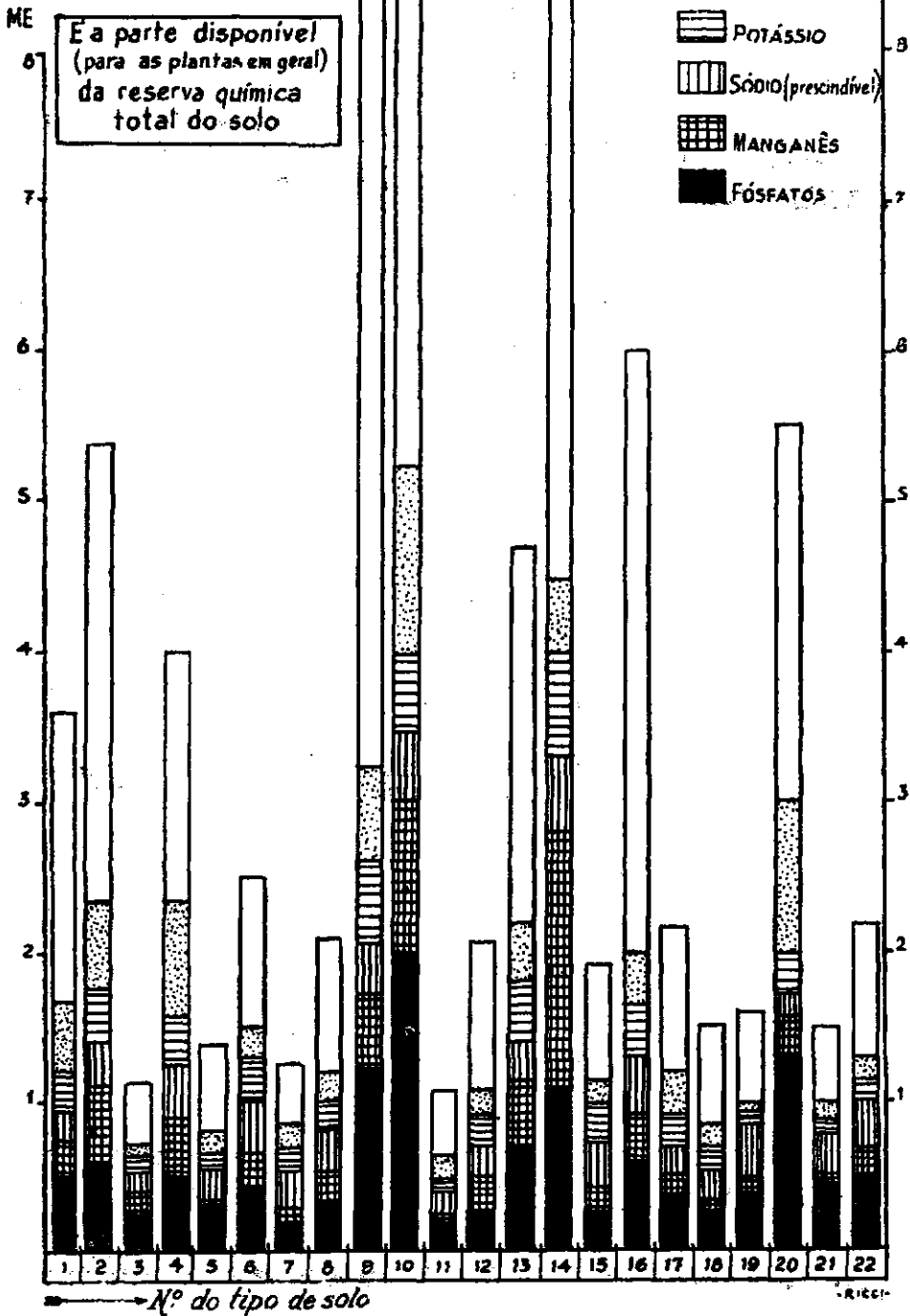
O gráfico do pH mostra que apenas 3 tipos de solos do Estado têm valores médios acima de 6, pH êste que, entre nós, pode ser considerado sem influência nociva às colheitas.

Nos outros tipos de solo, perfazendo cêrca de 85% da área total do Estado (pg. 282), a *calagem* é uma operação mais importante que a

### Diagrama n.º 9

## ELEMENTOS NUTRITIVOS TROCÁVEIS

em ME (mili-equivalentes)  
por 100 cm<sup>3</sup> de solo ou  
em KE (quilo-equivalentes)  
por hectare até a  
profundidade de 1 cm

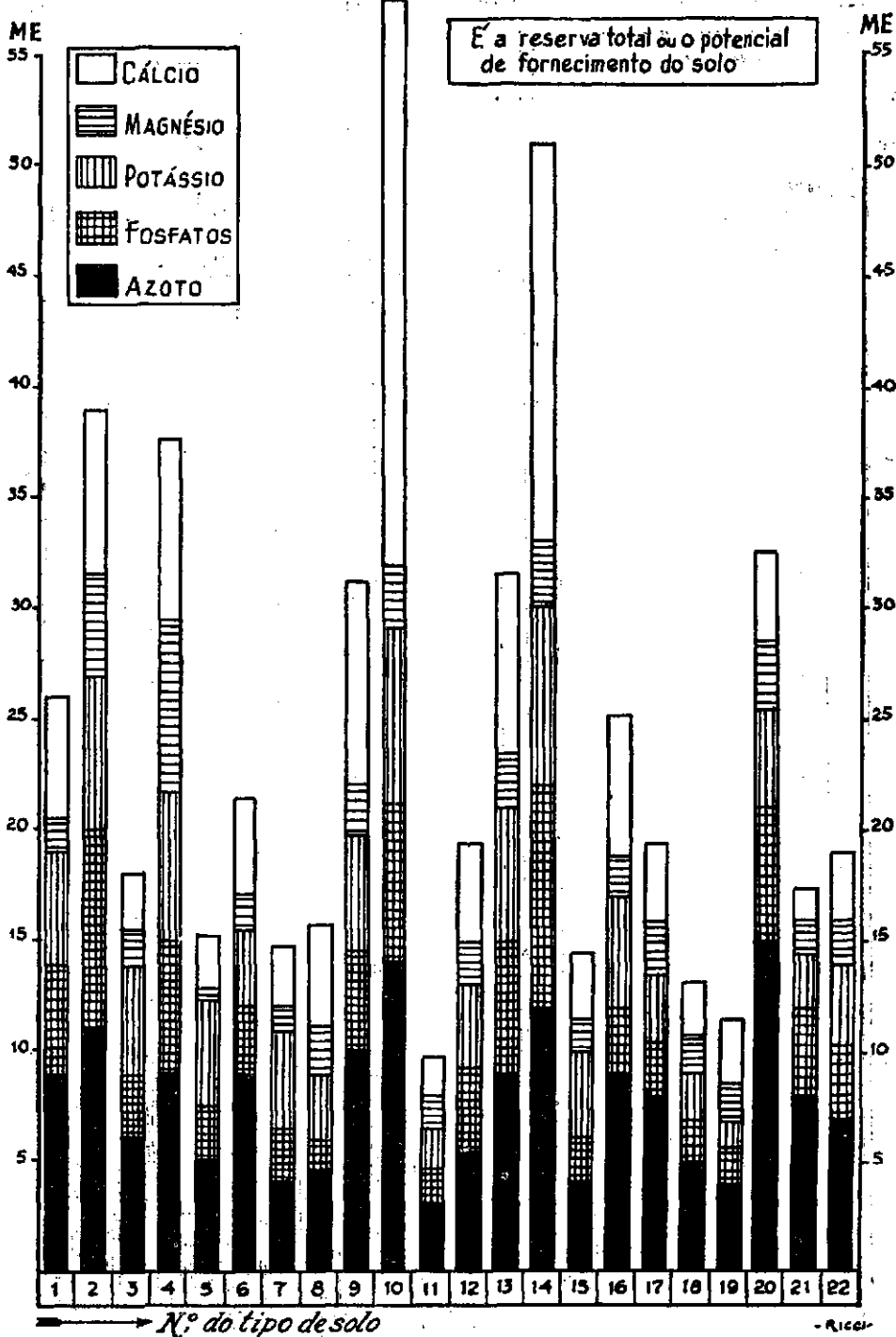


RICCI

### Diagrama n.º 10

## TEOR TOTAL DE NUTRIMENTOS

em ME (mili-equivalentes) por 100 cm de solo ou em KE (quilo-equivalentes) por hectare até a profundidade de 1 cm





### Diagrama n.º 11

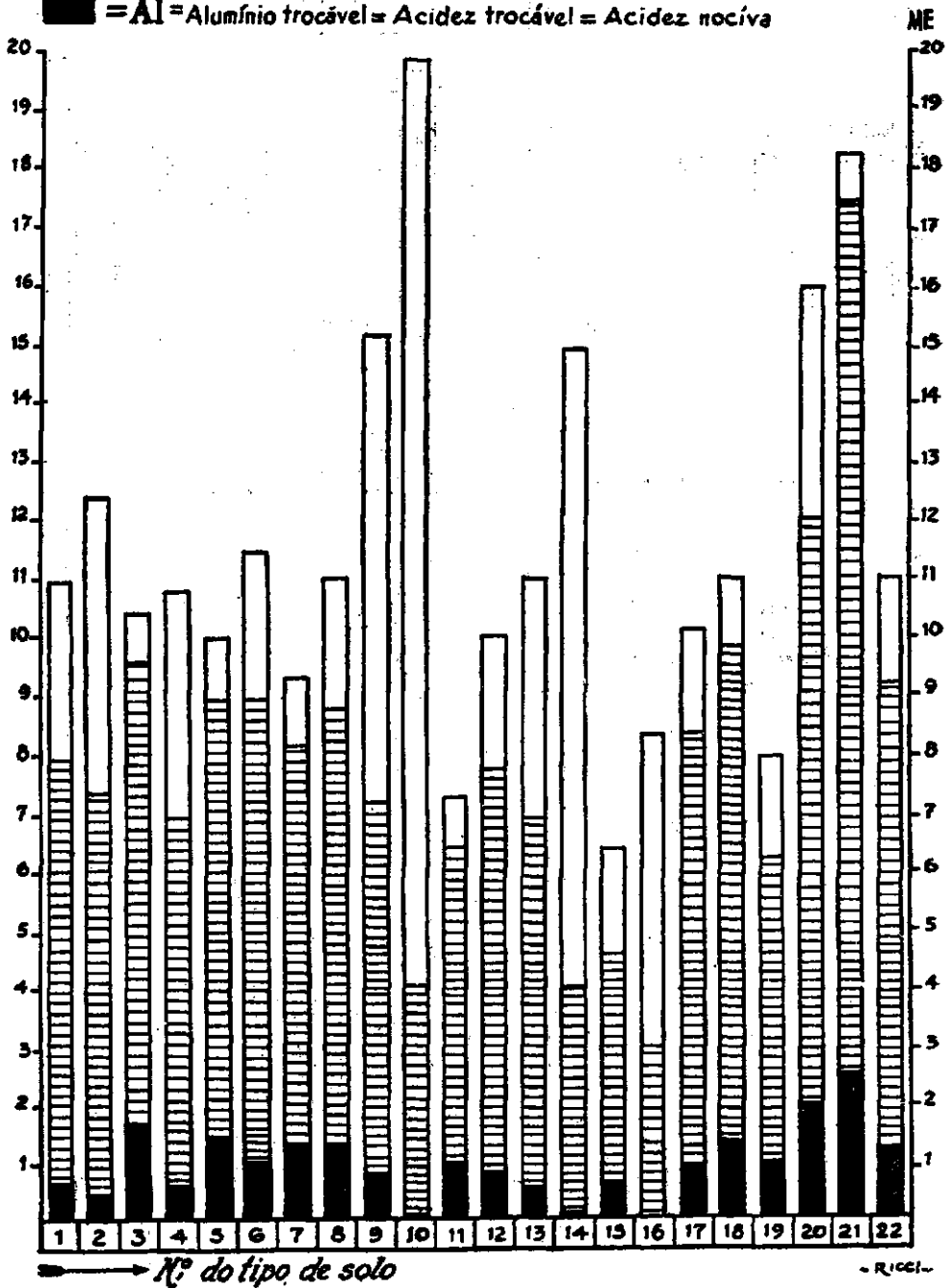
**T = CAPACIDADE TOTAL DE SORÇÃO = S + H + Al**

em ME (mili-equivalentes) por cm<sup>3</sup> de solo ou em KE (quilo-equivalentes) por hectare até a profundidade de 1 cm

□ = S = Soma das bases trocáveis (K + Na + Li + NH<sub>4</sub> + Ca + Mg + Mn)

▨ = H = Hidrogênio trocável = Acidez hidrolítica = Acidez inócua

■ = Al = Alumínio trocável = Acidez trocável = Acidez nociva



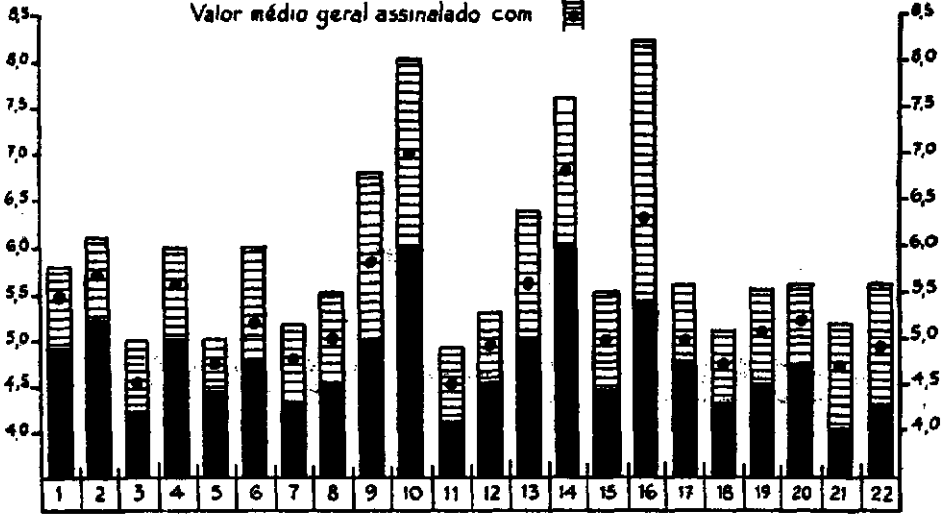
- Ricci -

### Diagrama n.º 12

**pH** internacional (suspensão de solo em água em partes iguais)

Os valores típicos oscilam dentro da zona

Valor médio geral assinalado com

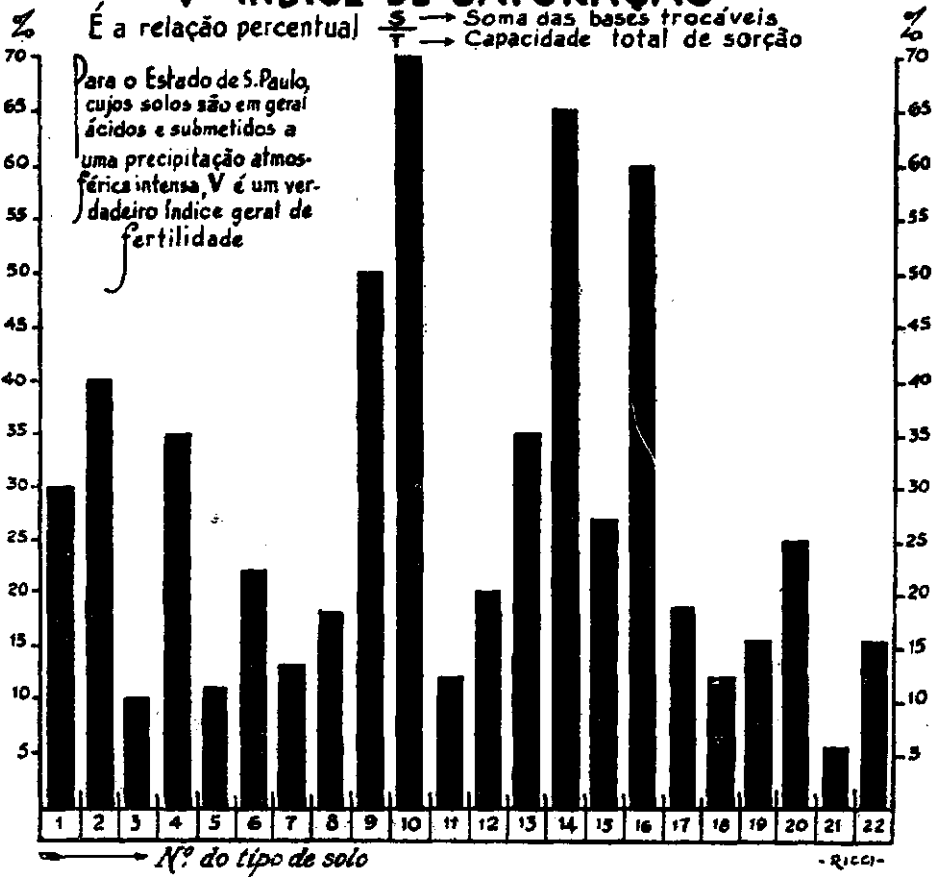


### V = ÍNDICE DE SATURAÇÃO

É a relação percentual

$\frac{S}{T}$  → Soma das bases trocáveis  
 T → Capacidade total de sorção

Para o Estado de S. Paulo, cujos solos são em geral ácidos e submetidos a uma precipitação atmosférica intensa, V é um verdadeiro índice geral de fertilidade



N.º do tipo de solo

- R. C. C. -

adubação com fósforo, azoto e potássio, pois esta última só pode ser altamente remuneradora mediante neutralização prévia da acidez do solo.

Podemos colocar no mesmo plano que a calagem, outras duas operações, a saber, o enriquecimento do solo em matéria orgânica e a defesa contra a erosão. São para o Estado de S. Paulo, quasi sempre, os três fatores principais de produção inerentes ao solo.

O *índice de saturação V* pode ser considerado, no Estado de S. Paulo, como um verdadeiro resumo das condições químicas do solo. Quanto mais alto o índice *V*, tanto maiores serão as colheitas resultantes das condições químicas do solo, supondo ótimas as físicas (8, pg. 380).

Para a avaliação geral das possibilidades das colheitas, inerentes às características físicas e químicas principais do solo, podem ser considerados, entre nós, em qualquer tipo de solo, os gráficos "colheita fisicamente possível" e "índice de saturação" dos diagramas 8 e 12.

De acôrdo com as qualidades físicas e químicas de solos de dois talhões, pertencentes ao mesmo tipo, as probabilidades de colheita da mesma cultura podem ser comparadas por meio dos produtos das duas porcentagens.

As oscilações máximas do índice *V*, para mais ou para menos do valor indicado no gráfico, podem ser estimadas em 25%.

### Observações

Considerando apenas os fatores intrínsecos do solo, entre os três fatores principais de produção das nossas terras cultivadas, que, como já dissemos, são o teor de matéria orgânica, a defesa contra a erosão e a neutralização da acidez do solo (3, pg. 22 e seg.), as duas últimas se encontram nos diagramas 6, 11 e 12. Falta a primeira, que é o *teor de humus* do solo.

Não é possível indicar o valor desta importante característica química, ou, melhor, coloidal, em cada um dos 22 tipos de solo estudados. Só existe um teor bem definido em solos absolutamente inexplorados, virgens, e para cada tipo de vegetação. Somente neste caso, o teor de matéria orgânica do solo é uma resultante de condições mais ou menos fixas, tais como as características físicas e químicas do solo, a situação topográfica, a altitude e as condições climáticas.

Os desvios máximos dos valores apresentados são freqüentemente de 30% e mesmo 40% para os teores de Mn, H e Al trocáveis. Tais desvios são naturais, em se tratando de material tão heterogêneo, como

é o solo, o qual, desde os primórdios da sua gênese, vem sendo submetido à erosão em várias direções e aos diversos processos diagenéticos e biológicos, de intensidades e natureza várias.

O estudo do conjunto dos valores das diversas características químicas e físicas, permite determinar não só o tipo, como também o gradiente das modificações de diversas constantes oriundas da exploração do solo.

Quanto à avaliação das áreas do Estado ocupadas pelos diversos tipos de solo, pouco podemos adiantar por hora. Apenas o município de Campinas e parte do Vale do Paraíba, somando um total de 3 mil Km<sup>2</sup>, foram percorridos de maneira a se poder esboçar *mapas de solos* na escala de 1:100 mil e supor que a soma dos erros dê uma resultante que permita errar apenas de 10% na avaliação da área que cada um dos tipos de solo ocupe. Quanto à delimitação das diversas zonas agro-geológicas, os erros por município ainda podem ultrapassar 20%, conforme a região do Estado.

Achamos útil, contudo, fornecer a avaliação grosseira, obtida por meio de um planímetro sobre o nosso *mapa agro-geológico do Estado* na escala de 1:1 milhão, das áreas ocupadas pelos principais tipos de solo, dentro dos 250 mil Km<sup>2</sup> da superfície total do Estado:

**Tabela n.º 2**

TIPO DE SOLO		Milhares de Km <sup>2</sup>	Porcentagem
Nums.	Especificação		
1 e 3	Salmourão .....	40	16
2 e 4	Massapé.....	15	6
11	Arenito eólico Botucatú .....	12	5
12 e 13	Terras-roxas-misturadas.....	45	18
14	Terra-roxa-legítima .....	5	2
15	Arenito Baurú Inferior .....	45	18
16	Arenito Baurú Superior .....	25	10
	Soma .....	187	75%
	Outros tipos de solo.....	63	25
	Total .....	250	100%

## V — DESCRIÇÃO DOS PRINCIPAIS TIPOS DE SOLOS DO ESTADO

A melhor descrição técnica de um solo é a apresentação dos diagramas volumétricos físico e químico do seu perfil típico (3, pg. 32). É justamente o que apresentamos para 22 entre os principais tipos de solos do Estado de S. Paulo (diagramas 13 a 56).

Já expusemos acima, resumidamente, a significação de cada uma das características físicas e químicas que aparecem nos diagramas dos 22 perfis. Resta apenas indicar a significação desses diagramas e as vantagens que apresenta o seu uso.

Mais adiante descreveremos sumariamente a aparência de cada um dos tipos de solo no campo, a sua geologia e vegetação, as condições topográficas e climáticas mais comuns, o seu uso racional e algumas das suas particularidades importantes.

### Diagrama volumétrico de um perfil de solo

Nos *diagramas volumétricos físicos* (1, pg. 28), leem-se horizontalmente, em porcentagem de volume ( $\text{cm}^3$  por  $100 \text{ cm}^3$  de solo), os diversos teores de água, bem como o espaço ocupado pelo ar e pelos vários componentes da matéria sólida do solo, estes revelados pela análise mecânica com peptização. Esta leitura pode ser feita a qualquer profundidade, indicada pela escala vertical.

Quando o teor de água gravitativa ou osmótica, assim como qualquer outra característica do solo, varia com a profundidade segundo uma lei não retilínea, traduzida, precisamente (no caso de uma sedimentação, por exemplo), por uma hipérbole, esta curva substitui evidentemente a reta vertical, a qual somente seria capaz de indicar as condições médias de um horizonte e não as modificações com a profundidade.

O volume representado por um hectare até a profundidade de 1 cm é de  $100 \text{ m}^3$ . Um milímetro quadrado da superfície do diagrama é 1% do volume do solo e representa, portanto,  $1 \text{ m}^3$  de solo no campo.

Uma chuva de 10 mm, cuja água penetra inteiramente no solo, fornece ao hectare de terra  $100 \text{ m}^3$  de água e, portanto, no diagrama, ocupa a superfície de  $1 \text{ cm}^2$ , que é a largura toda do diagrama (10 cm), multiplicada por 1 mm tomado na vertical, que representa 1 cm de profundidade do solo. (\*)

(\*) Nos diagramas anexos, a escala acha-se reduzida por causa do formato desta revista. Figura, entretanto, em cada diagrama, ao lado da escala, o desenho de um quadrado de um cm de lado.

A determinação, por exemplo, do teor de água osmótica disponível (AOD) do horizonte A do solo tipo 1, deu 23% em volume. Sabendo que 1% vol. = 1 mm<sup>2</sup> no diagr. = 1 m<sup>3</sup> no solo por Ha, a água osmótica desse solo será, pois, representada no diagrama pela área de 23 mm<sup>2</sup> (23 mm horizontal e 1 mm verticalmente), significando ao mesmo tempo 23 m<sup>3</sup> de água no solo por hectare. Como a espessura do horizonte A é 40 cm, a quantidade total de água osmótica disponível será nesse horizonte 23 x 40 = 920 m<sup>3</sup>/Ha.

Basta, pois, multiplicar os dados gráficos do diagrama pela espessura dos horizontes ou, em geral, pela profundidade de solo que nos interessa, para termos o resultado por hectare.

Podemos assim calcular com a máxima facilidade o consumo de água pelas plantas, a evaporação, as necessidades de irrigação ou de drenagem, etc., cálculos estes no geral exaustivos, senão impossíveis, quando as análises não se referem a volumes, mas a pesos de solo, ou quando não se tomam perfis edafologicamente representativos.

Mas a maior vantagem dos diagramas volumétricos consiste em ressaltar os verdadeiros problemas do solo com rapidez e realidade admiráveis. A composição granulométrica, a porosidade, os diversos teores de água, o arejamento, a permeabilidade, a resistência contra a erosão e, principalmente, as diferenças entre os horizontes, indicando nitidamente a iluviação e mesmo as tendências para certas modificações de estrutura, tudo isto nos é apresentado da maneira mais clara possível.

A exatidão obtida com uma régua milimetrada, aplicada sobre o diagrama, é suficiente para qualquer cálculo, porque os números assim obtidos estarão sempre dentro do limite de variação dos dados dos diagramas.

Tôdas as virtudes do diagrama volumétrico físico encontramos também no *diagrama volumétrico químico*.

Neste se leem horizontalmente KE (quilo-equivalentes), sempre por Ha e até 1 cm de profundidade, medida esta que corresponde a ME (mili-equivalentes) por 100 cm<sup>3</sup> de solo (6, pg. 12), pois KE/Ha até a profundidade de 1 cm perfaz o volume de 100 m<sup>3</sup>, um milhão de vezes maior que 100 cm<sup>3</sup>, assim como KE é um milhão de vezes maior que ME.

Também no diagrama físico basta multiplicar por 1 milhão os resultados de laboratório para obtê-los na escala de campo, que é sempre o hectare até 1 cm de profundidade.

Multiplicamos, pois, as leituras horizontais do diagrama químico pela espessura (cm) do solo que nos interessa, para obtermos a quanti-

dade de cada alimento disponível para as culturas e outras informações fornecidas pelo diagrama.

Assim, por exemplo, a acidez nociva do horizonte A do perfil tipo 1 é 2,8 mm. A escala sendo  $1 \text{ cm}^2 = 25 \text{ KE/Ha}$  ou  $1 \text{ cm linear} = 2,5 \text{ KE}$ , basta dividir 2,8 mm por 4 (ou multiplicar por 0,25) para obter o número de KE de acidez nociva, que é 0,7 KE/Ha. Precisaremos de 0,7 KE/Ha de cálcio para neutralizar 1 cm de profundidade de solo. Pela tabela de equivalência dos adubos (6, tab. 7), vemos que 1 KE de cálcio é fornecido por 56 Kg de calcáreo moído. O solo tipo 1 precisará de  $56 \times 0,7 = 39 \text{ Kg}$  de calcáreo por hectare até 1 cm de profundidade.

Para o algodoeiro, que precisa de uma profundidade de cerca de meio metro, a calagem necessária seria  $39 \times 50 = 1950$ , ou, melhor, 2 toneladas de calcáreo moído por Ha. É claro que uma parte dêste corretivo do solo neutralizará uma certa parte da acidez inócua, que é  $29 \text{ mm} : 4 = 7\frac{1}{4} \text{ KE/Ha}$ , de modo que a calagem deverá ser repetida durante alguns anos.

Também no diagrama volumétrico químico um simples golpe de vista nos dá uma idéia real dos fatores capazes de diminuir as colheitas, das virtudes e dos defeitos químicos do solo.

Os dois diagramas volumétricos constituem uma representação engenhosa, idealizada por Vageler (1, pg. 81) (12, fig. 2 a 5). Racional e decimal, êste sistema permite, apenas com o uso de uma régua milimetrada, efetuar todos os cálculos físicos e químicos imediatos do solo.

### A nomenclatura dos horizontes

Usamos a nomenclatura internacional dos horizontes do solo (1, pg. 8), que emprega letras maiúsculas, seguidas de índices numéricos.

Assim o horizonte A é o solo pròpriamente dito, capaz de abrigar uma vida mais ou menos intensa.  $A_0$  significa a parte do horizonte A que contém restos vegetais, os quais conservam ainda a sua estrutura visível a olho nú.  $A_1$  é a camada do horizonte A contendo matéria orgânica humificada que perdeu a sua estrutura original. A camada  $A_2$  praticamente não contém mais matéria orgânica visível a olho nú. No horizonte  $A_3$  a matéria orgânica não é mais observada.

O horizonte B é um horizonte densificado, quer por ser mais argiloso (e, portanto, de maior poder de retenção d'água), quer por ser menos poroso. Isto, como já dissemos (pg. 265), é no geral consequência do processo de iluviação, em virtude do qual o horizonte B recebe partículas

do horizonte A é mesmo, às vêzes, também do horizonte C, quando, por falta de drenagem, as águas sobem, nas épocas chuvosas.

O início do horizonte B geralmente marca o limite da profundidade do solo disponível às plantas. Este horizonte pode também receber os índices 1, 2, 3, etc., quando nêle se notam camadas de permeabilidade ou estrutura diferente.

O horizonte C é o que conserva a estrutura visível da rocha-máter. É, talvez, mais rocha decomposta que solo pròpriamente dito.

Freqüentemente, abaixo do horizonte B, temos novamente o horizonte A, porque se trata novamente de um horizonte bastante fôfo, mas que nada tem que ver com a rocha-máter do ponto de vista de estrutura. Quando, por causa da espessura excessiva do horizonte imediatamente superior B, êsse novo horizonte fôfo não pode abrigar as raízes das plantas, somos forçados a designá-lo com a letra B<sub>2</sub> ou B<sub>3</sub>.

Encontram-se também solos, cujo horizonte superficial é B. São geralmente pastagens velhas ou encostas de morros severamente maltratadas pela erosão, das quais o horizonte A foi completamente varrido pelas águas.

Quando não existe o horizonte impermeável ou pouco permeável B, e abaixo da capa mais ou menos humosa do solo encontramos um horizonte que guarda a estrutura da rocha, mas contendo raízes das plantas, estamos em presença de um horizonte A-C, como no perfil típico n° 22, por exemplo.

O horizonte G, que figura nos perfis típicos 19 e 20, é aquêle no qual se observam as oscilações do lençol d'água freático de acôrdo com a época do ano ou com o regime das chuvas, acarretando o revesamento da predominância no solo ora das reações de oxidação, ora das de redução.

Os vários horizontes de um perfil de solo podem se revesar de tôdas as maneiras, conforme o tipo de solo, a situação topográfica ou o tipo de exploração. Podemos ter, assim, um horizonte A abaixo do B, mas não é possível que abaixo de C encontremos A ou B, porque tal horizonte C não terá a estrutura da rocha-máter, não obstante a aparência.

Finalmente, quando o horizonte superficial A recebe a denominação A<sub>1</sub> ou A<sub>2</sub>, significa isto que os índices anteriores se encontram nêle implicitamente. Os horizontes B e G não podem ter o índice zero, salvo o caso de aflorarem. O horizonte C não o pode ter, porque a sua parte superficial seria então A.



## Salmourão e Massapé (Solos 1 a 4)

Estes solos se encontram na parte sudeste do Estado, desde o Oceano e os limites com o Estado do Rio e Minas, até uma linha convexa que atravessa o Estado passando nas proximidades de Mocóca, Mogi-Mirim, Campinas, Itú, Sorocaba, Capão Bonito e penetrando no Paraná a uns 30 Km a sudeste de Itararé (6, mapa n° 1).

Nesta área, que abrange pouco menos que um têrço do Estado e pertence ao *Complexo Cristalino Brasileiro*, há extensões consideráveis de outros tipos de solos, tais como :

1) os sedimentos terciários do vale do Paraíba e da Capital do Estado ;

2) os alúvios recentes e loess quaternários das várzeas do Paraíba, Tieté (entre Mogi-das-Cruzes e Osasco), Juquiá e Ribeira e das terras baixas do Litoral ;

3) pequenas, mas numerosas manchas de terras ricas, ora geradas pelos diques, intrusões e lacolitos de rochas neutras ou básicas, paleozóicas ou mesozóicas, ora por calcáreos cristalinos incluídos nos xistos algoquianos (6, fig. 1).

A diferenciação entre os salmourões e massapés fica definida pela descrição e pelas características que figuram em cada um dos quatro diagramas volumétricos físicos, bem como pelas diversas características dos diagramas químicos respectivos.

A côr desses solos varia desde o cinzento, amarelo ou rosa claro, quando provêm de rochas bem ácidas, até marron amarelado ou bem avermelhado, por causa do teor elevado em *anfíbolios* ou *biotita* nas rochas-máter desses solos, quando menos ácidas.

Quando as rochas-máter são bem ácidas e porisso resistentes ao intemperismo, os solos são rasos, pedregosos, impróprios às culturas de ciclo longo e à silvicultura. São geralmente salmourões claros.

Quando as rochas são menos ácidas, e porisso mais decompostas, os solos são mais argilosos, mais profundos e escuros. À sua vegetação natural é mais viçosa e as culturas melhores, a-pesar-de sofrerem, às vêzes, localmente, em virtude de horizontes impermeáveis localizados a pequenas profundidades.

A topografia bem acidentada e a abundância de chuvas tornam considerável o perigo de erosão nesses solos. O plantio nêles deve ser feito em curvas de nível ou em terraços. Sôbre os morros íngremes a plantação deveria ser feita em terraços protegidos por arrimos de pedra da altura de um ou dois palmos, de construção fácil, graças à abundância

de material, pois as pedras nunca faltam, salvo nas zonas extensas de xistos micáceos e filitos (Solo n.º 4).

A precipitação anual varia entre 1300 e 2000 mm, menos na crista da Serra do Mar e da Paranapiacaba, onde oscila entre 2000 e 3500 mm, e na vertente para o Oceano e no litoral, com os valores limites típicos de 1700 e 2500 mm.

Por ser a região mais acidentada do Estado, ainda se encontram aí matas virgens (fig. 1), que são florestas pluviais (13, pg. 102). Elas crescem no alto e na vertente sudeste das serras que se elevam ao longo do litoral, desde o Estado do Rio até Ribeira, na divisa com o Paraná. As serras da Mantiqueira, do Cadeado e Taquarí, estas duas no extremo Sul do Estado, também apresentam pela mesma razão matas virgens bastante viçosas. Em geral, as matas virgens escaparam à mania incendiária do caboclo, graças, talvez, à topografia acidentadíssima das serras e à dificuldade de acesso.

Esta deve ter sido a vegetação primária dessa parte do Estado, variando apenas o porte das árvores e a sua grossura em relação inversa à acidez das rochas-máter dos solos. No massapé escuro e nas manchas de solos ricos, provenientes de injeções e lacolitos de rochas básicas, provavelmente mesozóicas, havia, e ainda pode haver, bonitos exemplares de *pau dalho*, (*Gallesia scorododendrum* Casar) tido como padrão das melhores terras do Estado.

Na parte de topografia menos acidentada e mais fácil acesso da rede ferroviária ou rodoviária, temos boas terras de cultura, geralmente mal defendidas contra a erosão, ou de todo indefesas, o que faz os solos empobrecerem rapidamente em humus, azoto e, um pouco menos, em fósforo.

Nas regiões do solo tipo 3, proveniente de xistos quartzíticos pobres, há o *Campo Cerrado*, não raro com a palmeira de estipe subterrâneo *indaiá* (6, fig. 3, primeira planta à esquerda), sinal de solo muito arenoso, pobre, sêco e ácido, mas profundo.

À grande variedade das rochas, cuja natureza pode variar facilmente em qualquer trajeto, mesmo muito curto, corresponde uma variação também do tipo de vegetação.

A abundância de chuvas e as grandes variações da profundidade dos solos, desde apenas 10 cm até 1 m e mesmo 1 metro e meio, da meia encosta para baixo dos morros menos acidentados, fazem com que os solos sejam próprios para as mais variadas culturas, conforme a altitude, que também varia desde 100 m (contrafortes das serras que sobem do litoral) até 1800 e 1900 m (Serra da Mantiqueira).

### O Devoniano (Solo n.º 5)

Esta formação geológica, de grande extensão no Paraná, abrange no Estado de S. Paulo uma área de uns mil Km<sup>2</sup> apenas e apresenta, quasi exclusivamente, um só tipo de solo, que é o n.º 5. Êle se localiza entre Itapeva e Itararé, expandindo-se ao sul da E.F. Sorocabana numa distância variável entre 10 Km, a SE de Itapeva, e 30 Km, a SE de Itararé.

São em geral pastos fracos que poderiam ser melhorados muito, se certos capins fôsem plantados mediante aração, com alguma defesa contra a erosão e alguma estrumação. Sendo demasiadamente rasos e arenosos, estes solos não se prestam para culturas, mesmo às de ciclo curto.

Há depressões, às vêzes de vários alqueires de extensão, cheias de *terra preta* ácida, mas rica em matéria orgânica, azoto e fósforo (semelhante ao tipo de solo n.º 20, mas com menor teor de argila), que poderia produzir bem diversas culturas mediante fortes doses anuais de calcáreo moído aplicadas durante 10 ou 15 anos. Atualmente estas manchas de terras aproveitáveis para culturas se distinguem fàcilmente, pois ostentam bonitos capões de mato no meio dos vastos campos de vegetação quasi rasteira.

Em geral, êste solo ácido e pobre é tanto melhor, quanto mais argiloso e mais profundo. São solos claros, amarelados ou avermelhados. Quando ricos em matéria orgânica, são bastante acinzentados ou pardacentos.

A parte sul do afloramento devoniano (13, fg. 19) apresenta escarpas de arenito grosseiro de fácies provàvelmente litorâneo, ao passo que na parte norte o arenito caraterístico é de granulação menos desuniforme e mais miúda, apresentando localmente camadas cruzadas. O seu fácies pode ser considerado principalmente marinho.

A topografia é geralmente branda, se desprezadas as fendas profundas no arenito, as escarpas quasi a prumo, que atingem 300 m de altura ao longo do Itararé a SE da cidade do mesmo nome, e os leitos dos outros rios profundamente cavados.

A precipitação atmosférica varia entre 900 e 1300 mm anuais. Aumenta com a altitude. Ao que parece, pois os dados meteorológicos desta zona do Estado são muito escassos, as chuvas nessa região são melhor distribuídas do que na parte restante das zonas agrícolas. As sêcas do inverno são menos freqüentes e menos prolongadas, ao passo que a estação chuvosa é menos úmida e menos curta.

## A formação glacial (Solos 6 e 7)

É a zona geográfica compreendida entre a curva convexa referida, que limita o Complexo Cristalino e o Devoniano, e uma outra que pode ser esboçada através de Pôrto Ferreira, Araras, Limeira, Mombuca, Jurú-Mirim, Tatuí, Itapetininga, Taquarí e Carlópolis, esta última localidade já no Estado do Paraná (6, mapa nº 2).

São solos gerados pelas rochas do fácies glacial Itararé e do fácies flúvio-lacustre, post-glacial, Tubarão, que formam a primeira série de sedimentos do *Sistema de Santa Catarina*. Os dois fácies reveesaram-se diversas vêzes na deposição das suas rochas, porque houve diversas glaciações e se encontram também as rochas do fácies inter-glacial, mas, do ponto de vista do estudo do solo, só nos interessa o depósito que aflora atualmente. É-nos secundário também, por exemplo, se a sua idade é permo-carbonífera ou permiana, contanto que esteja definida a sua posição na coluna geológica da região.

A topografia é branda, pois se trata de uma região peneplanizada.

Os diagramas físicos dos perfis típicos dos solos 6 e 7 mostram que a variedade de rochas desta formação é grande. É claro que cada rocha produziu um tipo de solo peculiar, mas, para esta apresentação inicial de apenas 22 tipos principais de solos do Estado, julgamos mais acertado dividir tôda a formação glacial em dois tipos de solos apenas, distinguindo-se um do outro principalmente pelo teor de argila (5, Introdução).

Porisso, o tipo de solo 6 pode ter as côres do tipo 7, e as mais variadas, desde o vermelho escuro com forte tonalidade marron, até o cinzento tão claro, que recebe a denominação popular "terra branca". Entretanto, as propriedades físicas, químicas e mineralógicas de todos êsses solos, do nosso ponto de vista e em cada um dos dois tipos, são suficientemente semelhantes para podermos agrupá-los em dois tipos apenas.

A precipitação atmosférica anual típica oscila entre 800 e 1400 mm. Há, entretanto, pequenas zonas, de 15 ou 20 Km de raio, nasquais a precipitação atmosférica é geralmente mais próxima do limite inferior, do que do superior dos mencionados.

Assim, na região de Itú é bem mais freqüente um ano com 800 mm de chuva que um de 1400. Não se tem ainda elementos suficientes para explicar o fato. Parece que se trata da circunstância de terem sido arrasadas as matas há muitos anos, sendo geral a vegetação de campo, ao passo que os solos primam pela baixa retenção de água, o que torna as bacias fluviais muito sêcas e de baixa evaporação.

Quanto à profundidade do solo disponível às culturas, os argilosos (tipo 6) são geralmente bem rasos, ao passo que os arenosos (tipo 7) são bastante profundos, como mostram os dois diagramas volumétricos físicos.

Quanto à vegetação da formação glacial, em virtude da relativa pobreza das rochas, mesmo quando se trata das zonas de solos melhores, não se encontram culturas ou matas de primeira qualidade. Nelas ainda não encontramos um só pau dalho.

As matas primárias do solo 6, que eram *cerradões* fechados e altos, praticamente não existem mais. Há *capoeiras* bastante altas, mas as árvores delas não ultrapassam 40 cm de diâmetro, mesmo quando bastante velhas, de uns 50 anos.

Nas zonas do solo 7 ainda há vegetação primária, que foi poupada em virtude da sua pobreza: *campo cerrado* (6, fig. 3) ou *campo sujo* com os chamados "*paus-tortos*" (fig. 3) e a *indaiá*, invadidos por "*barba de bode*" (*Aristida pallens* Cav.) (11, pg. 18) (13, fig. 14) ao longo dos caminhos numa faixa que pode estender-se em largura a vários quilômetros.

O solo 7 não é sempre tão pobre, apresentando, então, como tipo de vegetação secundária, um *cerradinho* bastante fechado ou uma *capoeira* baixa, às vezes cheia de cipós, quando existe água gravitativa nas épocas chuvosas por causa de uma falta local de drenagem.

Quasi todos os solos 6 são cultivados; dos solos 7, apenas os melhores. A erosão trabalha velozmente neste tipo de solo, sendo bem freqüentes os vales de erosão (13, fig. 1) de 5, 10 e mesmo 20 metros de profundidade, principalmente entre Casa Branca e Mogi-Mirim. Já mencionámos o mecanismo da formação destes vales ao comentarmos a interpretação da constante RE do diagrama 6 (pg. 265). Êste fenômeno se apresenta em todos os tipos de solos muito arenosos, secos, pobres e ácidos. É mais freqüente no solo 11. Seguem pela ordem os solos 7, 12 e 15. O solo 5 não apresenta os vales de erosão, pela circunstância de ser muito raso, existindo rocha viva a pequena profundidade. Mas há, na região dêste tipo de solo, cursos d'água com os leitos tão profundos, que ficam a diversos metros abaixo do nível superior das suas barrancas quasi verticais, constituídas de rocha viva. São verdadeiras fendas na rocha, que a erosão eólica e pluvial vai sempre alargando.

Os solos 6 e 7 são sempre bem ácidos e esta deve ser a razão por que não apresentam nenhum dos padrões de terra muito boa, mesmo nos raros trechos de vegetação primária do solo 6. O pH superior a 5,5 é raro. Notamo-lo numa parte das terras ainda não adubadas da Usina Ester, a SO de Cosmópolis.

Os solos tipo 7 têm uma extensão maior que os do tipo 6.

### Série Passa-Dois (Solos 8 a 10)

É uma faixa estreita, de largura variável entre poucos quilômetros e meia centena, que atravessa quasi todo o Estado, formando ilhas e prolongamentos entre as formações vizinhas, principalmente a triássica, posterior. A sua localização pode ser estabelecida entre a linha acima referida, que limita a formação Itararé-Tubarão, e a linha que damos abaixo, para delimitar a formação seguinte, triássica, que é a Série de São Bento (6, mapa n° 2).

A faixa da Série Passa-Dois, cuja idade é permo-triássica e o fácies marinho, tem o seu início e a largura mínima entre as cidades de Cajurú e Mocóca, mais ou menos a meio da distância entre ambas. A sua largura máxima, cêrca de 50 Km, pode ser observada pelo curso do rio Tietê. De Guareí a Angatuba, a faixa toma a direção oeste. Estreita-se na região de Fartura. Entra no território paranaense entre Carlópolis e Ribeirão Claro.

O fator geológico que mais importa para a divisão da faixa permo-triássica em tipos de solos, é o estado mais ou menos adiantado de *silicificação* das suas rochas, como mostram as legendas dos diagramas físicos dos perfis típicos 8 a 10.

A côr dos solos não depende dessa silicificação, pois êste processo químico não provoca empobrecimento ou enriquecimento em óxidos de ferro e manganês. Apenas no solo se dá a migração dêstes dois elementos, principalmente do segundo dêles, das camadas profundas para o horizonte superficial humoso. Os solos 9 e 10, quando gerados pelos calcáreos escuros e folhelhos, às vêzes negros, *Irati*, são também muito escuros, de uma côr de pó de café, avermelhada, e muito ricos em Mn. Quando provenientes do andar *Corumbataí*, são principalmente claros.

A silicificação completa dos calcáreos claros produziu lages e concreções de *sílex*. A silicificação dos folhelhos calcáreos produziu folhelhos do mesmo aspecto quasi isentos de cálcio e ricos em sílica de vários graus de hidratação.

Devido à hidratação variável da sílica, encontram-se solos quimicamente pobres, mas de alto poder de retenção d'água. Quando a porosidade é grande, temos solos fisicamente bons, mas cujo melhoramento químico exige cuidados especiais e é moroso. Quando a porosidade é baixa, temos solos impermeáveis.

A sílica sendo pouco hidratada, os solos são de granulação fina, contendo pouca areia e pouca argila. Têm baixo poder de retenção d'água. São secos e pobres.

Nessa faixa Passa-Dois encontram-se os solos que têm o nome popular "Sangue de Tatú". É expressão empregada de maneira imprecisa como o são na maioria dos casos os nomes populares de plantas, padrões de terra e tipos de solos. Nomes iguais são dados a objetos diferentes, conforme a região do Estado. Pelo contrário: uma cousa só pode ser denominada inesperadamente de maneiras diversas numa região de extensão geográfica mesmo restrita. Isto é motivado, provavelmente, pelo fato de ser bastante nômade o nosso caboclo. O sitiante também permanece relativamente pouco na mesma terra. O fazendeiro, infelizmente, está sempre pronto a vender a sua fazenda e comprar uma outra, distante centenas de quilômetros, contanto que lhe pareça vantajoso efetuar o negócio. Com a locomoção do homem, migram os nomes e se estabelece essa lamentável confusão.

Assim, parece-nos mais provável que seja designado pela expressão Sangue-de-Tatú, o solo gerado pelos folhelhos Iratí bastante silicificados. Quando são pouco silicificados, êste solo, rico quimicamente e de boas propriedades físicas, chega a receber do povo a denominação imprópria de Terra-Roxa, a-pesar-de não possuir a tonalidade arroxeadada na sua coloração marron escura e avermelhada. As verdadeiras terras-roxas são efetivamente arroxeadas.

A topografia da faixa Passa-Dois, em virtude da maior resistência das suas rochas, é menos branda que a da formação Glacial.

A precipitação atmosférica varia geralmente entre 900 e 1500 mm por ano.

A vegetação é extremamente variada, quasi tanto quanto os solos. Entre estes, os dos tipos 9 e 10 estão sendo cultivados quasi todos. As áreas abandonadas apresentam capoeiras fechadas, altas, escuras e frescas, a-pesar-de não ser profundo o solo.

Apenas perto de Fartura se encontra floresta virgem (6, fig. 2). Suas essências de valor já foram dela retiradas. Trata-se de mata primária, sub-hidrófila, extremamente fechada, alta de 30 metros, completamente escura e muito úmida. O solo nela está coberto por meio metro de restos vegetais, onde a vida é ativa. Os padrões das melhores terras, "pau dalho", "figueira branca", "urtigão" (*Urera subpeltata* Miq.), são encontrados com facilidade. Há árvores com dois metros de diâmetro, a um metro de altura do tronco.

Esta mata, bem como os raríssimos restos de vegetação primária das Terras-Roxas-Legítimas, deveriam ser preservadas como patrimônio do Estado, a exemplo dos parques de Sequoias e numerosos outros,

menores, que, nos Estados Unidos, são destinados à conservação da fauna e flora ameaçadas de destruição.

Os solos do tipo 8 estão sendo pouco cultivados em consequência da sua pobreza química. A sua vegetação primária, que era um *cerrado* pouco denso ou um *cerradinho* bastante fechado, já foi quasi tôda arrasada e o solo abandonado após a obtenção de duas colheitas magras de milho ou de mandioca, obtidos numa pequena área, julgada a melhor da superfície devastada. Porisso, não obstante sua pobreza, o solo 8 raramente apresenta vegetação primária.

A sua vegetação secundária é a de *campo cerrado*, às vêzes *cerradinho ralo*, (fig. 4) mas sempre sem a *indaiá*. A erosão trabalha intensamente nestes solos, mas sem formar vales de erosão profundos, graças à sua higroscopicidade bastante alta no horizonte B, como mostra o diagrama físico.

A primeira vegetação que aparece nos solos 3, 6, 7 e 8, quando abandonados depois de alguns anos de exploração, é o *samambaial* (*Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn) (13, fig. 16). Êste, porém, desaparece aos poucos, quando baixa o poder de retenção d'água em consequência da lixiviação das argilas em favor das águas drenadas. A samambaia cresce bem em solo ácido e pobre. O mesmo não se dá quando demasiadamente sêco.

Graças à higroscopicidade elevada dos solos 7 e 8, em comparação com outros (3, 5, 11 e 15) de pobreza química e acidez semelhantes, podem ser nêles obtidas, teòricamente, muito boas colheitas. Para isto seria necessário enriquecê-los em matéria orgânica por meio de adubação verde, tratá-los com fortes doses de calcáreo moído, defendê-los da erosão por meio de terraceamento e adubar convenientemente. Isto deveria ser feito anualmente durante uns dez anos.

### **Série de S. Bento (Solos 11 a 14)**

Esta formação abrange uma faixa central do Estado, de largura variável, alcançando quasi 200 Km pelo curso do Tietê, com apenas 60 Km na latitude de Araraquara, 50 Km pelo meridiano de Pirajú, e reduzindo-se em largura cada vez mais na direção Oeste. Essa faixa tem, pois, a direção SSE de Rifaina a Avaré e se encurva aí para Oeste. As duas linhas que a limitam, podem ser definidas pela passagem próxima das seguintes cidades (6, mapa n° 3):

A Léste e ao Sul: Monte Santo (Minas), Santa Rosa, Descalvado, S. Pedro, Anhembí, Guareí, Itáí e Ribeirão Claro (Paraná);



A Oeste e na região do Paranapanema: Colômbia, Barretos, Bebedouro, Matão, Iacanga, Agudos, Lençóis, Santa Bárbara do Rio Pardo, S. Pedro do Turvo, Platina, Cândido Mota e daí por uma linha sinuosa que se dirige diretamente à confluência do Paranapanema com o rio Paraná, na ponta mais ocidental do Estado.

Pertencem também a esta faixa, *triássica*, diversas manchas, às vezes de proporções consideráveis, de terras-roxas-misturadas situadas fora da região da Série de S. Bento. Estas estão espalhadas pelas formações anteriores do Sistema de Santa Catarina, podendo-se incluir entre elas as margens de diversos rios que profundamente sulcam a formação Baurú, de sedimentação posterior, cortando-a por completo. Estes rios vão repousar assim os seus leitos sôbre as rochas triássicas subjacentes.

Devem ser excluídos dessa faixa triássica o *planalto de Franca e Pedregulho*, cujo solo, sem ser muito melhor que o tipo 11, pertence a uma formação geológica de sedimentação posterior, e algumas elevações da formação Baurú, cretácea.

Os solos tipo 11, gerados pelo *arenito eólico Botucatú*, são os peores do Estado e, não fôsse a elevada precipitação atmosférica, seriam verdadeiros desertos. São solos claros, desde avermelhados até uma tonalidade creme acinzentada, quando estão sôbre extensos planaltos mal drenados. São solos profundos, muito sujeitos à erosão, e de uma pobreza química extrema, por causa do clima *desértico* na época da sua sedimentação, quando os ventos, certamente, levaram a distâncias consideráveis a parte fina dos detritos transportados, sedimentando meticulosamente no nosso Estado apenas os grânulos de quartzo estéril.

A vegetação primária dêesses solos é o cerradinho muito ralo, ou o campo cerrado (6, fig. 3) com a palmeira "de tronco enterrado" indaiá (13, fig. 15) e moitas de bromeliáceas. O *campo sujo* parece ser vegetação secundária dêesse tipo de solo, mesmo que muito velha.

Em alguns pontos a pobreza da vegetação sugere-nos a idéia de deserto, como entre Agudos e Lençóis. Aí, entre as moitas de "barba de bode", e algumas bromeliáceas, o espaço de areia branca livre de cobertura chega a um metro.

Em virtude da profundidade excelente dêesses solos e boa precipitação atmosférica, variável entre 800 e 1500 mm anuais, êsse tipo de solo deveria ser reflorestado com essências apropriadas às terras arenosas sêcas e pobres. Algumas espécies de *eucaliptus*, mesmo crescendo menos rapidamente que em outros solos melhores, dariam ótimos bosques em 15 ou 20 anos, preservando o solo da erosão, cujos efeitos são alí tremendos.

Outro tipo de solo, completamente diferente, que pertence à mesma faixa triássica, Série de S. Bento, é o n.º 14: a célebre *terra-roxa-legítima*, chamada também *encaroçada* ou *apurada*, gerada pelos *diabásios* e *basaltitos*. É um dos melhores solos do Estado, tanto pelas suas qualidades químicas, como pelas físicas. São solos fisicamente tão bons, que poucos no mundo podem rivalizar com êles, nesse particular.

Além das ótimas qualidades químicas contidas no diagrama respectivo, n.º 14, êsse solo se caracteriza por uma solubilização conveniente do seu teor trocável de nutrimentos, de modo que as chuvas não o lavam facilmente, enquanto a absorção pelas plantas é facilitada.

A vegetação primária da terra-roxa-legítima, hoje infelizmente raríssima, é mata sub-hidrófila alta, com árvores enormes, extremamente fechada, luxuriante, ostentando magníficos exemplares de "pau dalho", úmida mesmo nas épocas de estiagem, e rica em humus.

Estratigráficamente, as camadas de lavas se revesam com as de arenito eólico, quasi sempre horizontais ou muito pouco inclinadas e de várias espessuras. Quando a camada superior é de lava, geralmente um pouco inclinada, para permitir a erosão total do arenito que a cobria, temos a terra-roxa-legítima coroando os morros.

Quando, pelo contrário, a camada superior é de arenito, caso êste mais freqüente nas zonas de topografia menos branda, temos os espigões cobertos pelo Campo Cerrado de terra clara e arenosa. Então, nas encostas dos morros de pequeno declive reaparecem as terras-roxas, desta vez "*misturadas*", dando-se a mistura, seja por contacto das camadas de lavas com os lençóis de arenito, seja por transporte de areia sôbre a terra-roxa-legítima.

São chamados "*morros de sino*" (figs. 5 e 6) os restos de planaltos que resistiram à erosão até os nossos dias, por terem no seu interior possantes lençóis de lavas, intercalados entre as camadas de arenito menos resistente. O grande planalto original foi provavelmente fendido em várias direções pelos diastrofismos de outras épocas, posteriores (talvez pelo diastrofismo terciário que originou o grande dobramento da cordilheira dos Andes), tendo-se alargado as fendas pela erosão ulterior, ao ponto de terem sido evacuadas tôdas as partes do planalto que não continham no seu interior camadas de lavas suficientemente espessas.

Restam assim, espalhados pelo território da Série de S. Bento, muitos morros em forma de sino, às vêzes separados por extensas planícies, às vêzes apenas por vales de rios e ribeirões, tendo, então, freqüentemente, uma estratigrafia idêntica nas duas margens.

As planícies entre os "morros de sino" são solos do tipo 13 ou 14, pois a resistência contra a erosão destas planícies se explica justamente pelo afloramento de uma grande espessura do lençol de lavas que elas contêm. Ao pé dos morros, nos bordos um tanto mais altos dessas planícies, as terras são peores, 13, 12 e mesmo 11, pois são geralmente depósitos de areias restantes da erosão de tantas camadas pouco consistentes de arenito eólico.

Este quadro do trabalho formidável da erosão explica o fato de termos no Estado cêrca de 45 mil Km<sup>2</sup> de Terras-Roxas-Misturadas e apenas perto de 5 mil Km<sup>2</sup> de terras-roxas legítimas.

É bastante fácil identificar uma terra-roxa-misturada no campo: num punhado de terra, destorroado sôbre a palma da mão, encontraremos sempre grânulos de quartzo, mesmo que muito miúdos e cobertos por uma película tênue de argila arroxeadada. A areia da terra-roxa-legítima é composta de grãos pretos brilhantes de magnetita ou ilmenita e não contém grânulos de quartzo.

Quanto mais misturada a Terra-Roxa, mais fraca ela é do ponto-de-vista agrícola. Isto se observa sempre nas regiões de rocha-máter diabásio. Nas regiões de meláfiro, devido à silicificação da sua calcita, podemos encontrar Terras-Roxas argilosas, praticamente isentas de areia, mas bem pobres quimicamente.

Assim, as Terras-Roxas-Misturadas são solos intermediários entre os solos paupérrimos de arenito Botucatú e as riquíssimas terras-roxas-legítimas, podendo representar qualquer grau de variação entre êsses limites tão afastados um dos outro. Tôdas as características das Terras-Roxas-Misturadas são também intermediárias, mas não podem ser interpoladas seguindo um só critério.

Uma terra-roxa-misturada pode ser quasi tão argilosa (meláfiro muito silicificado acima referido), quanto uma terra-roxa-legítima, mas ao mesmo tempo pode ser, por exemplo, quasi tão pobre em cálcio, quanto um solo típico de arenito Botucatú.

A queda anual de chuvas na faixa triássica varia geralmente entre 800 e 1600 mm. As altitudes variam geralmente entre 400 e 700 m, mas alguns "sinos" extensos são verdadeiras serras, como a de Itaquerí ou de Botucatú, chegando a ultrapassar 900 m de altitude.

As manchas de Terra-Roxa, disseminadas pelas formações mais antigas (inclusive muitas das injeções do Complexo Cristalino, pg. 287), são quasi sempre terras-roxas-misturadas, mas, como os detritos de diabásios e basaltitos triássicos se misturaram com os de uma variedade enorme de rochas pre-existentes, só as observações locais e o estudo petrográfico

dessas rochas podem revelar-nos a qualidade e o segrêdo da gênese de tais solos.

Se a mistura for, por exemplo, com o folhelho calcáreo Corumbataí, a terra-roxa-misturada assim originada pôde ser mesmo mais rica quimicamente que a legítima. Da mesma maneira podemos encontrar misturas com arenitos glaciais pobres ou com rochas Corumbataí extremamente silicificadas. Teremos, então, terras-roxas-misturadas paupérrimas.

Os diques, pelos quais subiram as lavas dessas manchas triássicas, podem ser encontrados nas próprias manchas, ou fora delas. Neste último caso são pequenos afloramentos pedregosos, de "*pedra ferro*", como diz o caboclo, com pouca *terra-roxa-nova* alaranjada, que desde épocas remotas é lavada e erodida à medida que a rocha se decompõe, e cuja riqueza química é grande ao par de condições físicas medíocres.

Em geral, uma terra-roxa-legítima tem uma coloração marron escura e avermelhada, mas com um tom nitidamente arroxeadado. Êste tom violáceo não diminúe com a profundidade, o que não se dá com as terras-roxas-misturadas: o tom arroxeadado destas, em geral, diminúe com a profundidade e o solo se torna cada vez mais claro (pg. 292) (6, pg. 17).

A base da Série de S. Bento, provàvelmente rética, não é de fácies terrígeno, como a parte restante da formação, mas fluvial ou flúvio-lacustre, sendo, pois, formada por sedimentos bem diversos, que constituem o *andar Pirambóia*.

Sendo muito restrita a distribuição geográfica dêstes sedimentos, que, talvez, não somem 1/2% da superfície total do Estado, e sendo grande a variedade de solos, em geral bastante arenosos e pobres, não incluimos essa formação agro-geológica entre os 22 tipos de solo (6, pg. 19).

### **Baurú Inferior e Superior (Solos 15 e 16)**

Os dois tipos de solo pertencentes à formação cretácea Baurú ocupam quasi por inteiro a parte noroeste do Estado, desde a linha acima mencionada, Colômbia, Matão, Iacanga, Agudos, Lençóis, São Pedro do Turvo, etc., até os rios Grande e Paraná, que separam o Estado de S. Paulo dos territórios vizinhos dos Estados de Minas e de Mato Grosso (6, mapa n° 3).

Apenas ao longo dos rios mais possantes, no seu leito e numa faixa de poucas dezenas ou centenas de metros das suas margens, afloram diabásios ou basaltitos pertencentes à formação geológica anterior.

É quasi certo que por baixo de tôda a formação Baurú se estenda um vasto lençol de lavas triássicas, muito fraturado, às vêzes sensível-

mente inclinado e um tanto irregular, de modo que se encontra a profundidades de cota um pouco desuniforme, mas sem deixar de constituir uma verdadeira lage (sua espessura pode ter 200 e mesmo 300 metros) subterrânea que aflora em diversos pontos e cachoeiras do Triângulo Mineiro, Sul de Mato Grosso, Leste do Paraguai, Território das Missões e nos Estados sulinos do Brasil.

Sôbre essa lage gigantesca assentam os depósitos lacustres de arenitos cretáceos com pouca argila, formação esta que, por falta de entendimento entre os geólogos, tem, além do nome Baurú no Estado de S. Paulo, mais meia dúzia de nomes, conforme o país ou mesmo o Estado brasileiro em que se encontra.

Como em todos os depósitos lacustres de grande extensão, os horizontes de arenitos mais argilosos são intermitentes. São de espessura, granulação e até composição química variáveis, conforme as caprichosas mudanças de clima na época da sedimentação que pode ter tido duração superior a um milhão de anos.

Da natureza das argilas dêsses arenitos depende a qualidade dos solos atuais. Em geral, quando as argilas eram calcáreas, contribuíram para a formação de arenitos mais resistentes ao intemperismo, de modo que "os rios atuais conduziram os seus cursos justamente sôbre os arenitos pobres em cálcio, menos consistentes, evitando os maciços sedimentares de *arenitos calcáreos*". (\*)

Porisso, os atuais espigões são de terra rica, *Baurú Superior*, ao passo que os declives dos vales dos rios são de terra bem mais pobre (*Baurú Inferior*).

Está aquí um exemplo, em que uma só formação geológica deu origem a duas formações agro-geológicas. A formação agro-geológica só depende do horizonte superior da formação geológica, tenha esta nas profundidades isoladas da atmosfera tantas camadas completamente diferentes quantas tiver.

A vegetação primária dêsses dois tipos de solo da formação Baurú é entre si bem diferente: enquanto o solo 16, Baurú Superior, ostenta *perobais* (*Aspidosperma sp.*) possantes e fechados, onde se encontram facilmente árvores de 1 metro de diâmetro e as de 2 metros não são muito raras, a vegetação primária típica do solo 15, Baurú Inferior, é um cerradão menos fechado, no qual é difícil encontrar uma árvore, que também pode ser peroba, com mais de 30 ou 40 cm de diâmetro, e, frequentemente, descendo na direção do rio, podemos notar que o cerradão

---

(\*) Plínio de Lima.

bastante fechado se vai transformando lentamente em cerradinho ralo (fig. 4), semelhante ao do arenito Botucatú e com os mesmos "paus-tortos" e outra vegetação quasi xerófita, mas praticamente sem indaiá.

É claro que a transição do Baurú Superior para o Inferior não é brusca, seja em virtude da erosão que já misturou os detritos das duas rochas na sua zona limítrofe, seja porque os lençóis de arenitos com argilas calcáreas se afinam antes de desaparecerem, mas os solos típicos são totalmente diferentes.

A diferença entre os tipos de vegetação secundária do Baurú Inferior e do Superior é, entretanto, muito menor, mesmo quando se comparam locais de solos típicos.

Este fato é consequência essencialmente de dois defeitos do solo nº 16, Baurú Superior: a sua fraca resistência contra a erosão e a fácil solubilização do seu teor trocável de nutrientes.

Derrubada a vegetação primária e praticadas algumas queimadas, este solo arenoso e sêco, quando exposto às intempéries, perde em poucos anos quasi todo o seu humus e a maior parte do teor trocável. Ao mesmo tempo a erosão, à qual estão sujeitos todos os solos de fraco teor de argila e baixa retenção d'água, remove a camada superficial, já enfraquecida e ainda pouco ácida, deixando exposto o sub-solo (horizonte B) bem mais pobre e bastante ácido. Decorridos mais alguns anos, temos, na fase final dêsse processo, em lugar do solo, um material quasi impróprio à vida vegetal ou animal.

Quando o solo é abandonado antes dessa fase final, temos um tipo de vegetação secundária denominado *quiçaça*, uma espécie de campo cerrado bastante aberto, que parece necessitar de diversas dezenas de anos para se transformar em cerradinho. Atingida aquela "fase final", a vegetação que se apresenta é de campo sujo com bromeliáceas.

Entretanto, com certas precauções, o solo 16 pode ser cultivado praticamente sem prejudicá-lo, produzindo colheitas das melhores do Estado. É perfeitamente possível aproveitar as suas grandes qualidades químicas, que são a ausência de acidez nociva (diagrama nº 11) e os ótimos pH e índice V (diagrama nº 12).

Para isto basta abolir as queimadas, defendê-lo contra a erosão mediante terraceamento bem calculado, plantar anualmente adubos verdes e corrigir pequenas falhas locais (espessura escassa do horizonte A) por meio de alguma adubação e subsolagem.

O que se está passando agora com este tipo de solo é verdadeiramente entristecedor. Os maus tratos e a falta de precauções acima apontadas constituem um prejuízo incalculável ao patrimônio do Estado,

pois vem arruinar rapidamente cêrca de 10% da sua superfície total: Esta formação agro-geológica está sendo verdadeiramente assaltada por uma avalanche de pequenos sitiantes ignorantes e gananciosos, cujo único pensamento consiste em enriquecer o mais rapidamente possível, arrancando da terra em menor tempo e com o mínimo de esforço a maior soma de benefícios. É uma devastação febril a ferro e fogo que parece se enquadrar bem no princípio: "Après nous, le déluge". A única diferença é que o resultado será um deserto. É uma triste coincidência, que justamente o solo mais delicado do Estado se encontre nas mãos as mais bárbaras.

Quanto às altitudes dos dois solos da formação Baurú, elas variam, em geral, entre 300 e 600 m, mas passam de 700 em Monte Alto e baixam a 230 m na parte mais ocidental do Estado.

A precipitação atmosférica varia entre 900 e 1700 mm anuais.

As côres são desde vermelho forte até rosa acinzentado. As mais claras e vivas se encontram no Baurú Inferior. Nas terras virgens do Baurú Superior, por causa da riqueza em humus, nas matas altas e fechadas, o solo pode ser marron, avermelhado ou amarelado.

### Período terciário (Solos 17 e 18)

Três regiões do Estado de S. Paulo apresentam depósitos terciários: vale do Paraíba, arredores da Capital e planalto de Franca e Pedregulho.

Os solos 17 e 18, descritos nos diagramas, ocorrem nas duas primeiras regiões: vale do Paraíba, excluída a várzea, e arredores da Capital, excluindo-se a várzea do rio Tietê.

Os depósitos terciários dessas duas regiões são *argilitos arenosos* variegados e *arenitos argilosos*, sempre flúvio-lacustres. Uma rocha característica da formação geológica, os *folhelhos* lacustres de Tremembé, aflora em poucos locais e tem assim uma distribuição geográfica restrita. Porisso, não incluímos entre os 22 tipos de solos aquí apresentados, um tipo proveniente diretamente dêsses folhelhos.

Pela mesma razão não incluímos o tipo de solo que ocorre sôbre o *planalto de Franca e Pedregulho*, provàvelmente posterior ao folhelho citado. Além disto, a documentação que dêle possuímos, é escassa para apresentá-lo com todos os detalhes, não obstante ser suficiente para afirmar que se trata de um tipo de solo diferente dos solos das formações conhecidas. O planalto de Franca e Pedregulho acha-se coberto por uma tênue formação de seixos quartzíticos, que atingem alguns cm de comprimento, misturados com alguns limoníticos menores, bem rolados por

enxurradas e formando um depósito inconsistente de poucos metros de espessura, o qual cobre também os espigões mais setentrionais, no Triângulo Mineiro.

Como entre os salmourões e os massapés, a diferença entre os solos 17 e 18 se baseia no teor de argila e de areia do solo peptizado. Ambos os tipos de solo são bem pobres, ácidos, maltratados por dois ou três séculos de exploração com queimadas e sem defesa alguma contra a erosão.

O solo 17, mais argiloso, é por isso menos pobre quimicamente e tem melhores propriedades físicas. Não é um solo raso, pois o seu horizonte B<sub>1</sub> não é impermeável, de modo que a profundidade geral do solo disponível às plantas pode ser estimada em cêrca de um metro. Apenas sôbre os morros um tanto acidentados e de há muito submetidos à erosão, o horizonte B<sub>2</sub> tanto se aproxima da superfície, que as possibilidades de colheita máxima ficam reduzidas (diagrama n° 8) a um grau de inferioridade comparável aos solos mais rasos do Estado, aquêles nos quais se encontra o horizonte argiloso e impermeável, chamado "piçarra", a uma profundidade demasiadamente pequena, impossibilitando a maioria das culturas, mesmo as de ciclo curto.

A localização da zona dos dois tipos de solos 17 e 18 é aproximadamente a que dá, para a formação terciária, o mapa geológico do Estado de 1929, com exceção das várzeas dos rios Paraíba e Tietê, aquela se estendendo entre Cachoeira e Jacareí, e esta entre Mogi-das-Cruzes e Osasco, abrangendo diversas áreas edificadas e semi-edificadas de vários bairros da Capital paulista.

A-pesar-de serem geralmente variegados os depósitos geológicos, os solos edáficos são vermelhos ou amarelados, variando estes tons desde bem claros até bastante escuros. Em geral, são melhores, quanto mais escuros, pois as mesmas circunstâncias que preservaram no solo a matéria orgânica, também concorreram para a preservação da riqueza química e da estrutura física propícia à agricultura.

A precipitação atmosférica é algo mais baixa, do que sôbre o Complexo Cristalino que rodeia as formações terciárias do Leste do Estado.

Quanto à vegetação, pode-se dizer que a primária não existe mais; trata-se da região a mais explorada do Estado. Provavelmente eram florestas sub-hidrófilas, talvez bastante ricas. Em alguns pontos, sôbre o solo n.º 17, encontrámos árvores de quasi um metro de diâmetro, de espécies que não se costuma plantar, de modo que podem ser consideradas elementos primários sobreviventes.

A área cultivada do solo 17 é atualmente menor que a abandonada ou a destinada às pastagens. O solo n.º 18 praticamente não se cultiva



mais, salvo alguns mandiocais e laranjais de má produção, não obstante a aplicação, nem sempre compensadora, de fortes doses de adubos minerais.

Este insucesso da adubação deve ser atribuído, em primeiro lugar, à falta de melhoramento prévio das condições gerais do solo. O nosso lavrador no geral acredita que o segredo das colheitas abundantes consiste na adubação mineral acertada. Entretanto, as despesas com os adubos só se tornam altamente remuneradoras, quando o solo que os recebe, não seja pobre em matéria orgânica, acentuadamente ácido e indefeso contra a erosão. Quando o solo possui tais defeitos, a assimilação dos adubos pelas plantas fica dificultada sobremaneira (10).

Quanto à vegetação secundária, a do solo 17 é uma capoeira fechada, mas baixa e pobre, mesmo quando velha. A do solo 18, é na maioria dos casos um campo sujo, cheio de barba de bode, barba timão, e mesmo de "paus-tortos". Não se encontra a indaiá, porque a higroscopicidade do solo para isto não é suficientemente baixa.

A vegetação dos solos, geralmente claros, amarelados, do planalto de Franca e Pedregulho, que não estão representados por nenhum dos 56 diagramas anexos, é um campo cerrado aparentemente muito semelhante ao do solo gerado pelo arenito eólico Botucatú (solo nº 11), conquanto algumas características químicas e físicas essenciais sejam diferentes. Ao que parece, a maior parte traz ainda a vegetação primária. As chuvas variam entre 900 e 1600 mm por ano, sendo 1200 ou 1300 os números mais prováveis.

### **Período quaternário (Solos 19 a 22)**

A parte mais recente da era cenozóica, denominada período quaternário, contribue no Estado de S. Paulo com uma variedade extraordinária de tipos de solos. São baixadas, brejos, lagos recentemente drenados, mangues e terras baixas do litoral, extensas baixadas do vale do Paraíba, do Ribeira de Iguape e do Tietê nas proximidades da cidade de São Paulo. São aluviões das mais variadas condições de composição granulométrica, idade, natureza e procedência dos detritos, profundidade e riqueza em matéria orgânica.

Focalizamos apenas quatro entre tantos tipos de solo. Em certas regiões do Estado estes quatro tipos são essenciais. Em outras, podem ser praticamente secundários.

Os quatro diagramas físicos relatam, em linhas gerais, a localização, o tipo de vegetação focalizado, a profundidade, a existência ou não do lençol d'água freático e as propriedades físicas típicas de cada um dos

quatro tipos de solos do quaternário, os quais foram escolhidos para serem aqui apresentados não tanto pela importância da sua distribuição geográfica, como para servirem de termo de comparação para a avaliação das propriedades físicas e químicas dos solos quaternários em geral.

É preciso acrescentar que numa certa zona geográfica bastante restrita, às vészes de poucos quilômetros quadrados ou mesmo de poucos hectares, podemos encontrar dois ou mesmo três dêstes quatro tipos de solo, um envolvendo ou se entrosando no outro.

A vegetação nativa ou das culturas é pouco significativa para o tipo ou a qualidade do solo de baixada. Basta, por exemplo, que falte drenagem, ou que ela seja excessiva, para que a vegetação dê um aspecto desolador a terras que, sem muitas dificuldades, poderão ser utilizadas com sucesso, mediante um só tratamento químico, que é a calagem com calcáreo moído, depois que for normalizado o suprimento d'água. De um ano para outro pode-se, pois, mudar uma vegetação natural, feia, em um bonito arrozal; e muitas vészes isto se consegue sem tratamento especial algum, principalmente quando se trata de uma pequena várzea de cabeceira.

É digna de menção uma planta nativa muito comum no Estado, que tem o nome popular de *rabo de burro* (*Andropogon bicornis* L.) (fig. 2) e que, nos solos de baixada, indica, ao que parece, infalivelmente, acidez excessiva do solo. Fora das baixadas, nas encostas de morros, êste padrão de terra má, indica, além da acidez, também um bom suprimento d'água, freqüentemente em virtude de um horizonte iluvial situado a pequena profundidade, sôbre o qual se escoia a água gravitativa. Junto ao *sapé* (*Imperata brasiliensis* Triana.), constitúe indício de que no lugar já foram praticadas muitas queimadas. Nas encostas de morros, as queimadas, além de eliminarem a matéria orgânica e o azoto, acidificam o solo, pois as cinzas são em grande parte facilmente eliminadas pelas águas e pelos ventos. Pelo contrário, *Taboa* ou *Tabua* (*Typha dominguenis* Kunth), planta de brejo, só aparece nas aluviões ricas, que são formadas por detritos bastante ricos em elementos minerais básicos.

Quanto ao aspecto físico, podemos considerar nas várzeas dois tipos de solo principais: com o lençol d'água abaixo e acima de um metro e meio de profundidade.

No primeiro caso temos solos do tipo 21. No segundo caso, os do tipo 20. O primeiro é pouco poroso, bastante impermeável, oferecendo às plantas condições de vida tão difíceis, que a vegetação atual é quasi

sempre de campo. As culturas não podem ser feitas sem irrigação e o solo é quasi sempre destinado à pastagem.

O solo 20 apresenta bonitos arrozais. As suas condições físicas são ótimas nas épocas chuvosas. Mas na época sêca as argilas plásticas do seu horizonte G se contraem, esmagando a maior parte das raízes e fazendo com que as restantes percam o contacto com o solo, pendendo, desamparadas, no meio das fendas largas da argila contraída.

Do ponto-de-vista químico, todos os solos da várzea do Paraíba, do Tietê e de muitos outros rios, ribeirões e mesmo córregos são ácidos e necessitam de calcáreo moído em boas quantidades e aplicado anualmente durante muitos anos. Entretanto, dois tipos se delineiam com bastante nitidez; são os solos menos ácidos do diagrama químico do perfil tipo 20, caracterizados por um pH um pouco acima de 5 e por um teor regular de nutrimentos minerais, e os solos bem ácidos, de pH ao redor de 4½, e bem pobres em elementos minerais, do diagrama químico do tipo de perfil 21.

Algumas várzeas excessivamente turfosas (mais que 13% de carbono total ou 100 ME de humus por 100 cm<sup>3</sup> de solo) são quasi inaproveitáveis do ponto de vista agrícola: a retenção d'água desses solos é tão forte, que poucas culturas de baixada (*plantas hidrófilas*) possuem raízes de tensão osmótica mais forte ainda para serem aptas a retirar a água do solo.

Os lavradores que tentam plantar arroz em tais várzeas turfosas, às vezes presenciaram a seca das plantas em plena época de chuvas, bastando para isto três semanas de tempo sêco. Isto se verifica entre nós no mínimo uma vez em três anos; nos últimos anos tem sido constatado com maior freqüência:

Há terras baixas, em diversos pontos do Estado, abrigadas entre morros, sem que possam ser chamadas de brejos ou várzeas, e que apresentam sinais de sedimentação eólica geologicamente recente. Estas são freqüentemente terras ricas, possivelmente geradas por loess. Esta rocha quaternária, ainda pouco consolidada, gerada pelas poeiras, argilas eólicas, parece também cobrir pequenas extensões da nossa planície litorânea, sempre com altitudes não superiores a 25, talvez, no máximo 30 metros, acima do nível do mar.

Outras terras boas de formação recente são as margens altas e enxutas de alguns rios daquela planície ou mesmo do planalto. São depósitos de limo fluvial, que as águas, baixando de nível, deixaram intactos, não lhes extraíndo mediante lavagem intensa os seus elementos de riqueza química, como fizeram na generalidade das várzeas.

O litoral Sul do Estado possui em boa quantidade tais solos quaternários enxutos. Em alguns lugares são quimicamente dos mais ricos do Estado, mas apenas regulares, quanto às suas propriedades físicas.

Entre os solos das margens baixas de cursos d'água e várzeas adjacentes, pode ser estabelecido entre nós o seguinte princípio geral: maior o curso d'água, piores quimicamente são os solos. A razão disto é a intensidade da "lavagem" do solo.

## RESUMO

As características geológicas, físicas e químicas de 22 entre os principais tipos de solos do Estado de S. Paulo, são estudadas.

A descrição dessas características é feita quantitativamente por meio de uma série de 56 diagramas, cuja significação e método de leitura estão explicados.

As regiões dos 22 tipos de solos estão descritas quanto à sua localização, características geológicas, topográficas, fitogeográficas e pluviométricas, além de notas sobre os tipos de exploração e sobre o uso racional dos solos.

Dos 56 diagramas, os 12 primeiros comparam entre si cerca de quatro dezenas de características diversas, físicas e químicas, da parte arável dos 22 tipos principais de solos descritos. Os 44 diagramas seguintes são diagramas volumétricos físicos e químicos completos dos 22 perfis típicos, tomados até a profundidade de 150 cm e divididos nos vários horizontes genéticos do solo.

## SUMMARY

The geological, physical and chemical problems dealing with the characteristics of 22 of the principal types of soils of the State of São Paulo are studied.

The description of these characteristics is given quantitatively through a series of 56 diagrams, the adequate signification of which are explained.

The regions of the 22 soil types are described in a abridged form as for the extent, location, geological, topographical, phytogeographical and pluviometric characteristics. Some notes referring to the rational utilization of some of these soils are given.

Of the 56 diagrams presented, the 12 first mentioned are intended to compare about forty different physical and chemical characteristics of arable soil of the 22 types described. The 44 remaining graphs are physical and chemical volumetric diagrams of the 22 typical profiles, taken at the depth as far as 150 cm and divided in several genetic horizons.

## LITERATURA CITADA

- 1 — Camargo, Theodureto de e Paulo Vageler. Análises de Solos. I. Análise Física. Bol. Técn. do Inst.º Agr.º do Estado (Campinas) 24:1-81. 1936.
- 2 — Camargo, Theodureto de e Paulo Vageler. Análises de Solos. II. Análise Mineralógica. Bol. Técn. do Inst.º Agr.º do Estado (Campinas) 31:1-22. Quadr. 1-5. 1937.
- 3 — Camargo, Theodureto de e Paulo Vageler. Os Solos do Estado de São Paulo. I. Problemas Gerais da Ciência dos Solos tropicais e sub-tropicais. Bol. Técn. do Inst.º Agr.º do Estado (Campinas) 40:1-22. 1938.
- 4 — Camargo, Theodureto de e Paulo Vageler. Os Solos do Estado de São Paulo. II. O Solo na sua Concepção moderna. Bol. Técn. do Inst.º Agr.º do Estado (Campinas) 49:1-30. Fig.1. 1938.
- 5 — Endell, Kurd. Análises de Solos. II. Pesquisa radioscópica de Argilas e sua Importância técnico-econômica. Bol. Técn. do Inst.º Agr.º do Estado (Campinas) 31:23-40. Fig. 1-15. 1937.
- 6 — Setzer, José. Os Solos do Estado de S. Paulo. III. Generalidades sobre a riqueza química. Bol. Técn. do Inst.º Agr.º do Estado (Campinas) 70:1-35. Tab. 1-7. Map. 1-3. Fig. 1-3. 1940.
- 7 — Setzer, José. Propriedades físicas dos Solos do Estado de São Paulo em face ao Combate contra a Erosão. Revista de Agricultura, 15:99-113. 10 tab. 1940.
- 8 — Setzer, José. Avaliação sumária das Possibilidades duma Cultura num Solo dado. Bol. da Soc. Brasileira de Agronomia (Rio de Janeiro) 3:373-420. Tab. 1-22. Diagr. 1-7. Dezembro de 1940.
- 9 — Setzer, José. Frequência do pH nos Solos do Estado de S. Paulo. Rev. Brasileira de Química, 11: 101-103, diagr. 1-2. 1941.
- 10 — Setzer, José. O uso racional do solo. Rev. Rural Brasileira 21: 24-28, N.º 247. Março de 1941.
- 11 — Vageler, P. Separata do Relatório anual de 1935 do Instituto Agr.º do Estado de S. Paulo (Campinas), Pg. 1-32. Tab. 1-3. Diagr. 1-3. 1937.
- 12 — Vageler, Paulo. Pontos de Vista fundamentais para o levantamento agro-geológico do Estado de S. Paulo. Conferência realizada no Instituto de Engenharia de S. Paulo em 20/8/1938, Pgs. 1-19, Fig. 1-6, Imprensa Oficial do Estado, 1938.
- 13 — Vageler, Paulo. **Ein** Grundriss des tropischen und subtropischen Bodenkunde, 2.ª edição, pg. 1-252, fig. 1-27. Berlin, 1938.

**Fig. 1**

Mata virgem da Serra Paranapiacaba, vertente para o mar. 590 m de altitude. Solo rico, mas raso, limitado a menos de um metro de profundidade por argila impermeável ou rocha decomposta, que é, no local, uma intrusão diorítica não abrangendo, talvez, mais do que 1 Ha. Chuvas : 2000 a 3000 mm anuais. 24°01' lat. S x 47° 35' long. W de Greenwich.

**Fig. 2**

"Rabo de burro" (*Andropogon bicornis* L.) em floração. Baixada de solo ácido, inundado desde meio metro de profundidade. No cerrado do segundo plano a profundidade do solo livre d'água é maior, permitindo vegetação de maior porte. O solo é um alúvio argiloso e humoso, bastante rico em nutrimentos, mas muito ácido. Altitude 500 m. Época, fim de março. Chuvas mal distribuídas.



Fig. 1

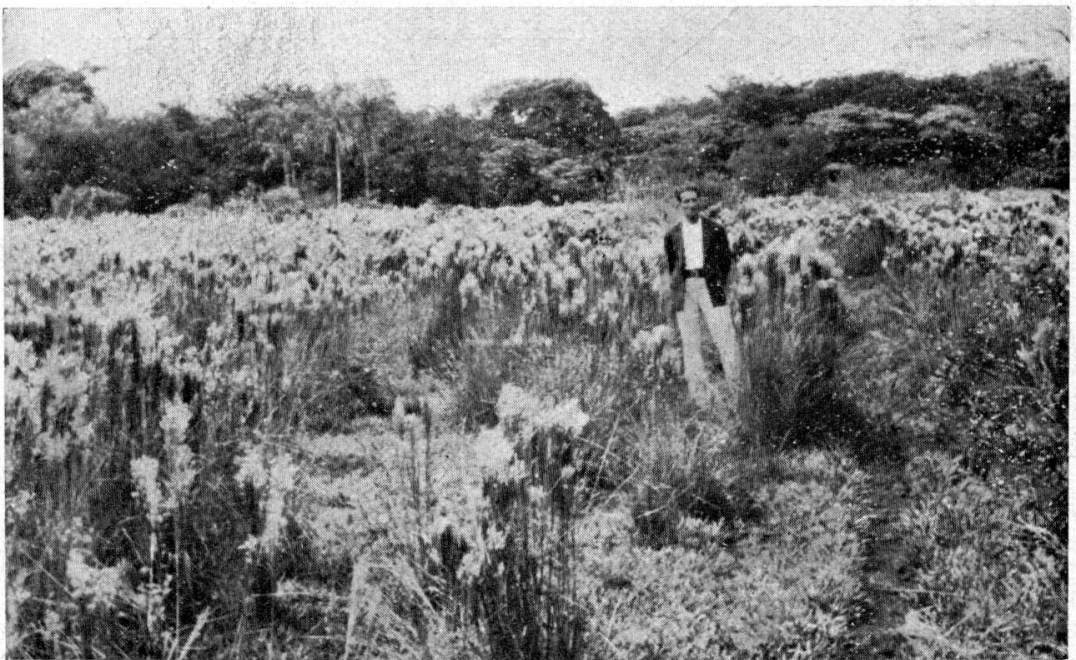


Fig. 2

**Fig. 3**

"Paus-tortos". Solo sêco, arenoso, pobre e ácido, sujeito à erosão. A vegetação do local era um Campo Cerrado. Quasi anualmente a vegetação aqui é queimada para que o gado tenha pastagem durante dois ou três meses da estação chuvosa. As moitas de capim comestível são distanciadas, obrigando o gado a se locomover muito para o seu sustento. Seria mais racional plantar, talvez mediante aração e estrumação prévias, o capim catingueiro, o qual se alastraria forrando o solo, deslocando as plantas inúteis e fornecendo ótima pastagem durante 8 ou 9 meses do ano. Altit. 590 m. Campo Grande, município de Campinas. 22°56' lat. S x 47°11' long. W de Greenwich. Meados de agosto.

**Fig. 4**

"Cerradinho ralo" em solo n.º 12. Vegetação provavelmente secundária, mas bem velha. Altit. 540 m. Chuvas, 900 a 1300 mm anuais. 20°07' lat. S x 47°50' long. W de Greenwich. Fim de junho.



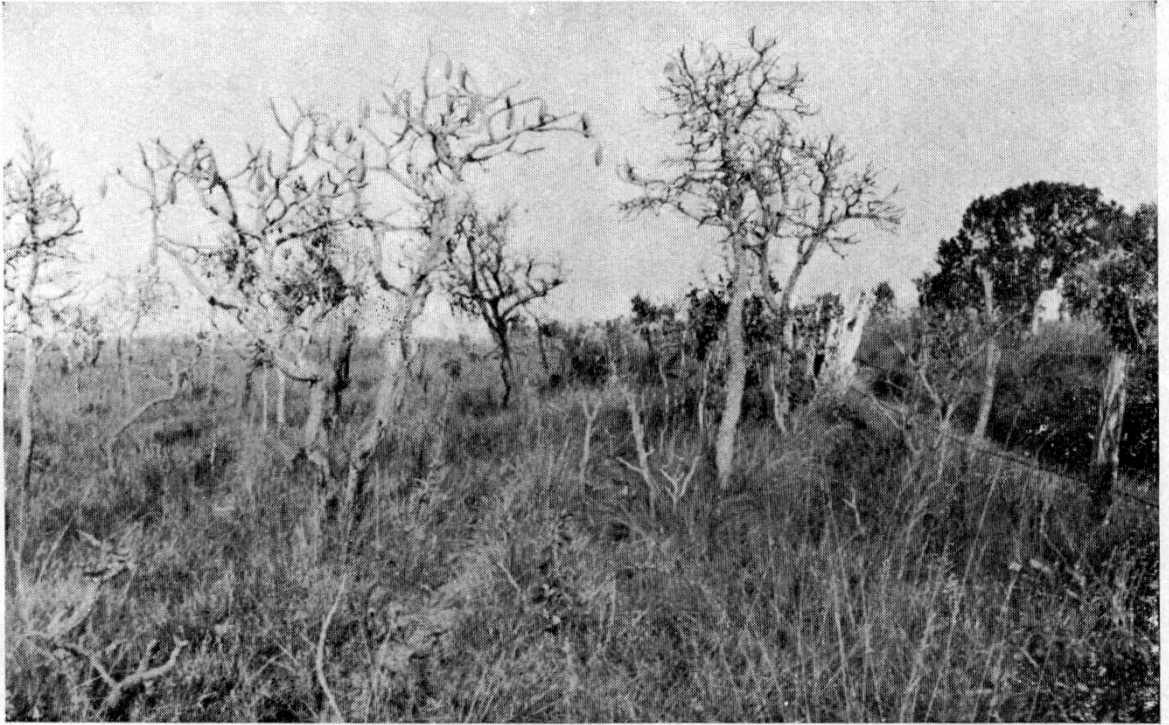


Fig. 3



Fig. 4

**Figs. 5 e 6**

Aspecto típico dos "morros de sino" da formação geológica "Série de São Bento". Em épocas remotas constituíam um planalto inteiriço que foi, em muitos lugares, fendido por diastrofismos posteriores. A erosão alargou, provavelmente, as fendas em vales tal ponto, que o aspecto atual mais comum é o de poucos "morros de sino" espalhados pela extensa região em forma de testemunhas do antigo planalto. As várias camadas mais ou menos horizontais, de lavas que se revejavam dentro dos morros com lençóis de arenito eólico, foram decompostas e a erosão misturou os detritos dessas duas rochas. Originou-se, assim, a terra-roxa-misturada, a qual, por isso, predomina largamente em extensão sobre a terra-roxa-legítima, gerada pelas lavas, e sobre o solo muito arenoso proveniente de arenito eólico Botucatú. Ao sul de Ribeirão Preto. Altit. 600 m. Fim de dezembro.

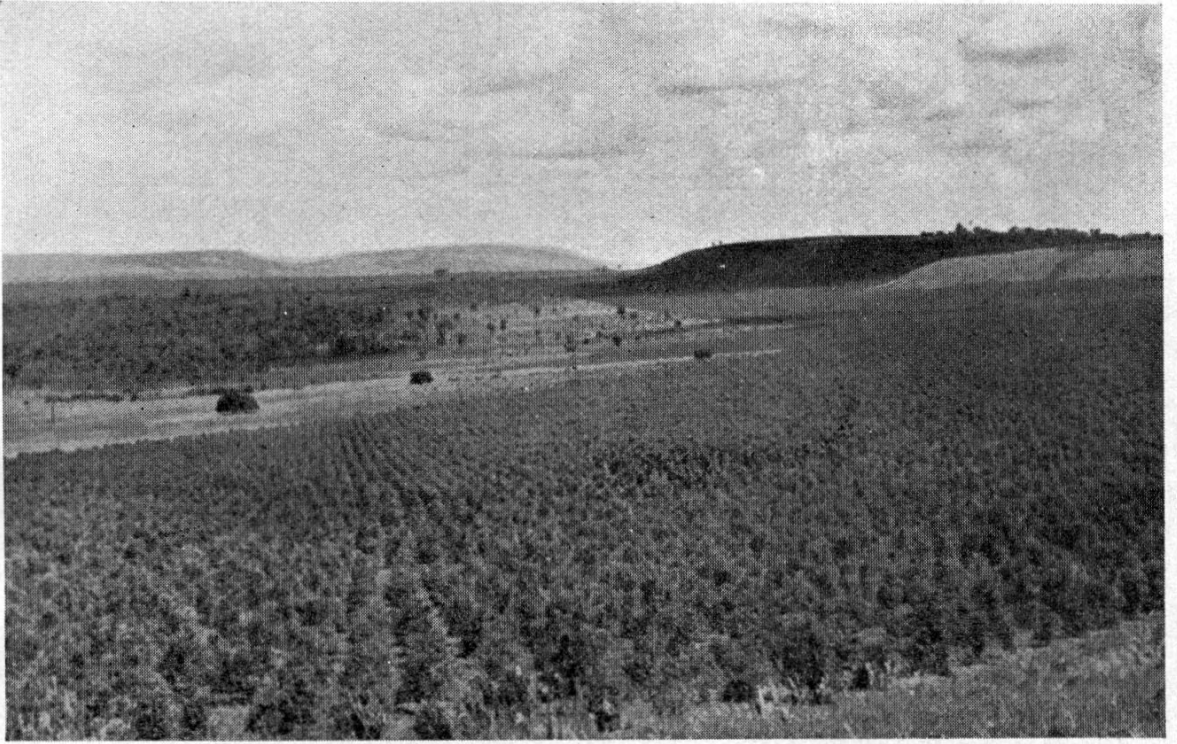


Fig. 5

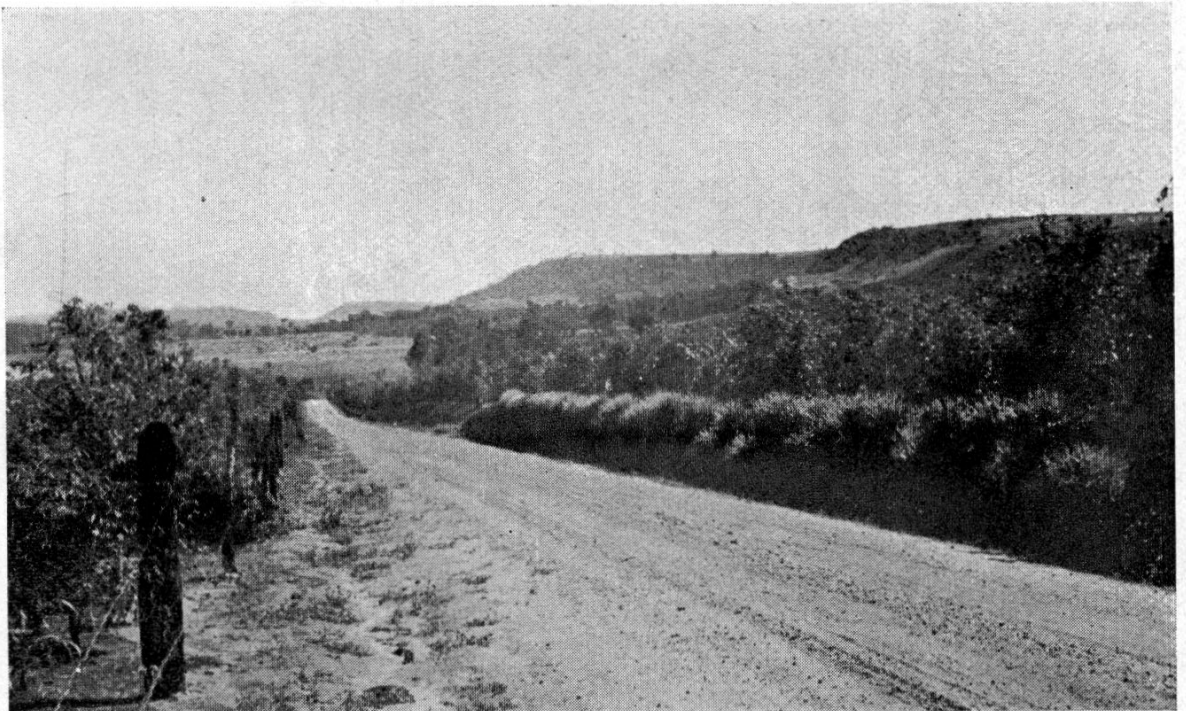


Fig. 6

## VI - APENSO

DIAGRAMAS VOLUMÉTRICOS FÍSICOS  
E QUÍMICOS DOS PERFIS TÍPICOS DOS  
22 TIPOS DE SOLOS ESTUDADOS.

## Diagrama n.º 13

### PERFIL TIPO 1

#### DIAGRAMA VOLUMÉTRICO FÍSICO

**ALTITUDE:** 100 a 2000 m

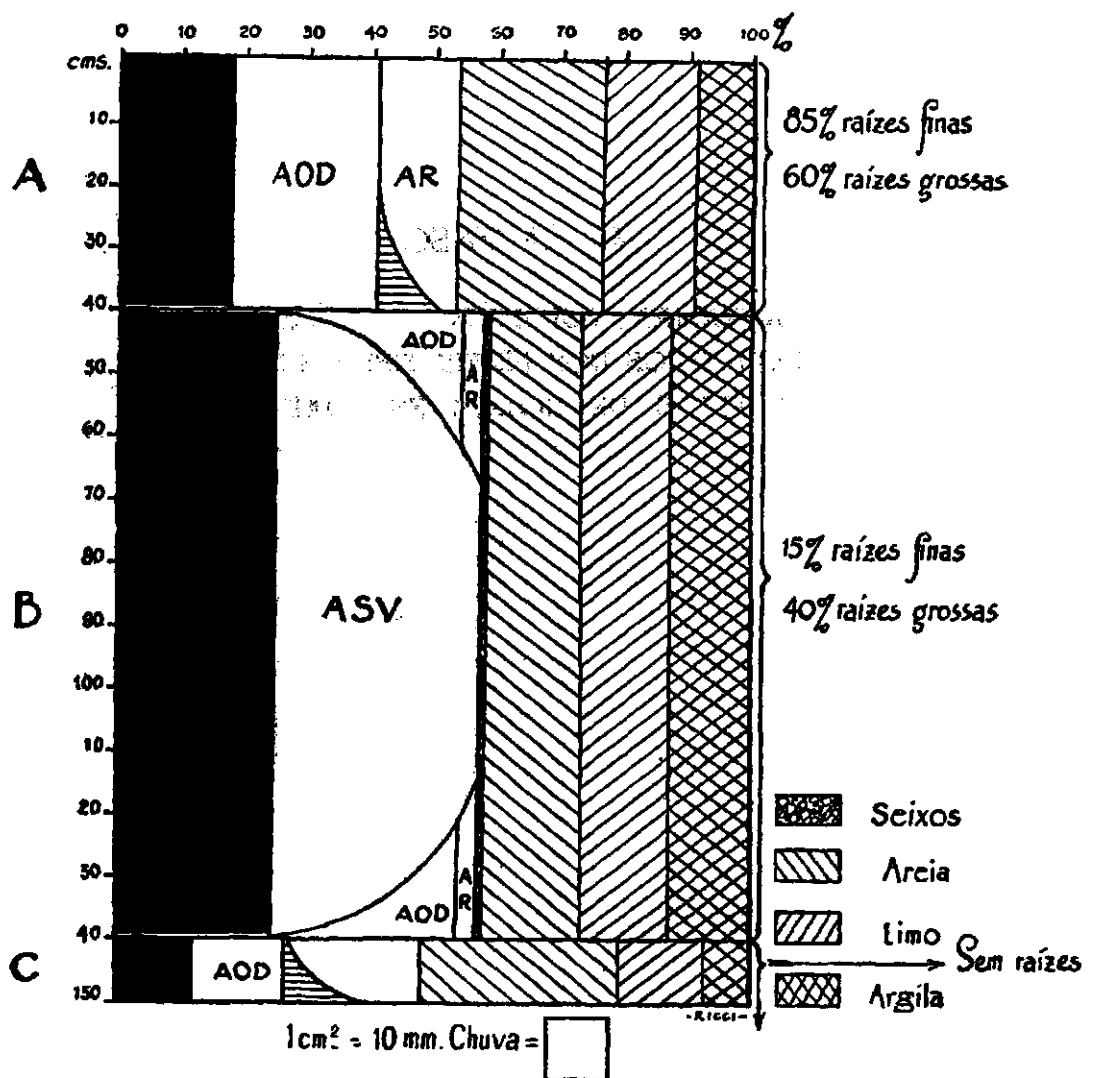
**ZONA GEOLÓGICA:** Complexo Cristalino

**ROCHA-MÁTER:** Gnais, Granitos, Pegmatitos, Migmatitos, etc. leucocráticos.

**VEGETAÇÃO:** Capoeira velha, precedida por exploração com queimadas

**TIPO DO SOLO:** Elúvio Salmourão

Colheita fisicamente possível (Sekera): 40%



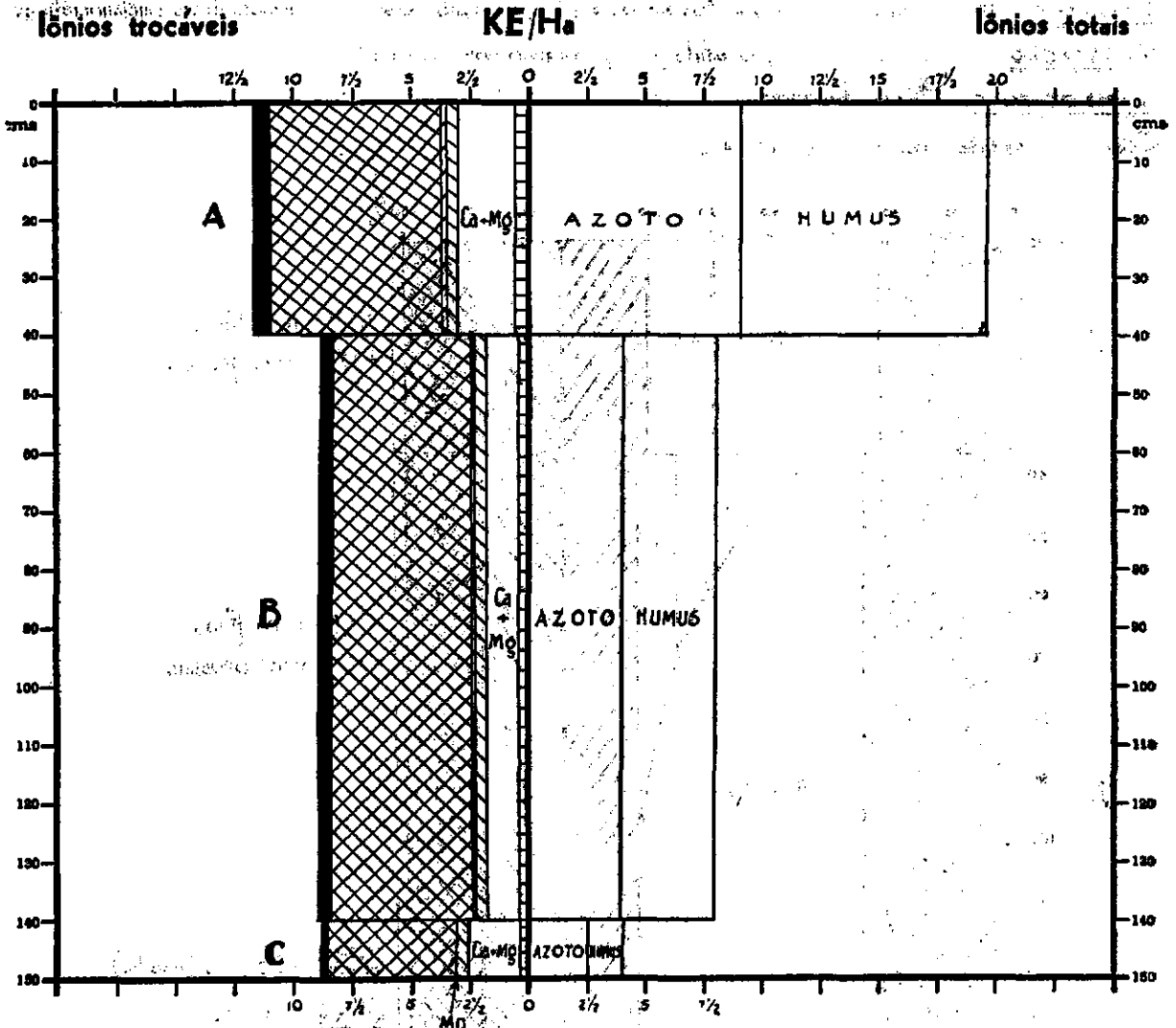
- |   |  |
|---|--|
| <p>■ Água inativa</p> <p>□ AOD Água osmótica disponível</p> <p>▨ Água acidentalmente disponível</p> | <p>□ ASV Água sem valor (inexistente) = Ar</p> <p>▩ Água acidentalmente nociva</p> |
| <p>Permeab. mm / hora</p>   |  |
| A   | B  |
| 0,1   | 0,001  |
| C   | 2  |

# Diagrama n.º 14

## PERFIL TIPO 1

### DIAGRAMA VOLUMETRICO QUÍMICO

Escala : 1 cm<sup>2</sup> = 25 KE/Ha =



- PO<sub>4</sub>
- K+Na
- Mn
- H (acidez inócua)
- Al (acidez nociva)

**Trocáveis**

pH	internacional	A	B	C
	último (sol. KCl 2n)	5,5	5,2	5,5
		4,9	5,0	5,1

Índice C/N =  $\frac{11}{9\frac{1}{2}}$

Relação K trocável + K total =  $\frac{5\frac{1}{2}}{3} \%$

## Diagrama n.º 15

### PERFIL TIPO 2

### DIAGRAMA VOLUMÉTRICO FÍSICO

**ALTITUDE:** 100 a 1500 m

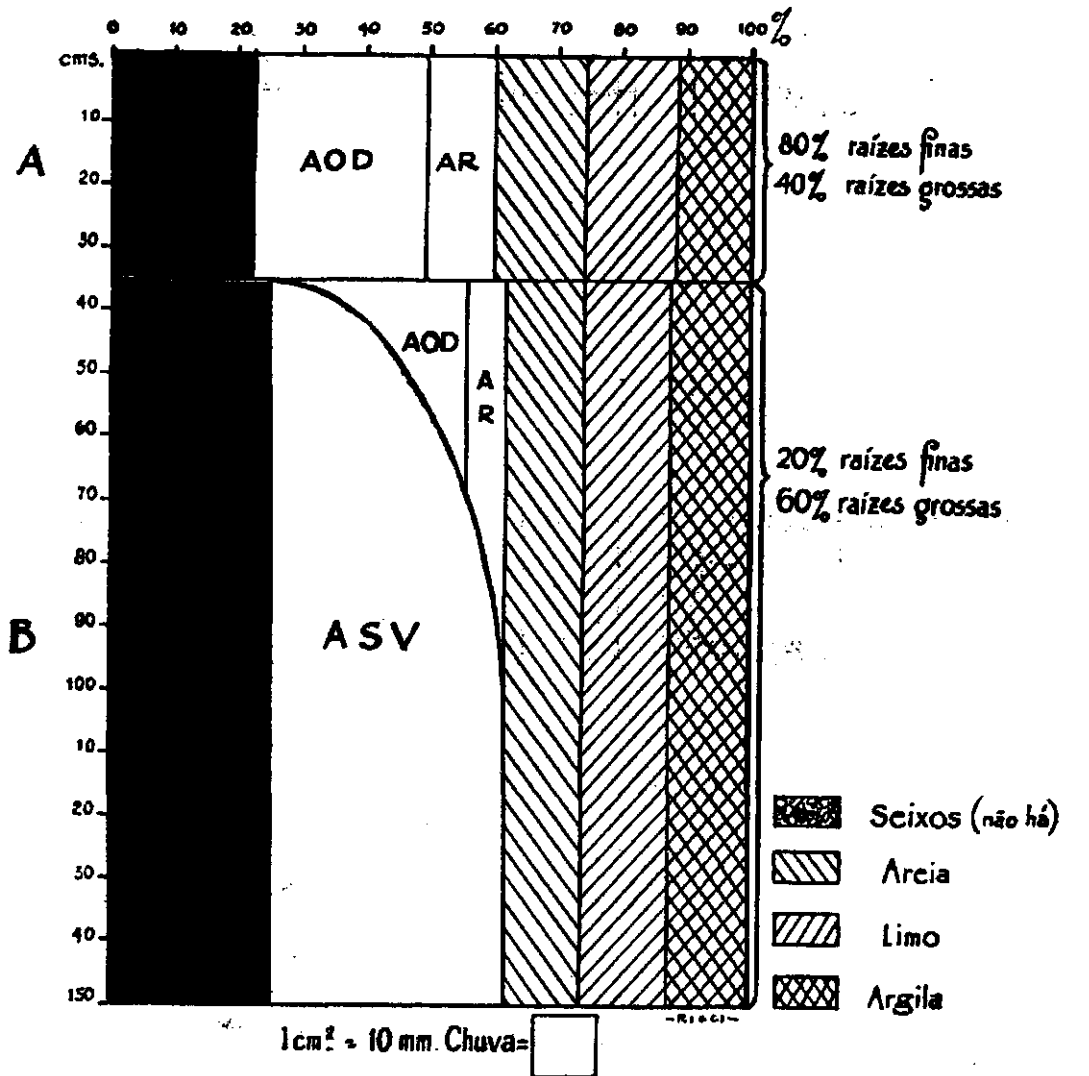
**ZONA GEOLÓGICA:** Complexo cristalino

**ROCHA-MÁTER:** Gnais biotítico, granitos menos ácidos, anfibolitos, etc. rochas mesocráticas e melanocráticas

**VEGETAÇÃO:** Capoeira velha, precedida por exploração com queimadas

**TIPO DO SOLO:** Elúvio Massapé

Colheita fisicamente possível (Sekera): 45%



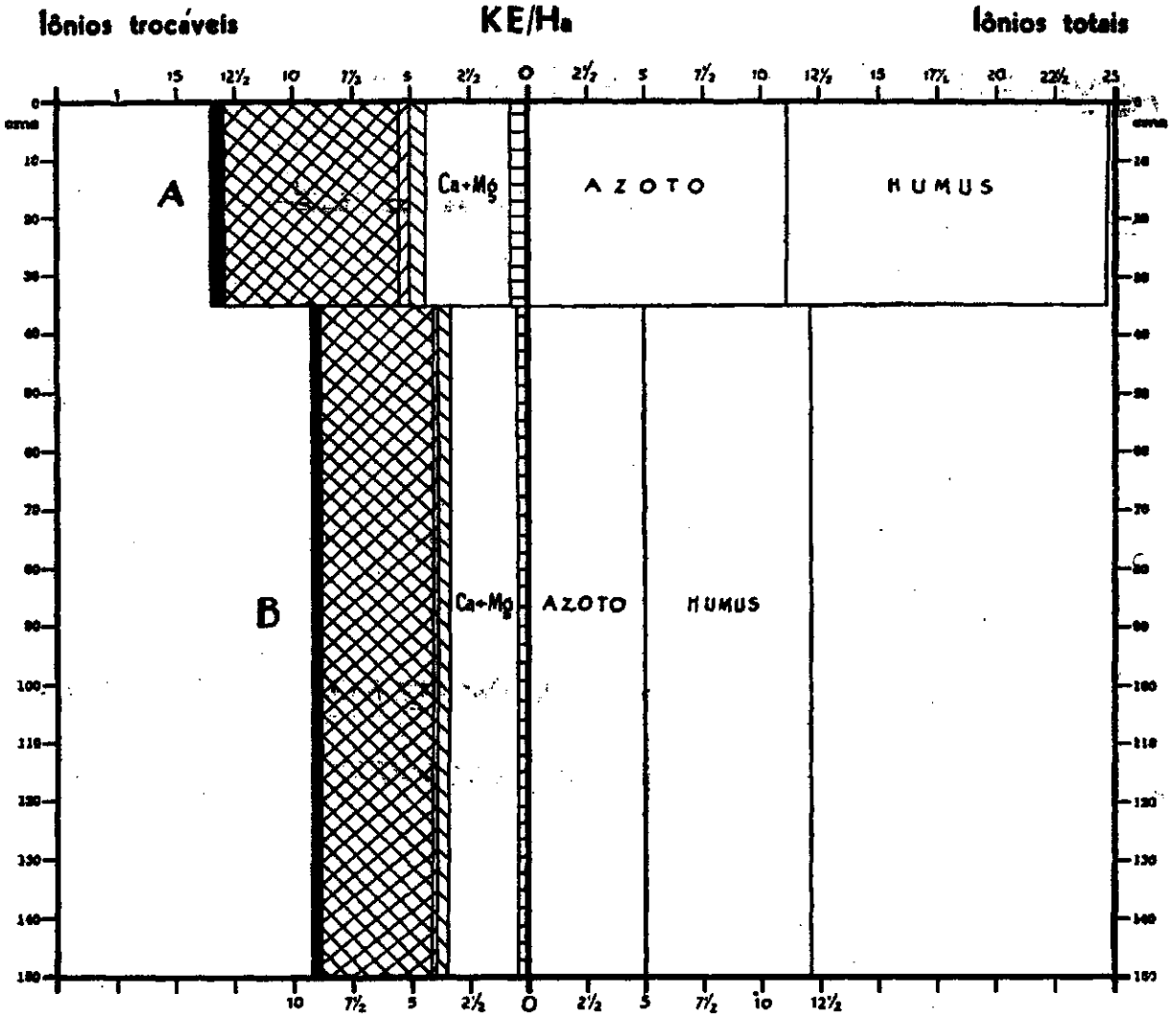
- |  |  |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: black; margin-right: 5px;"></span> Água inativa</li> <li><span style="display: inline-block; border: 1px solid black; padding: 2px; margin-right: 5px;">AOD</span> Água osmótica disponível</li> <li><span style="display: inline-block; border: 1px solid black; width: 15px; height: 15px; background: repeating-linear-gradient(45deg, transparent, transparent 2px, black 2px, black 4px); margin-right: 5px;"></span> Água acidentalmente disponível</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="display: inline-block; border: 1px solid black; padding: 2px; margin-right: 5px;">ASV</span> Água sem valor (inexistente)=Ar</li> <li><span style="display: inline-block; border: 1px solid black; width: 15px; height: 15px; background: repeating-linear-gradient(-45deg, transparent, transparent 2px, black 2px, black 4px); margin-right: 5px;"></span> Água acidentalmente nociva</li> </ul> |
| <p>Permeab. mm/hora      <b>A</b>      <b>B</b></p> <p style="text-align: right;">0,02      0,001</p>  |  |

# Diagrama n.º 16

## PERFIL TIPO 2

### DIAGRAMA VOLUMÉTRICO QUÍMICO

Escala : 1 cm<sup>2</sup> = 25 KE/Ha =



- PO<sub>4</sub>
  - K+Na
  - Mn
  - H (acidez inócua)
  - Al (acidez nociva)
- } **Trocáveis**

pH  $\left\{ \begin{array}{l} \text{internacional} \\ \text{último (sol. KCl 2n)} \end{array} \right.$

A	B
5,8	5,4
5,2	5,3

Índice  $\frac{C}{N} = \left\{ \frac{12}{10} \right.$

Relação K trocável + K total =  $\left\{ \frac{5}{4} \right.$



# Diagrama n.º 17

## PERFIL TIPO 3

### DIAGRAMA VOLUMÉTRICO FÍSICO

**ALTITUDE:** 100 a 1700 m

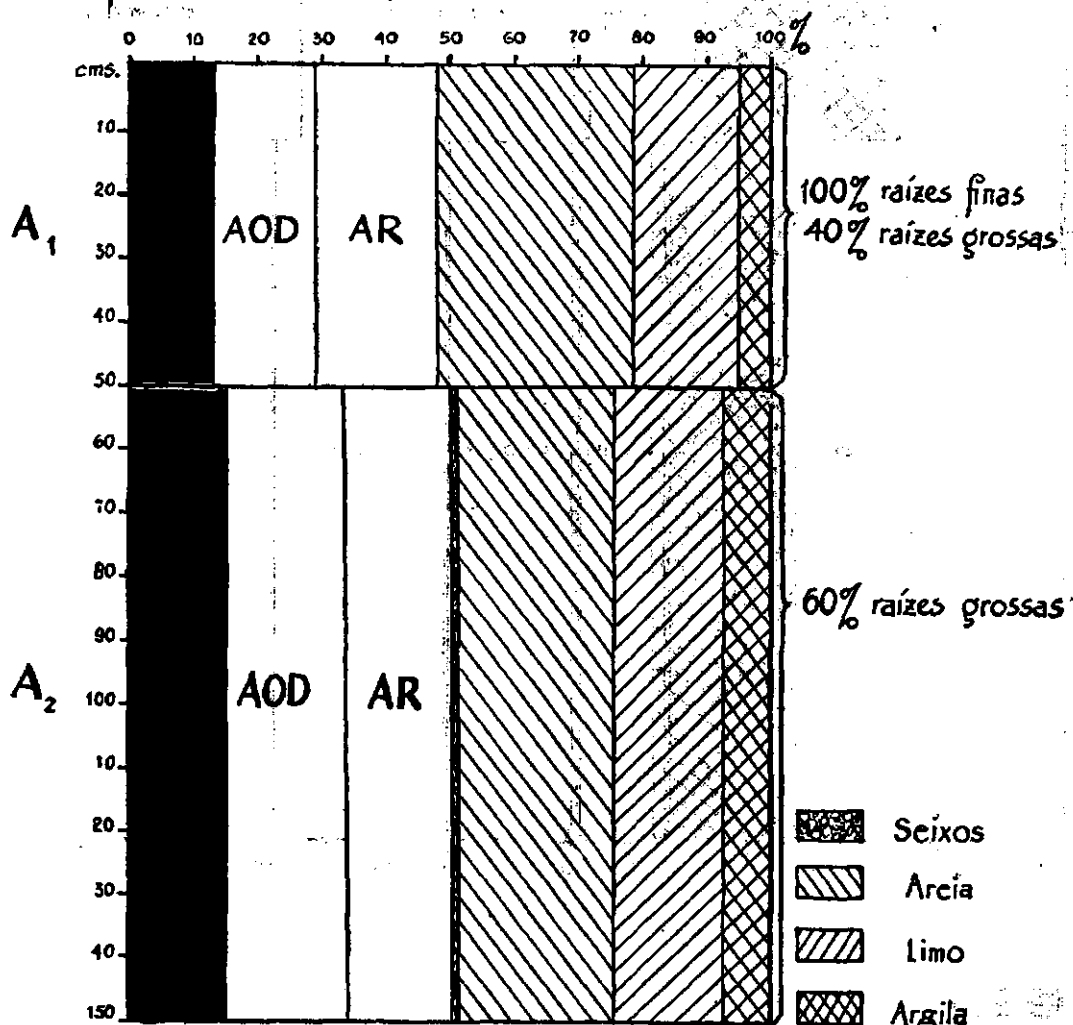
**ZONA GEOLÓGICA:** Complexo cristalino

**ROCHA-MÁTER:** Xistos metamórficos, algonquianos e arqueanos, quartzíticos

**VEGETAÇÃO:** Capoeira velha, mas pobre. Anteriormente o solo já suportou queimadas

**TIPO DO SOLO:** Elúvio. Salmourão

Colheita fisicamente possível (Sekera): 40%



1 cm<sup>2</sup> = 10 mm. Chuva =

- Água inativa
- Água osmótica disponível
- Água acidentalmente disponível
- Água sem valor
- Água acidentalmente nociva
- Permeab. m m/hora **A<sub>1</sub>** **A<sub>2</sub>**  
1 0,3

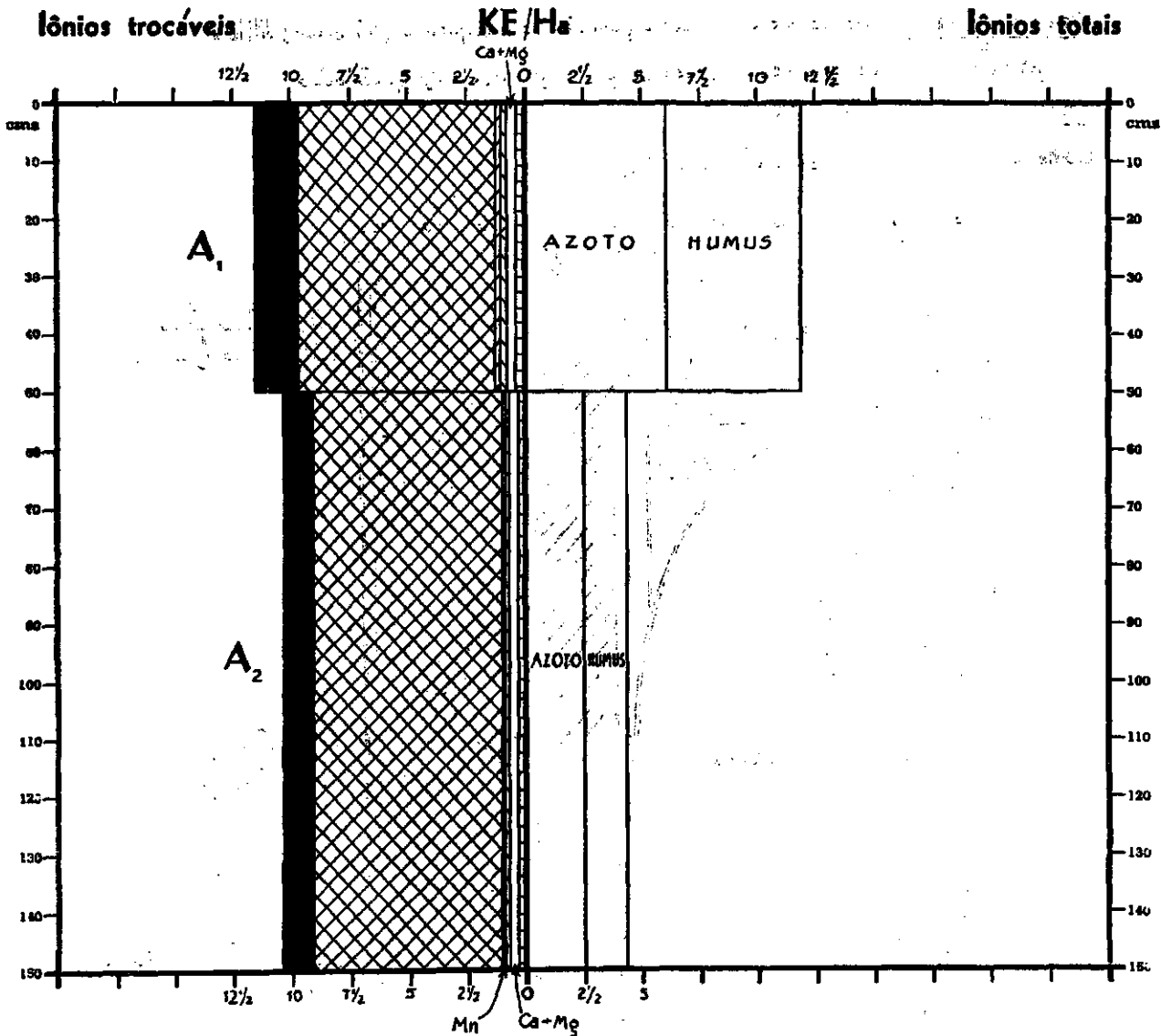
- Ricci -






# Diagrama n.º 18

## PERFIL TIPO 3

### DIAGRAMA VOLUMÉTRICO QUÍMICO

Escala: 1 cm<sup>2</sup> = 25 KE/Ha



-  PO<sub>4</sub>
-  K+Na
-  Mn
-  H (acidez inócua)
-  Al (acidez nociva)

Trocáveis

pH { internacional  
último (sol. KCl 2n)

	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>
pH internacional	4,6	4,5
pH último (sol. KCl 2n)	4,3	4,4

Índice c/N =  $\left\{ \frac{9}{7} \right.$

Relação K trocável + K total =  $\left\{ \frac{2 1/2}{3} \right.$  %

## Diagrama n.º 19

## PERFIL TIPO 4

## DIAGRAMA VOLUMÉTRICO FÍSICO

ALTITUDE: 100 a 1600 m

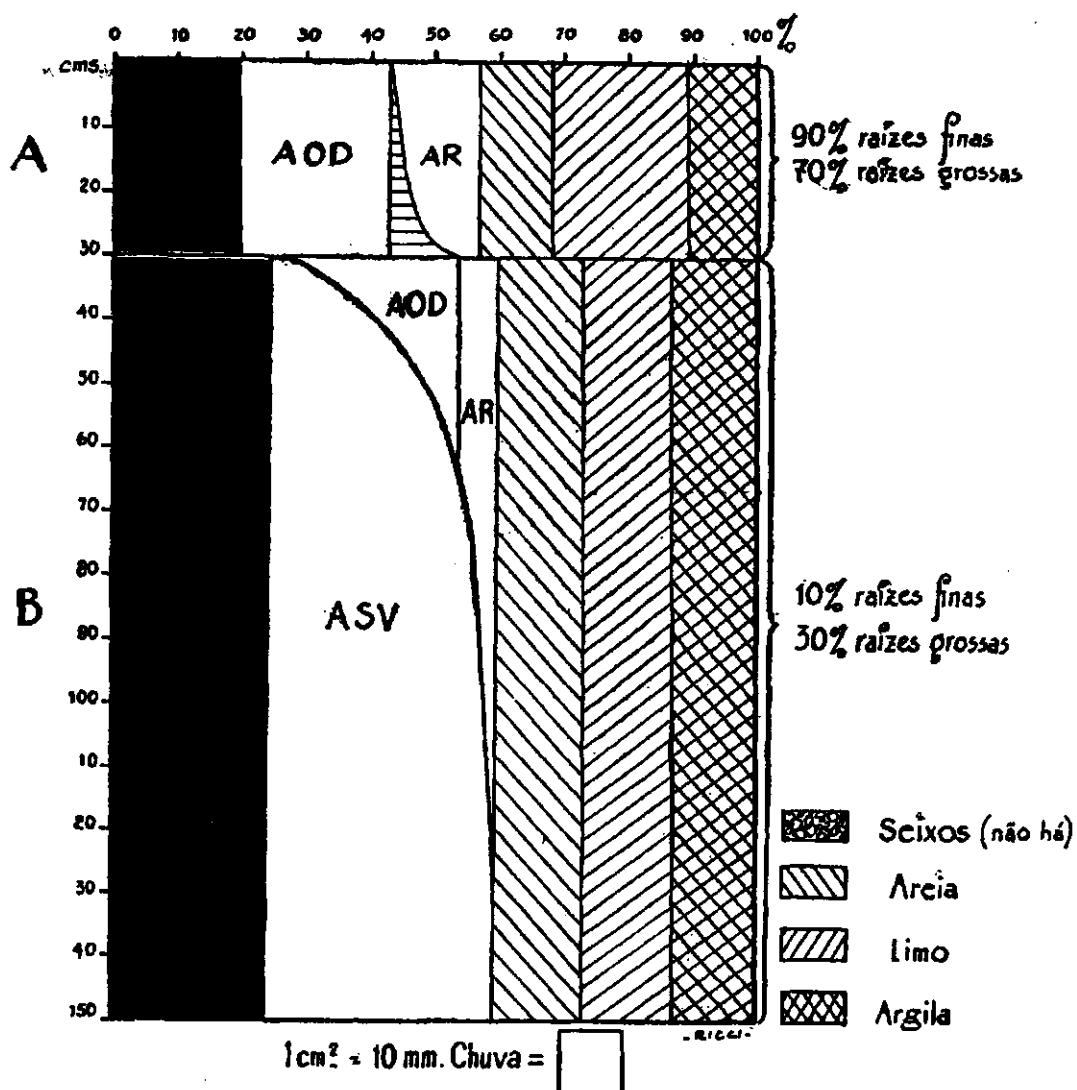
ZONA GEOLÓGICA: Complexo Cristalino

RÓCHA-MÁTER: Xistos metamórficos, algonquianos e arqueanos, micáceos; filitos

VEGETAÇÃO: Capoeira velha, precedida por exploração c/ queimadas

TIPO DO SOLO: Elúvio, Massapé

Colheita fisicamente possível (Sekera); 35%



Água inativa

Água osmótica disponível

Água acidentalmente disponível

Água sem valor (inexistente) = ASV

Água acidentalmente nociva

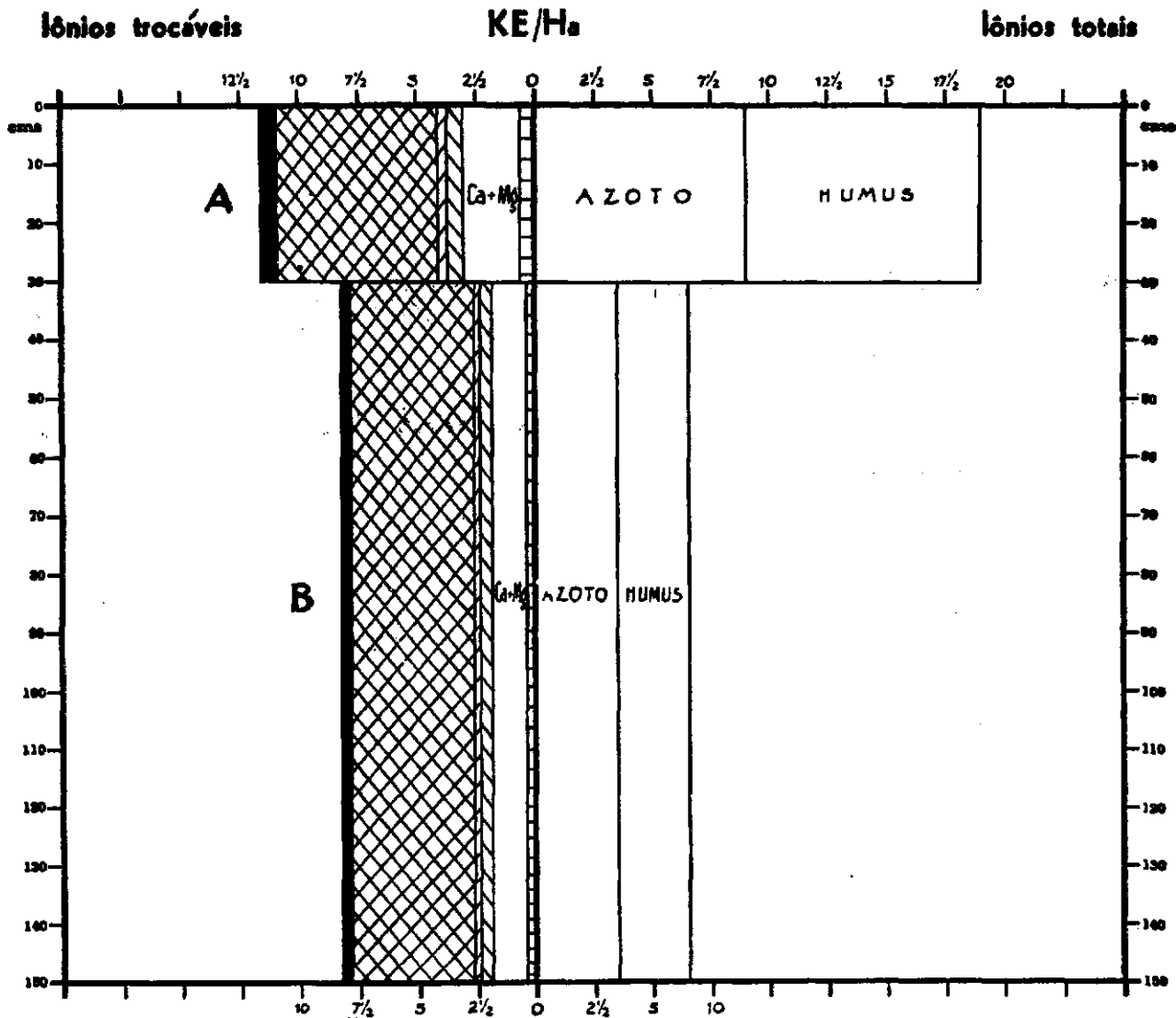
Permeab. mm/hora. A 0,05 B 0,005

# Diagrama n.º 20

## PERFIL TIPO 4

### DIAGRAMA VOLUMÉTRICO QUÍMICO

Escala : 1 cm<sup>2</sup> = 25 KE/Ha



- PO<sub>4</sub>
  - K+Na
  - Mn
  - H (acidez inócua)
  - AJ (acidez nociva)
- } **Trocáveis**

pH	internacional	A	B
	último (sol. KCl 2n)	5,6	5,3
		4,9	5,1

Índice C/N =  $\frac{10}{8}$

Relação K trocável + K total =  $\frac{5}{2}$  %

# Diagrama n.º 21

## PERFIL TIPO 5

### DIAGRAMA VOLUMÉTRICO FÍSICO

**ALTITUDE:** 700 a 1200 m

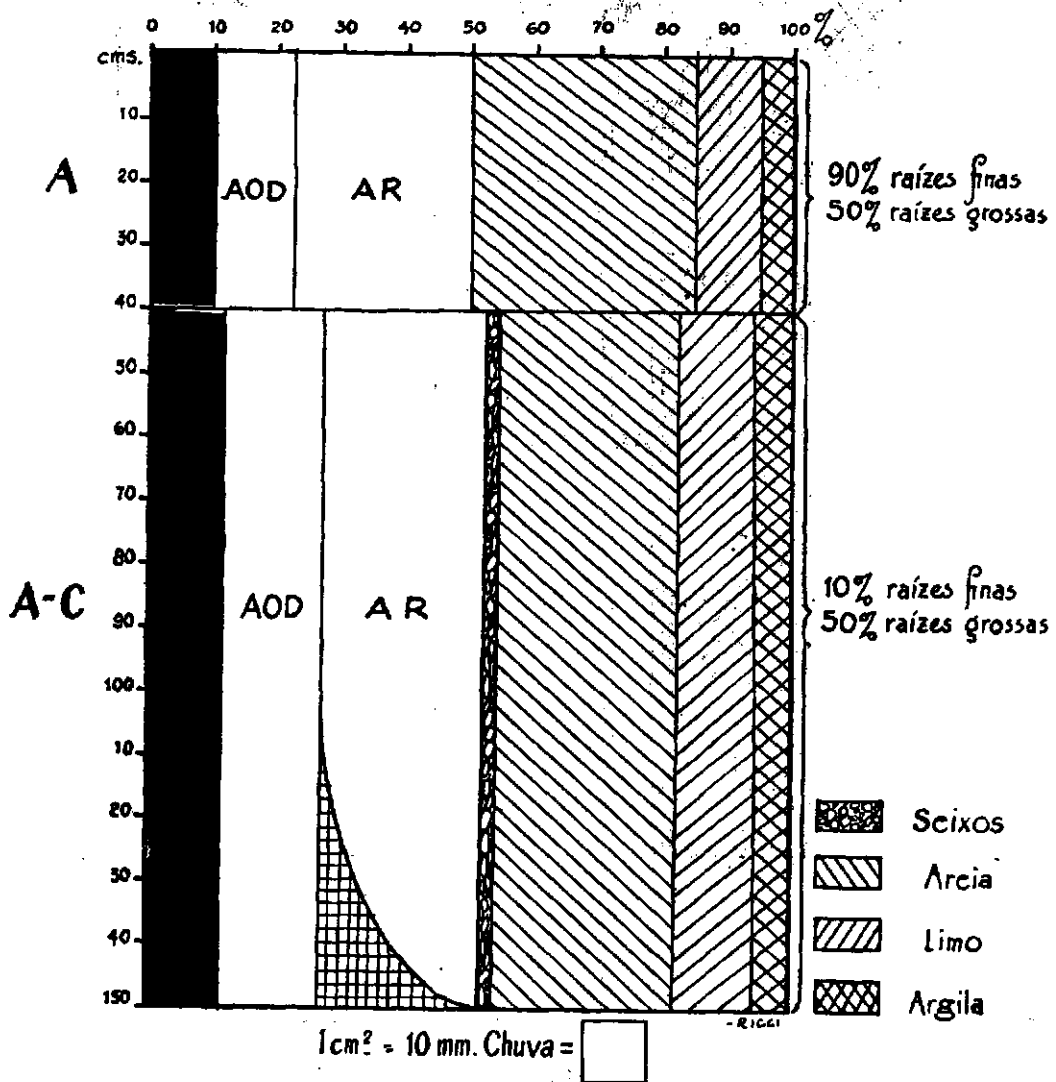
**ZONA GEOLÓGICA:** Devoniano, Arenito de Furnas

**ROCHA-MÁTER:** Arenito de granulação grosseira e desigual; contém micas; pobre em argila

**VEGETAÇÃO:** Cerradinho velho sub-xerófito

**TIPO DO SOLO:** Elúvio. Nome popular: Terra clara arenosa

Colheita fisicamente possível (Sekera): 25%



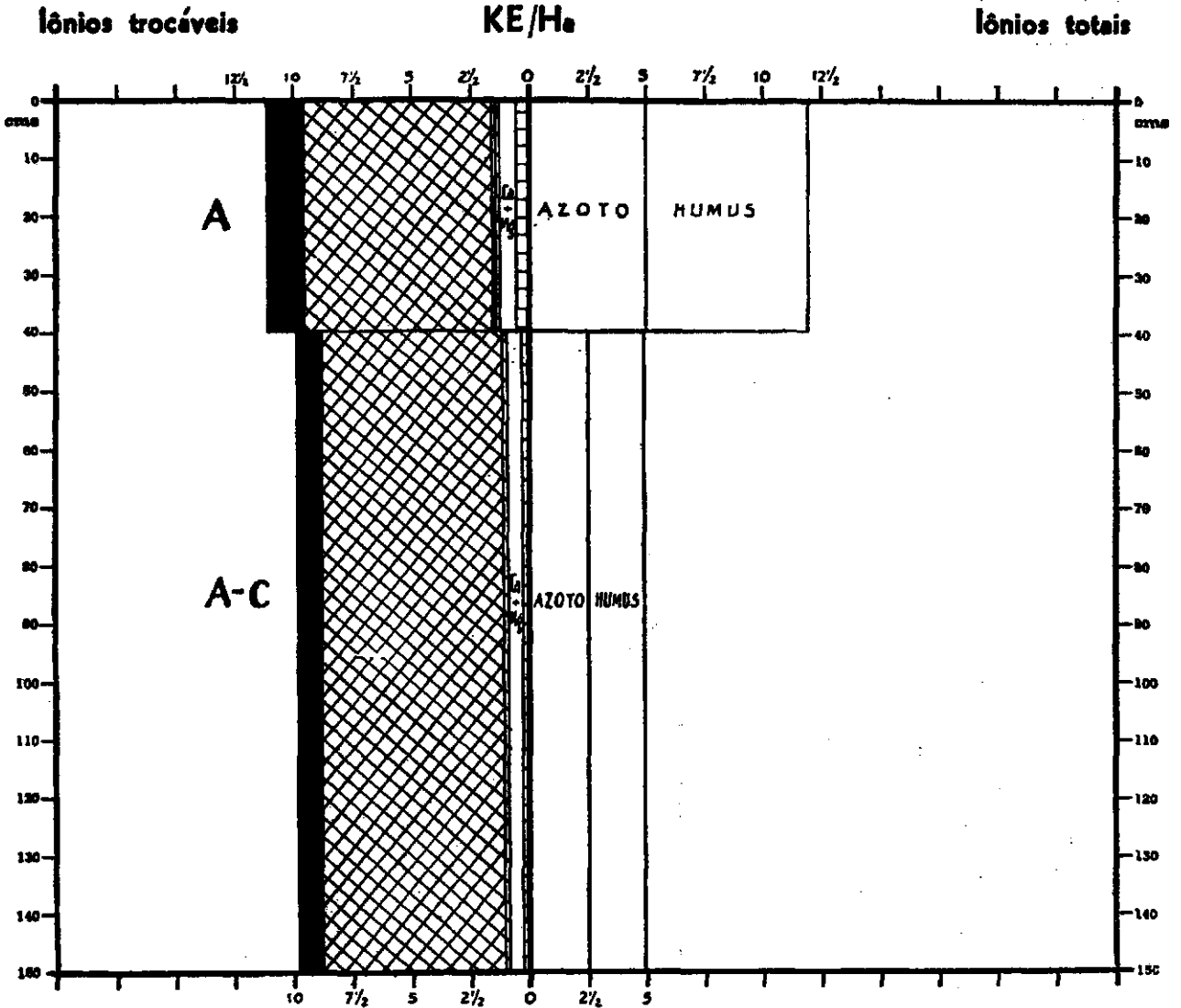
Água inativa	Água sem valor
Água osmótica disponível	Água acidentalmente nociva
Água acidentalmente disponível	Permeab. m.m/hora
	A    A-C
	5    1

# Diagrama n.º 22

## PERFIL TIPO 5

### DIAGRAMA VOLUMÉTRICO QUÍMICO

Escala : 1 cm<sup>2</sup> = 25 KE/Ha:



- PO<sub>4</sub>
- K+Na
- Mn
- H (acidez inócua)
- Al (acidez nociva)

Trocáveis

pH	internacional	A	A-C
	último (sol. KCl 2n)	4,8	4,6
		4,4	4,4

Índice C/N =  $\frac{13}{9}$

Relação K trocável + K total =  $\frac{24}{2} \%$

## Diagrama n.º 23 PERFIL TIPO 6

### DIAGRAMA VOLUMÉTRICO FÍSICO

**ALTITUDE:** 500 a 750 m

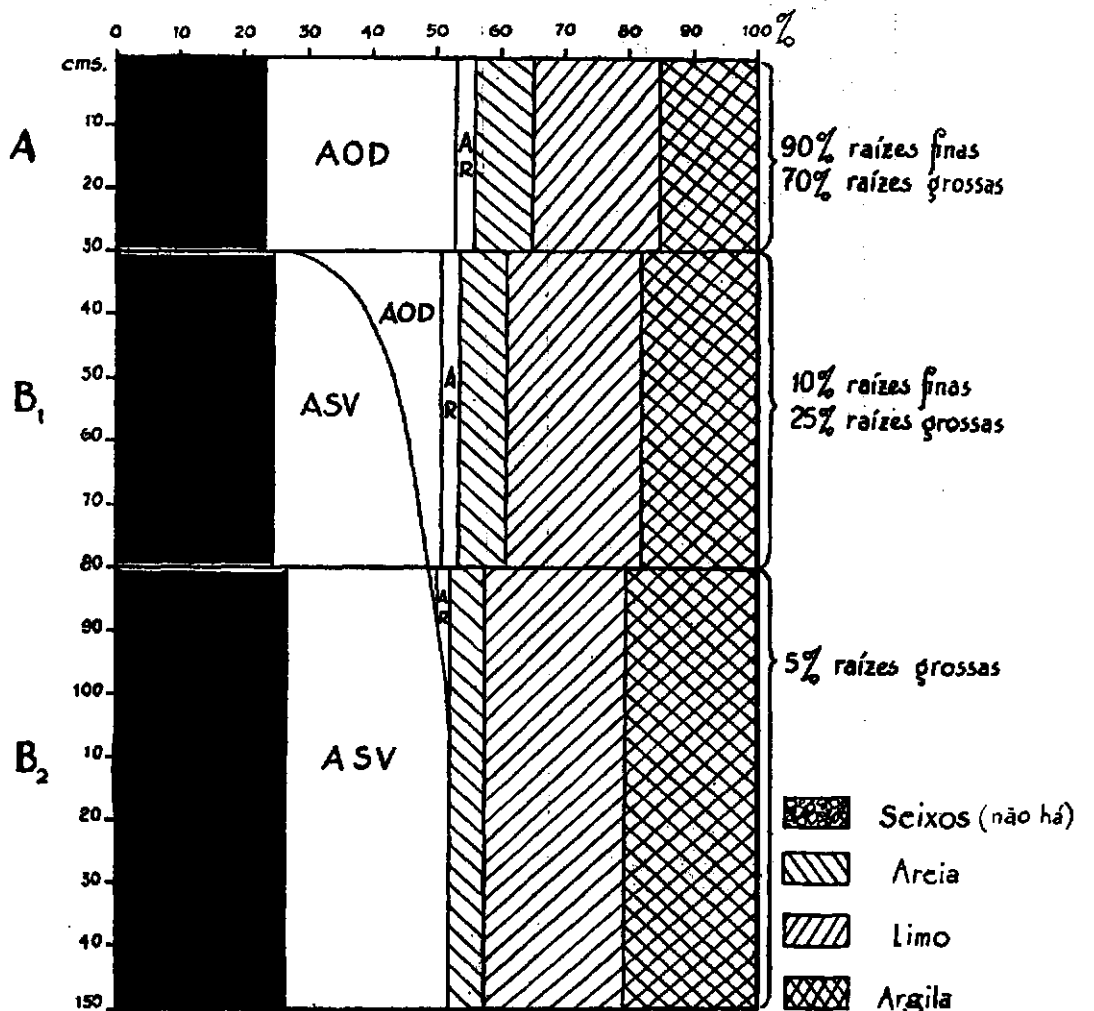
**ZONA GEOLÓGICA:** Série Itararé-Tubarão; Permo-Carbonífero; Fácies glacial e flúvio-lacustre

**ROCHA-MÁTER:** Folhelhos; Argilitos; Tilitos e Varvitos argilosos

**VEGETAÇÃO:** Capoeira velha, precedida por queimadas

**TIPO DO SOLO:** Elúvio, Nome popular: Terra argilosa

Colheita fisicamente possível (Sekera) 40%



1 cm<sup>2</sup> = 10 mm. Chuva =

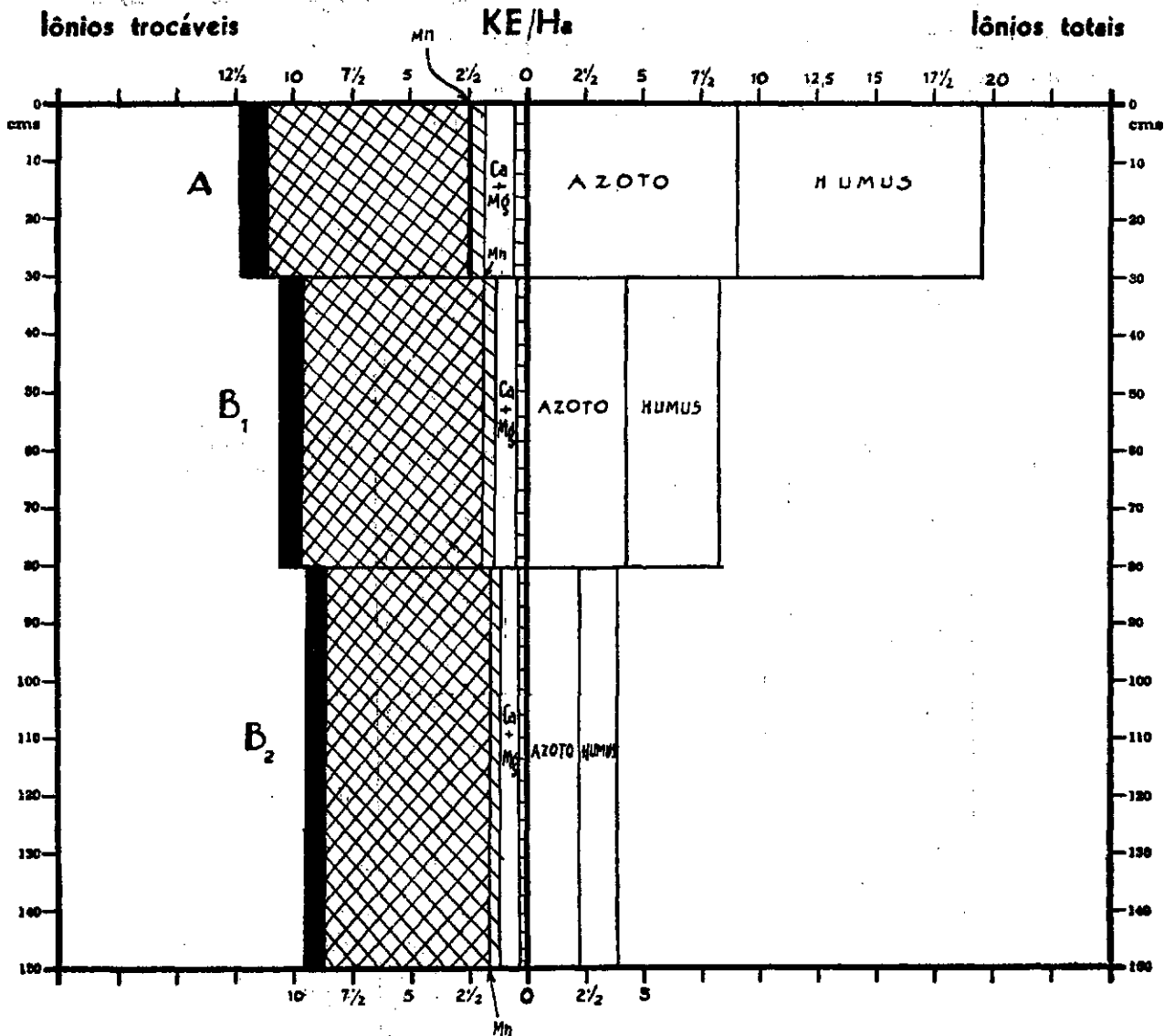
- |   |   |
|---|---|
| <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px; background-color: black; display: inline-block; margin-right: 5px;"></div> Água inativa   | <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px; background: repeating-linear-gradient(45deg, transparent, transparent 2px, black 2px, black 4px); display: inline-block; margin-right: 5px;"></div> Água sem valor (inexistente) - Ar |
| <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px; background-color: white; display: inline-block; margin-right: 5px;"></div> Água osmótica disponível   | <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px; background: radial-gradient(circle, black 1px, transparent 1px); background-size: 4px 4px; display: inline-block; margin-right: 5px;"></div> Água acidentalmente nociva               |
| <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px; background: repeating-linear-gradient(-45deg, transparent, transparent 2px, black 2px, black 4px); display: inline-block; margin-right: 5px;"></div> Água acidentalmente disponível | Permeab. mm/hora <b>A</b> <b>B<sub>1</sub></b> <b>B<sub>2</sub></b><br>0,002    0    0  |

# Diagrama n.º 24

## PERFIL TIPO 6

### DIAGRAMA VOLUMÉTRICO QUÍMICO

Escala: 1 cm<sup>2</sup> = 25 KE/Ha:



- PO<sub>4</sub>
- K+Na
- Mn
- H (acidez inócua)
- Al (acidez nociva)

Trocáveis

pH { internacional  
último (sol. KCl 2n)

	A	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>
pH internacional	5,2	4,9	4,7
pH último (sol. KCl 2n)	4,5	4,6	4,7

Índice c/N =  $\frac{11}{9}$

Relação K trocável ÷ K total =  $\frac{8}{5} \%$



# Diagrama n.º 25

## PERFIL TIPO 7

### DIAGRAMA VOLUMÉTRICO FÍSICO

**ALTITUDE:** 500 - 700 m

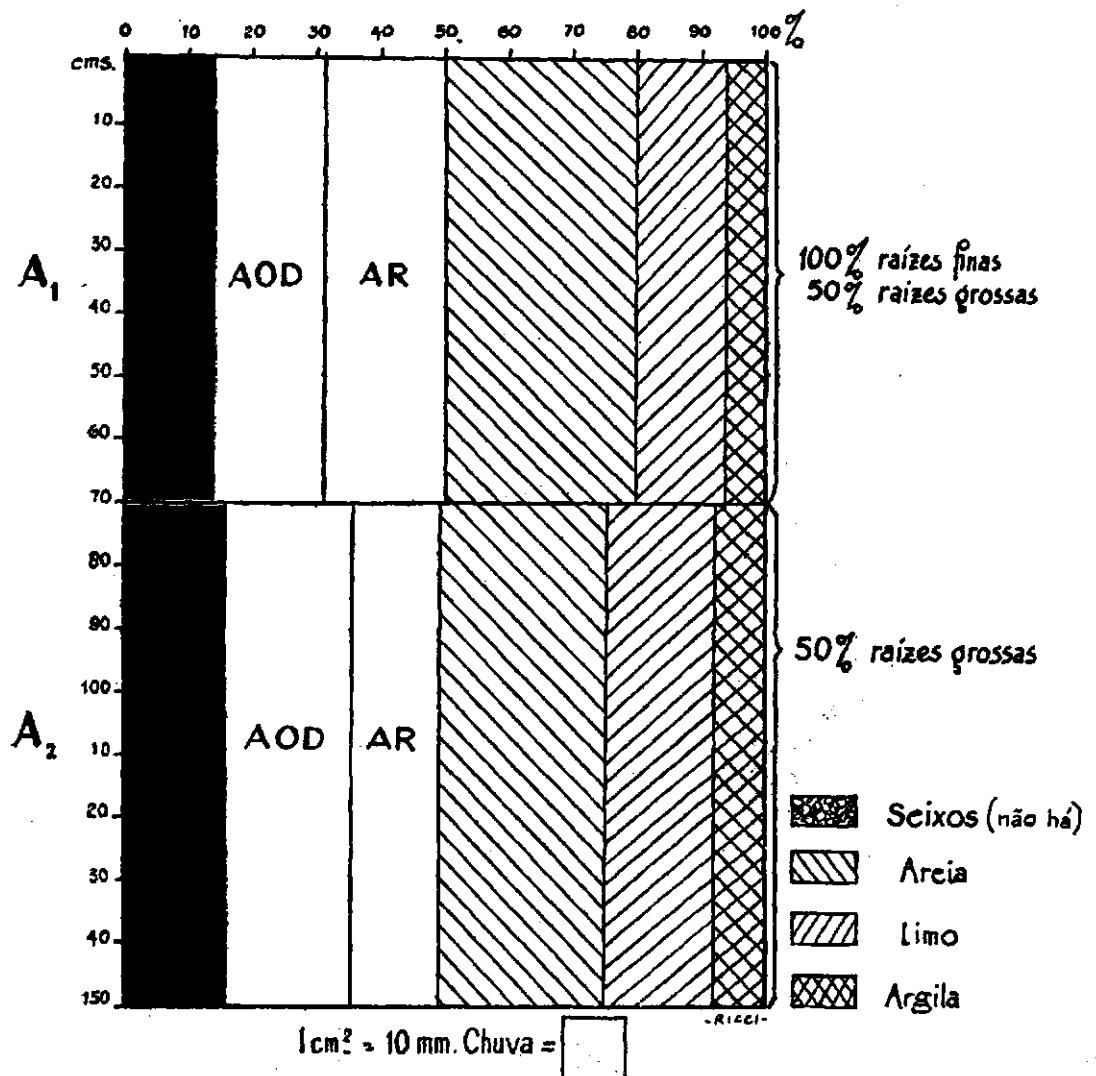
**ZONA GEOLÓGICA:** Série Itararé-Tubarão; Permo-Carbonífero; Fácies glacial e flúvio-lacustre

**ROCHA-MÁTER:** Arenitos, Tilitos, Varvitos e Conglomerados arenosos

**VEGETAÇÃO:** Cerrado velho, precedido por queimadas

**TIPO DO SOLO:** Elúvio. Nome popular: "Catanduva", Terra arenosa

Colheita fisicamente possível (Sekera): 55%



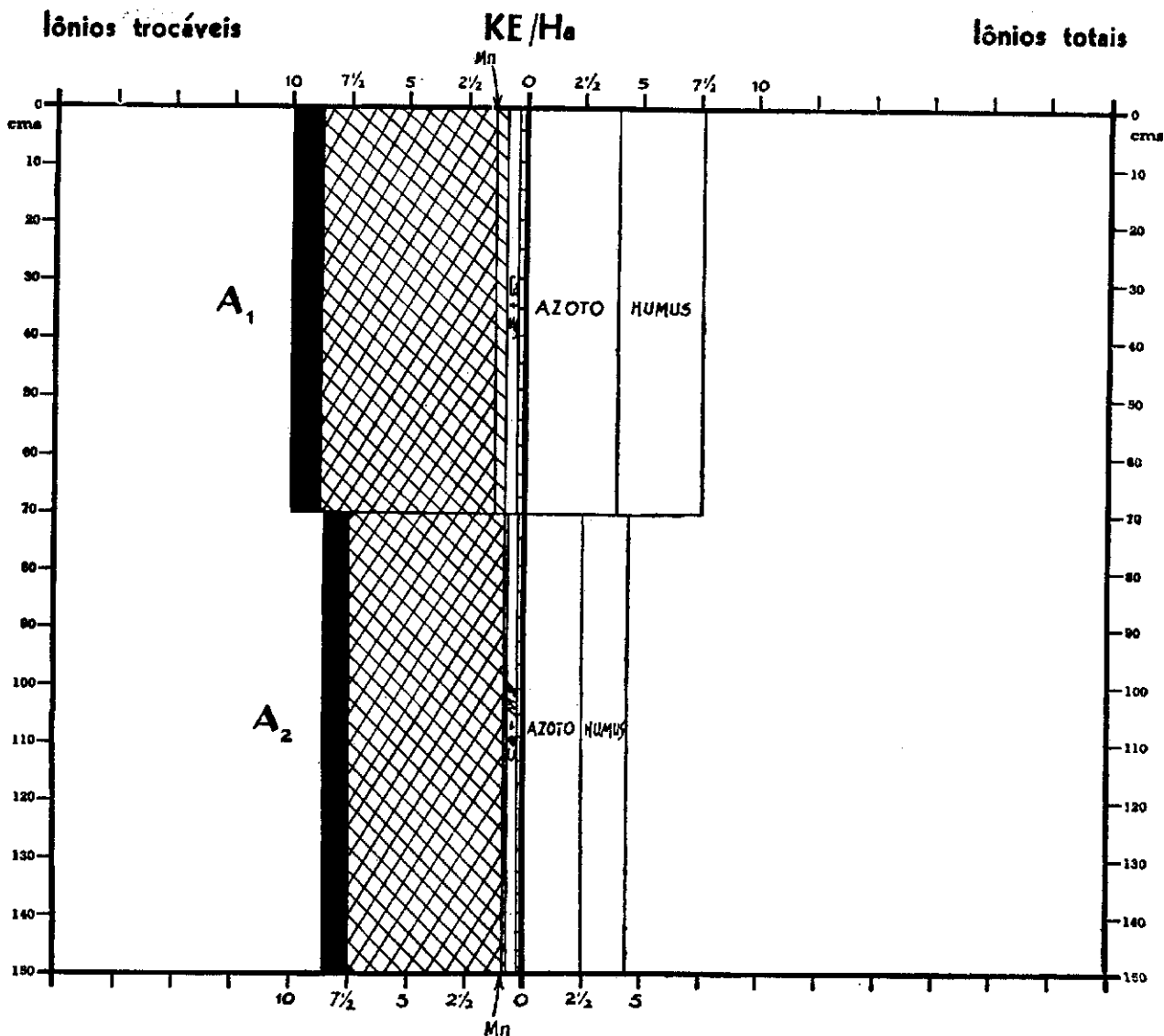
- Água inativa
- ASV Água sem valor
- AOD Água osmótica disponível
- Água acidentalmente nociva
- Água acidentalmente disponível
- Permeab. mm/hora: A<sub>1</sub> A<sub>2</sub>  
0,5 0,7

# Diagrama n.º 26

## PERFIL TIPO 7

### DIAGRAMA VOLUMÉTRICO QUÍMICO

Escala : 1 cm<sup>2</sup> = 25 KE/Ha =



- PO<sub>4</sub>
- K+Na
- Mn
- H (acidez inócua)
- Al (acidez nociva)

Trocáveis

pH  $\left\{ \begin{array}{l} \text{internacional} \\ \text{último (sol. KCl 2n)} \end{array} \right.$

	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>
internacional	4,8	4,5
último (sol. KCl 2n)	4,3	4,4

Índice C/N =  $\frac{9}{7}$

Relação K trocável ÷ K total =  $\frac{4}{5} \%$

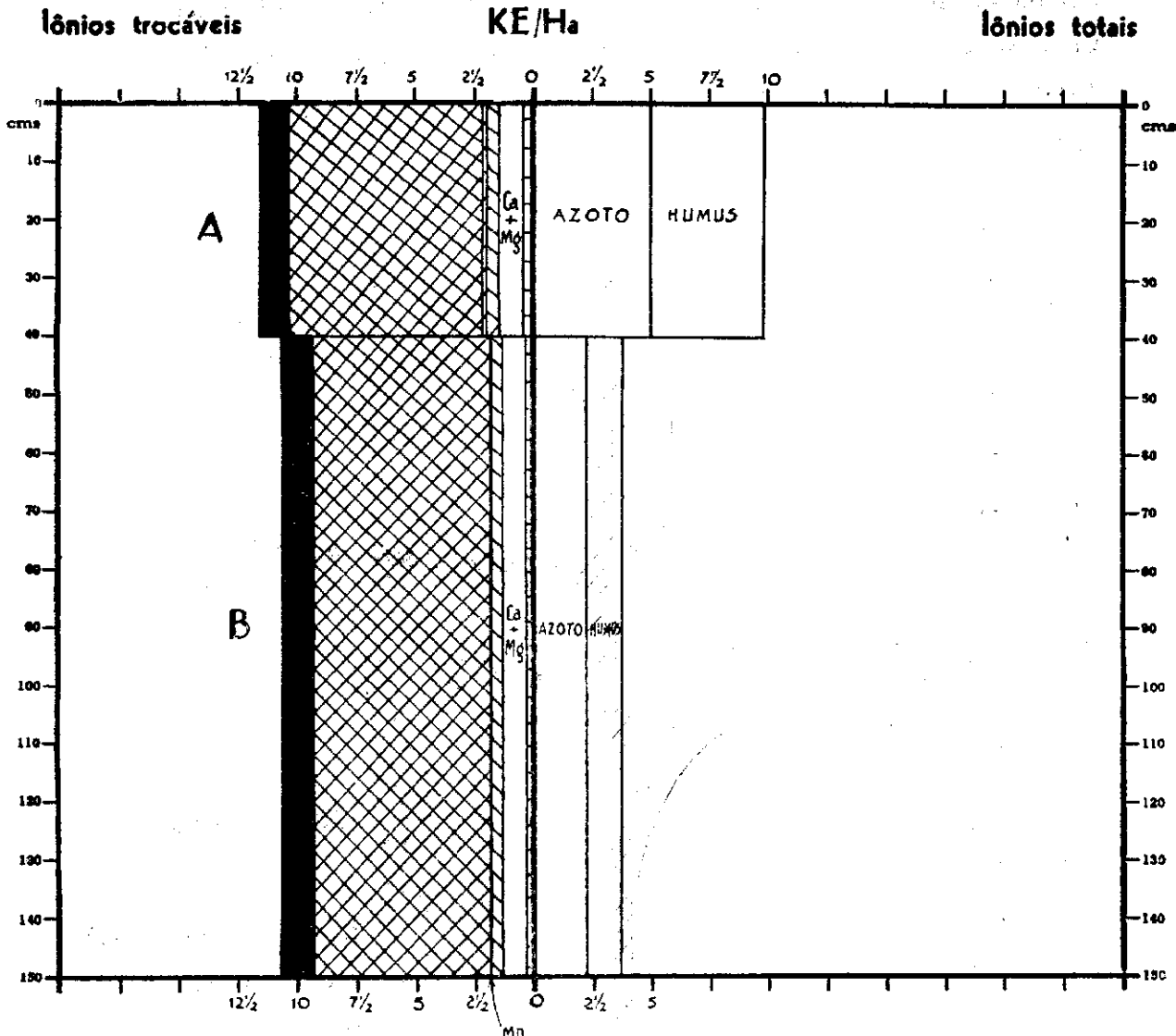


# Diagrama n.º 28

## PERFIL TIPO 8

### DIAGRAMA VOLUMÉTRICO QUÍMICO

Escala : 1 cm<sup>2</sup> = 25 KE/Ha =



- PO<sub>4</sub>
- K+Na
- Mn
- H (acidez inócua)
- Al (acidez nociva)

Trocáveis

pH	internacional	A	B
	último (sol. KCl 2n)	5,0	4,8
		4,4	4,5

Índice C/N =  $\frac{9}{6\frac{1}{2}}$

Relação K trocável ÷ K total =  $\frac{7}{5} \%$

# Diagrama n.º 29

## PERFIL TIPO 9

### DIAGRAMA VOLUMÉTRICO FÍSICO

**ALTITUDE:** 450 a 650 m

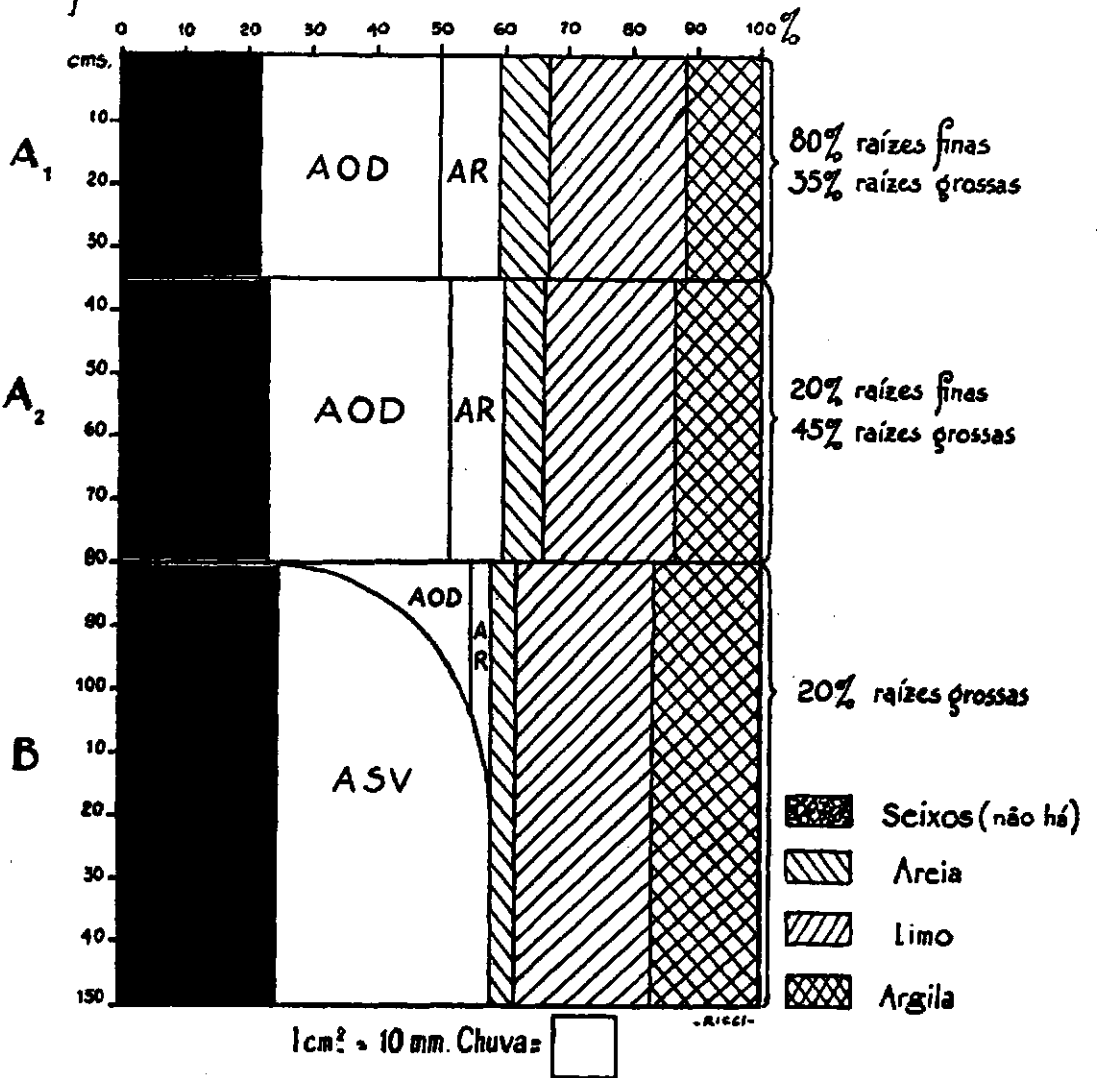
**ZONA GEOLÓGICA:** Andares Corumbataí e Itatí da Série Passa-Dois, permo-triássica

**ROCHA-MÁTER:** Folhelhos pouco calcáreos; folhelhos calcáreos em boa parte silicificados

**VEGETAÇÃO:** Capoeira velha ou Cerradão fechado, precedidos por queimadas

**TIPO DO SOLO:** Elúvio. Nomes populares: 'Sangue de Tatú' e Terra argilosa

Colheita fisicamente possível (Sekera): 45%



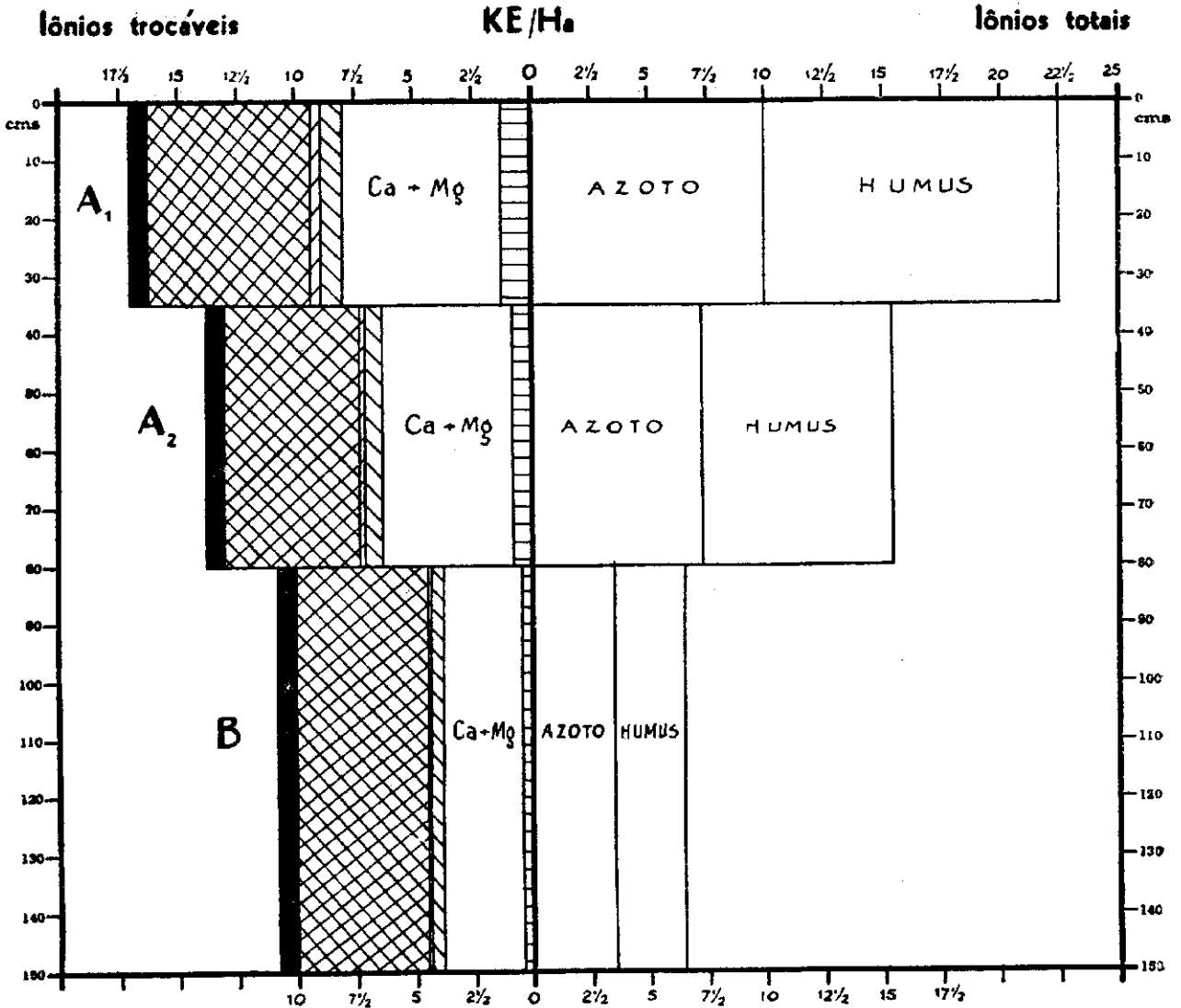
- |                                |  |
|--------------------------------|--|
| Água inativa                   | Água sem valor (inexistente) = Ar                  |
| Água osmótica disponível       | Água acidentalmente nociva                         |
| Água acidentalmente disponível | Permeab. mm/hora                                   |
|                                | A <sub>1</sub> 0,01    A <sub>2</sub> 0,005    B 0 |

# Diagrama n.º 30

## PERFIL TIPO 9

### DIAGRAMA VOLUMÉTRICO QUÍMICO

Escala : 1 cm<sup>2</sup> = 25 KE/Ha =



- PO<sub>4</sub>
- K + Na
- Mn
- H (acididez inócua)
- Al (acididez nociva)

Trocáveis

pH	internacional	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	B
	último (sol. KCl 2n)	5,8	5,6	5,2
		4,8	4,9	5,0

Índice C/N =  $\frac{12}{8} \times \frac{10}{10} = 1,5$

Relação K trocável ÷ K total =  $\frac{10}{4} = 2,5$

# Diagrama n.º 31

## PERFIL TIPO 10

### DIAGRAMA VOLUMÉTRICO FÍSICO

**ALTITUDE:** 450 a 650 m

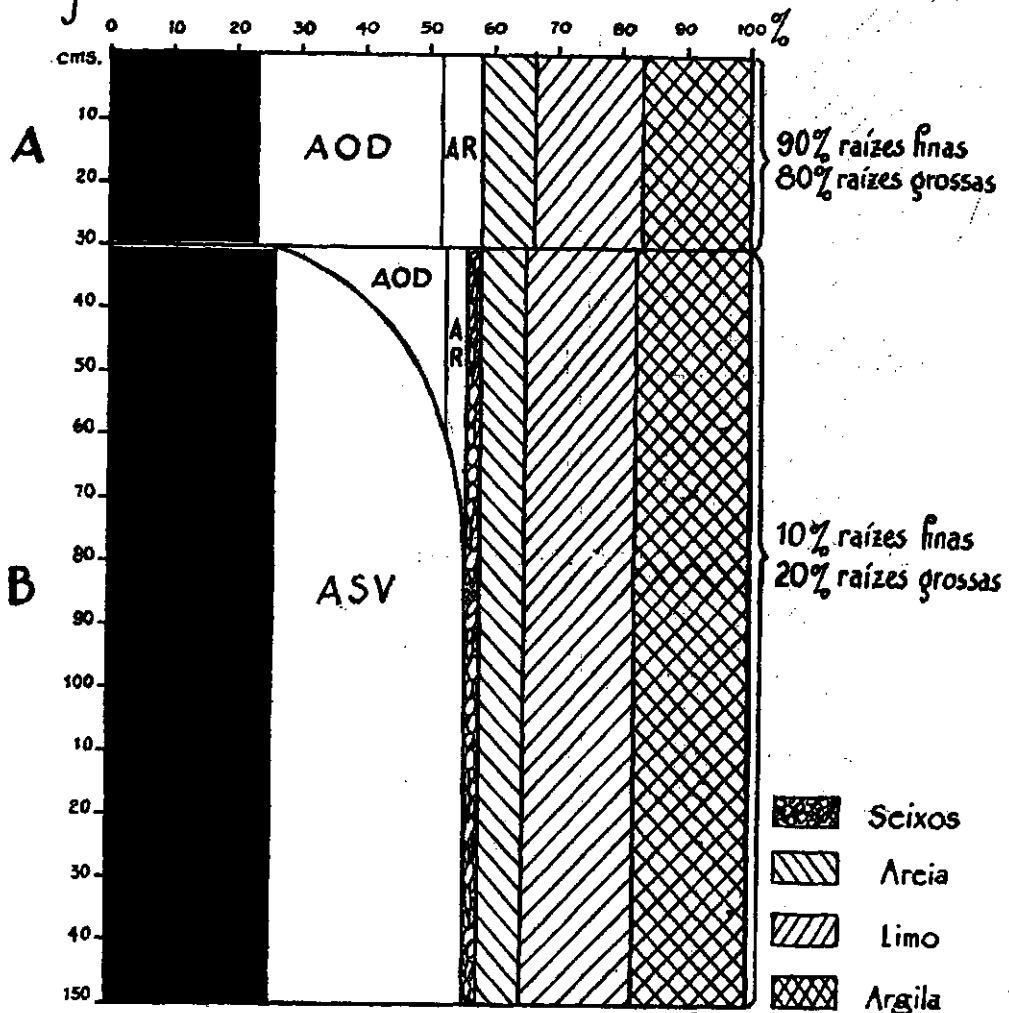
**ZONA GEOLÓGICA:** Andares Corumbataí e Irati da Série Passa-Dois, permo-triássica

**ROCHA-MÁTER:** Calcáreos; Folhelhos calcáreos; silicificação incipiente

**VEGETAÇÃO:** Capoeira muito fechada, precedida pela exploração com queimadas

**TIPO DO SOLO:** Elúvio. Nome popular: Terra clara rica

Colheita fisicamente possível (Sekera): 42%



1cm<sup>2</sup> = 10 mm. Chuva =

- Água inativa
- Água osmótica disponível
- Água acidentalmente disponível
- Água sem valor (inexistente) = Ar
- Água acidentalmente nociva
- Permeab. m m / hora

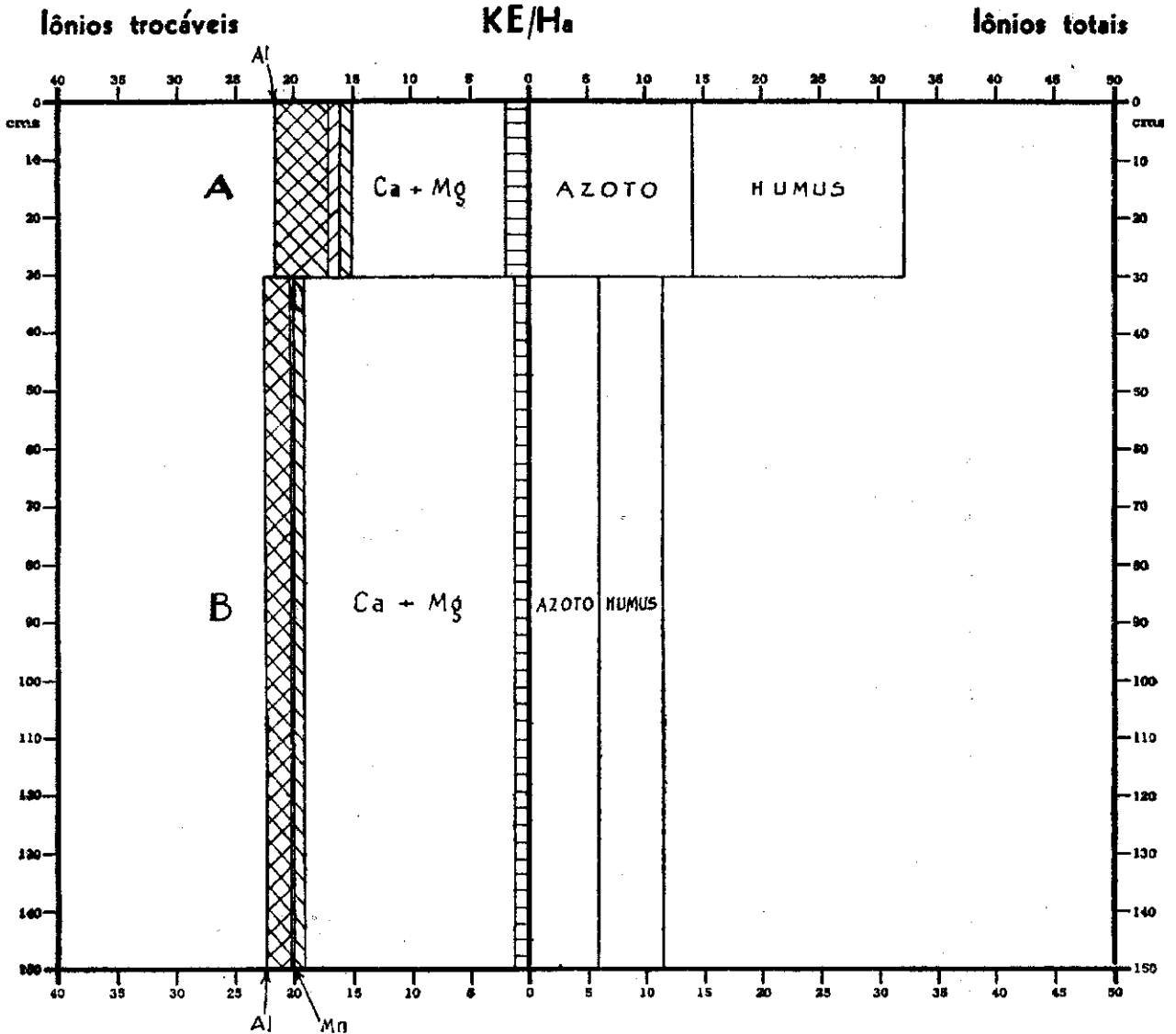
A B  
0,01 0

# Diagrama n.º 32

## PERFIL TIPO 10

### DIAGRAMA VOLUMÉTRICO QUÍMICO

Escala : 1 cm<sup>2</sup> = 50 KE/Ha =



- PO<sub>4</sub>
- K+Na
- Mn
- H (acidez inócua)
- Al (acidez nociva)

Trocáveis

pH	internacional	A	B
	último (sol. KCl 2n)	7,0	7,3
		6,2	6,6

Índice C/N =  $\begin{cases} 12\frac{1}{2} \\ 8\frac{1}{2} \end{cases}$

Relação K trocável ÷ K total =  $\left\{ \begin{matrix} 7 \\ 5 \end{matrix} \right\} \%$



# Diagrama n.º 33

## PERFIL TIPO 11

### DIAGRAMA VOLUMÉTRICO FÍSICO

ALTITUDE: 230 a 950 m

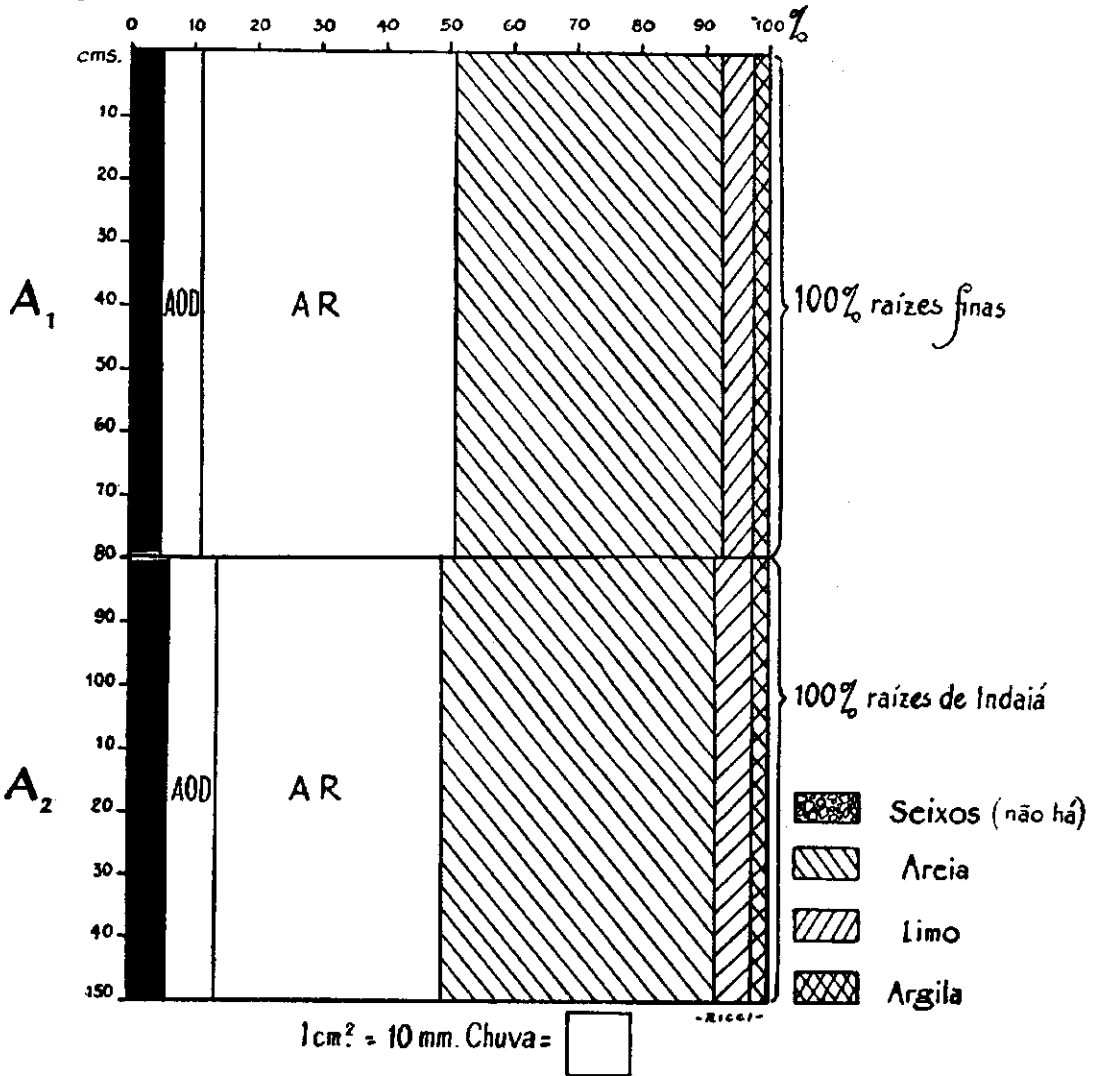
ZONA GEOLÓGICA: Série de S. Bento. Triássico. Fácies terrígeno

ROCHA-MÁTER: Arenito eólico Botucatu

VEGETAÇÃO: Campo Cerrado velho, raramente queimado

TIPO DO SOLO: Elúvio. Nome popular: Terra arenosa, arisca, areia vermelha

Colheita fisicamente possível (Sekera): 27%



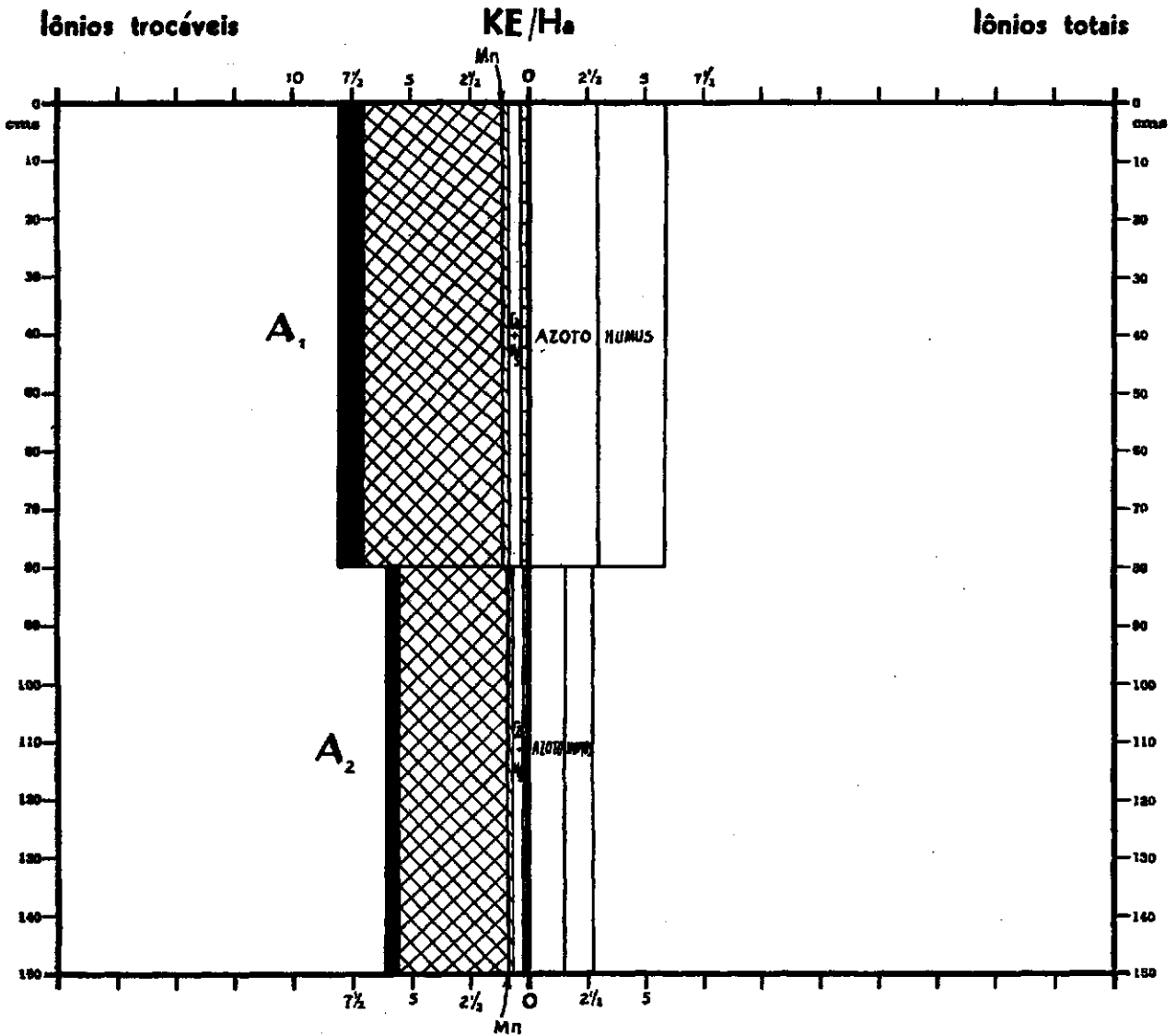
- |                                |                            |
|--------------------------------|----------------------------|
| Água inativa                   | Água sem valor             |
| Água osmótica disponível       | Água acidentalmente nociva |
| Água acidentalmente disponível | Permeab. mm/hora           |
|                                | A <sub>1</sub> 1000        |
|                                | A <sub>2</sub> 100         |

# Diagrama n.º 34

## PERFIL TIPO 11

### DIAGRAMA VOLUMÉTRICO QUÍMICO

Escala : 1 cm<sup>2</sup> = 25 KE/Ha =



- PO<sub>4</sub>
- K+Na
- Mn
- H (acidez inócua)
- Al (acidez nociva)

Trocáveis

pH { internacional último (sol. KCl 2n)	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>
	4,5	4,8
	4,1	4,2

Índice  $\frac{c}{N} = \left\{ \frac{9}{8} \right.$

Relação K trocável ÷ K total =  $\left\{ \frac{5\frac{1}{2}}{2} \right\} \%$

# Diagrama n.º 35

## PERFIL TIPO 12

### DIAGRAMA VOLUMÉTRICO FÍSICO

**ALTITUDE:** 270 a 950 m

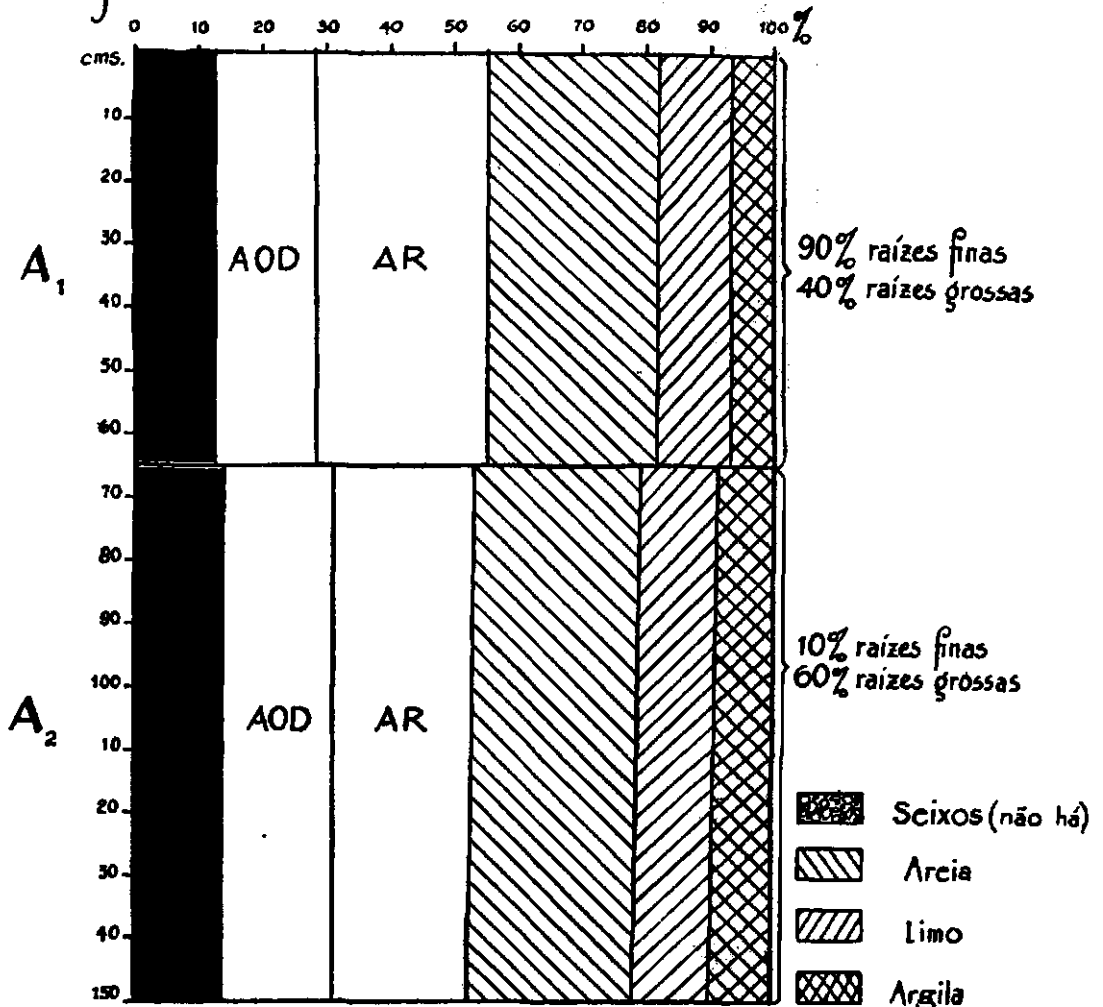
**ZONA GEOLÓGICA:** Série de S. Bento. Triássico. Fácies terrígeno

**ROCHA-MÁTER:** Arenito eólico Botucatu com influência de lavas básicas

**VEGETAÇÃO:** Cerradinho velho, precedido por algumas queimadas e pastagem fraca

**TIPO DO SOLO:** Elúvio. Nome popular: Terra Roxa de Campo

Colheita fisicamente possível (Sekera): 50%



1cm² = 10 mm. Chuva =

- Água inativa
- Água osmótica disponível
- Água acidentalmente disponível
- ASV Água sem valor
- Água acidentalmente nociva

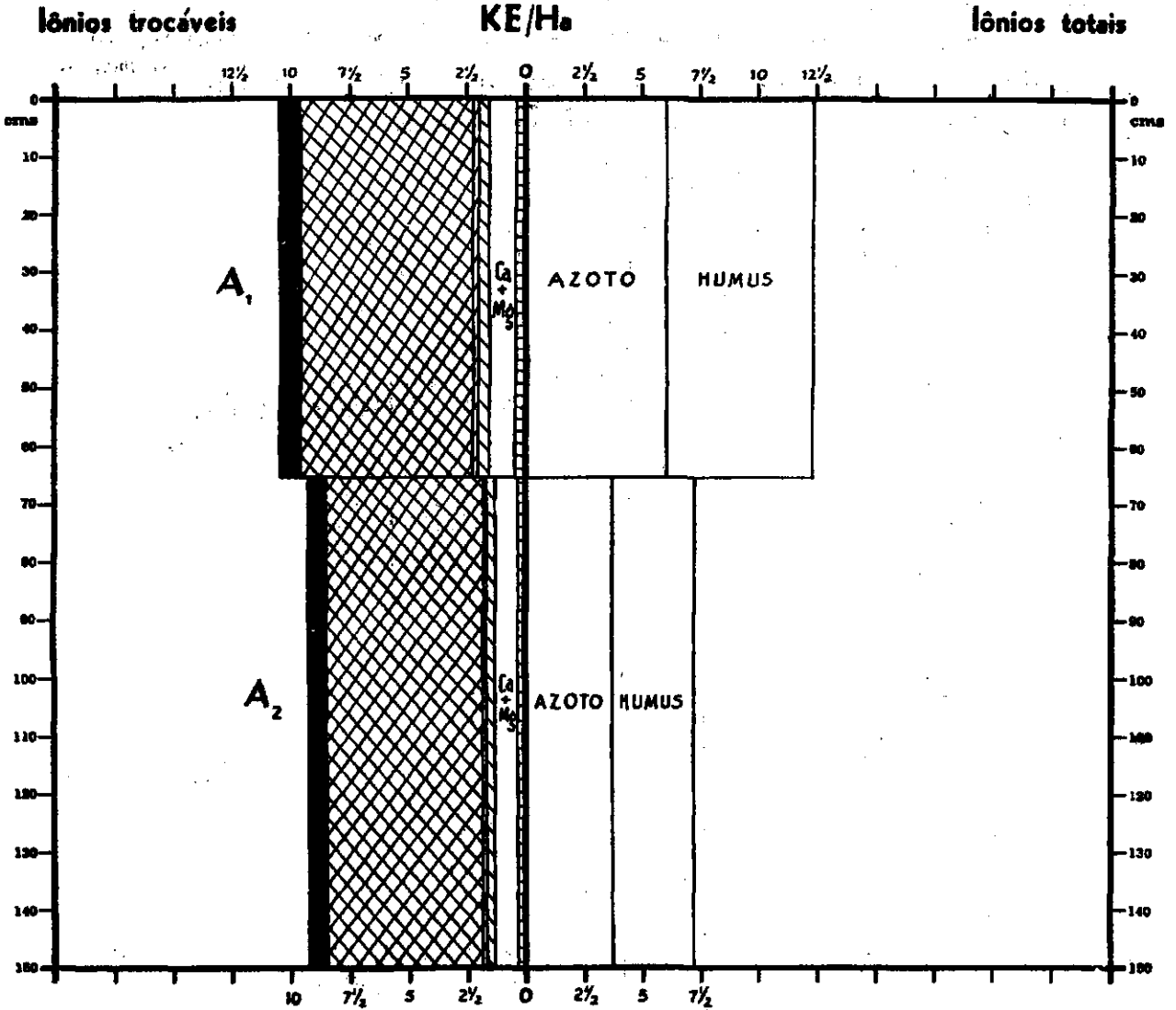
Permeab. mm/hora  $A_1$   $A_2$   
10 2

# Diagrama n.º 36

## PERFIL TIPO 12

### DIAGRAMA VOLUMÉTRICO QUÍMICO

Escala : 1 cm<sup>2</sup> = 25 KE/Ha =



- PO<sub>4</sub>
- K+Na
- Mn
- H (acidez inócua)
- Al (acidez nociva)

Trocáveis

pH	{	internacional	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>
		último (sol. KCl 2n)	5,0	4,9
			4,4	4,5

Índice C/N =  $\frac{10}{9}$

Relação K trocável + K total =  $\left\{ \begin{matrix} 7 \\ 4 \end{matrix} \right\} \%$

Diagrama n.º 37

PERFIL TIPO 13

DIAGRAMA VOLUMÉTRICO FÍSICO

**ALTITUDE:** 300 a 950 m

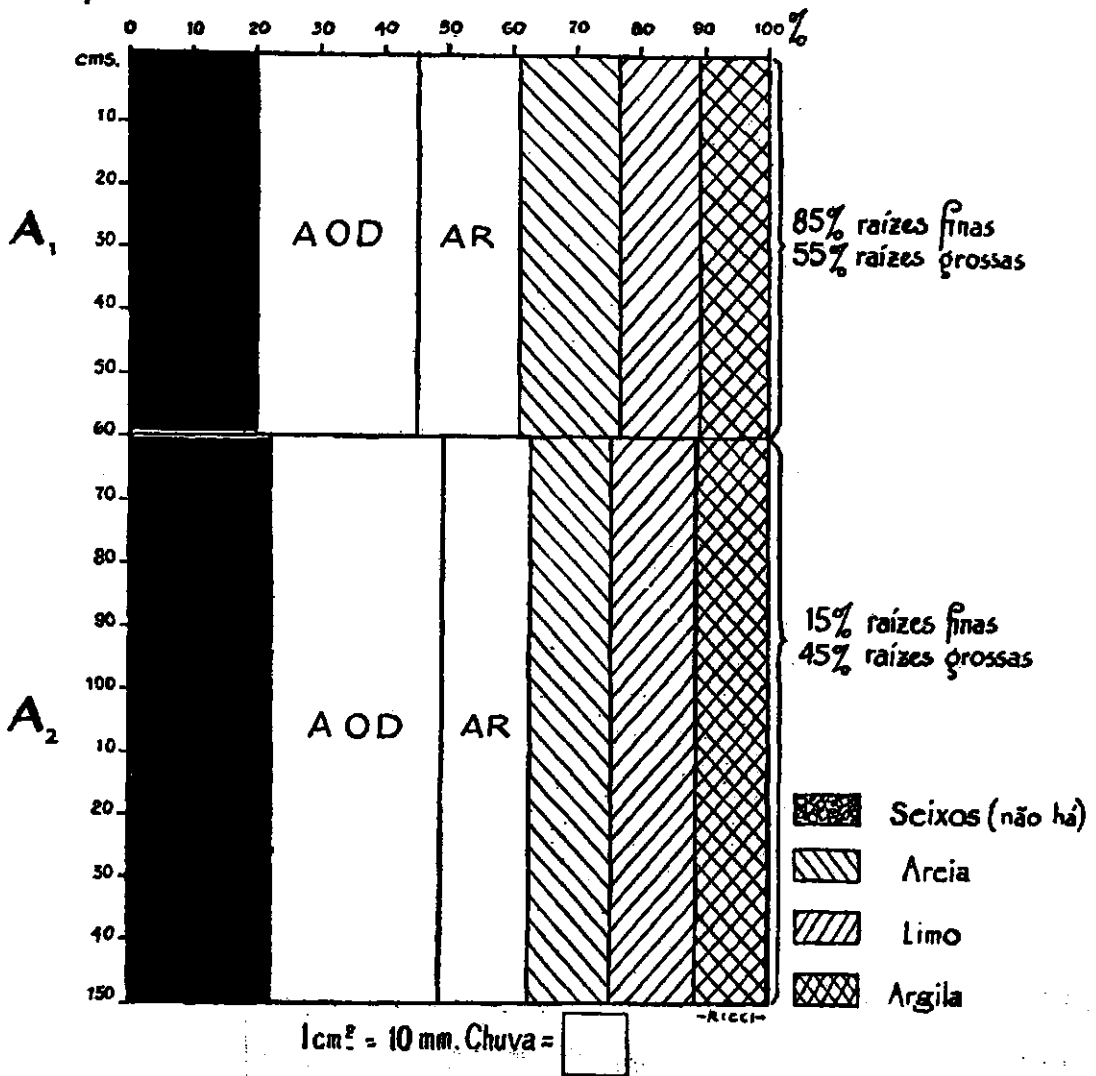
**ZONA GEOLÓGICA:** Série de S. Bento. Triássico. Fácies terrígeno

**ROCHA-MÁTER:** Diabásios e basaltitos c/ influência do arenito eólico Botucatu; Meláfros pouco silificados

**VEGETAÇÃO:** Cerradão alto e fechado, precedido por pouca exploração com queimadas.

**TIPO DO SOLO:** Elúvio. Nome popular. Terra Roxa Misturada

Colheita fisicamente possível (Sekera): 55%



Água inativa
  ASV Água sem valor

AOD Água osmótica disponível
  Água acidentalmente nociva

Água acidentalmente disponível
 Parneab. mm/hora
A<sub>1</sub>
A<sub>2</sub>

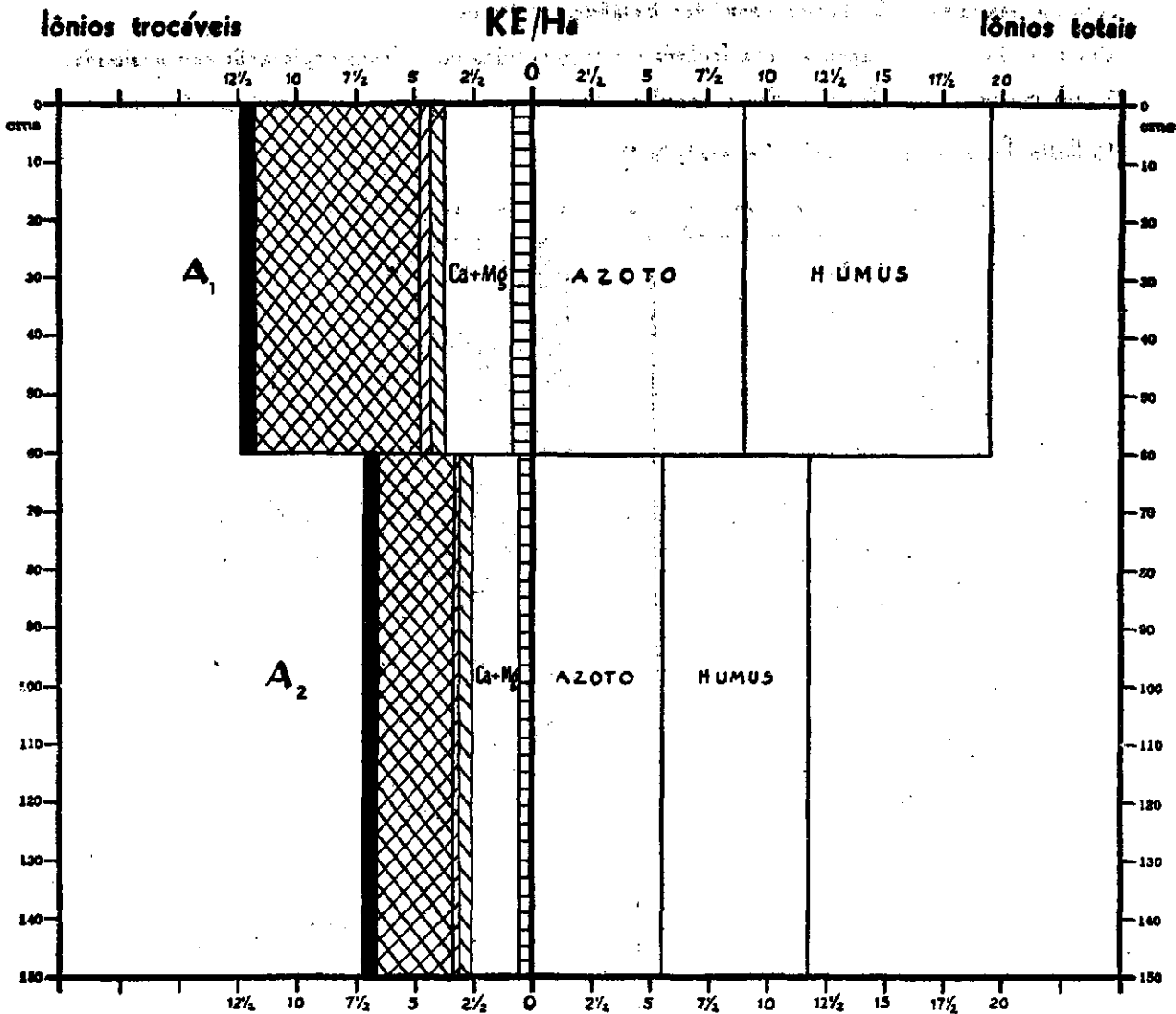
0,2
0,05

# Diagrama n.º 38

## PERFIL TIPO 13

### DIAGRAMA VOLUMÉTRICO QUÍMICO

Escala : 1 cm<sup>2</sup> = 25 KE/Ha



- PO<sub>4</sub>
- K+Na
- Mn
- H (acidez inócua)
- Al (acidez nociva)

Trocáveis

pH	internacional	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>
	último (sol. KCl 2n)	5,6	5,3
		4,6	4,7

Índice %N =  $\frac{11}{11}$

Relação K trocável + K total =  $\frac{7}{5} \%$

# Diagrama n.º 39

## PERFIL TIPO 14

### DIAGRAMA VOLUMÉTRICO FÍSICO

**ALTITUDE:** 350 a 800 m

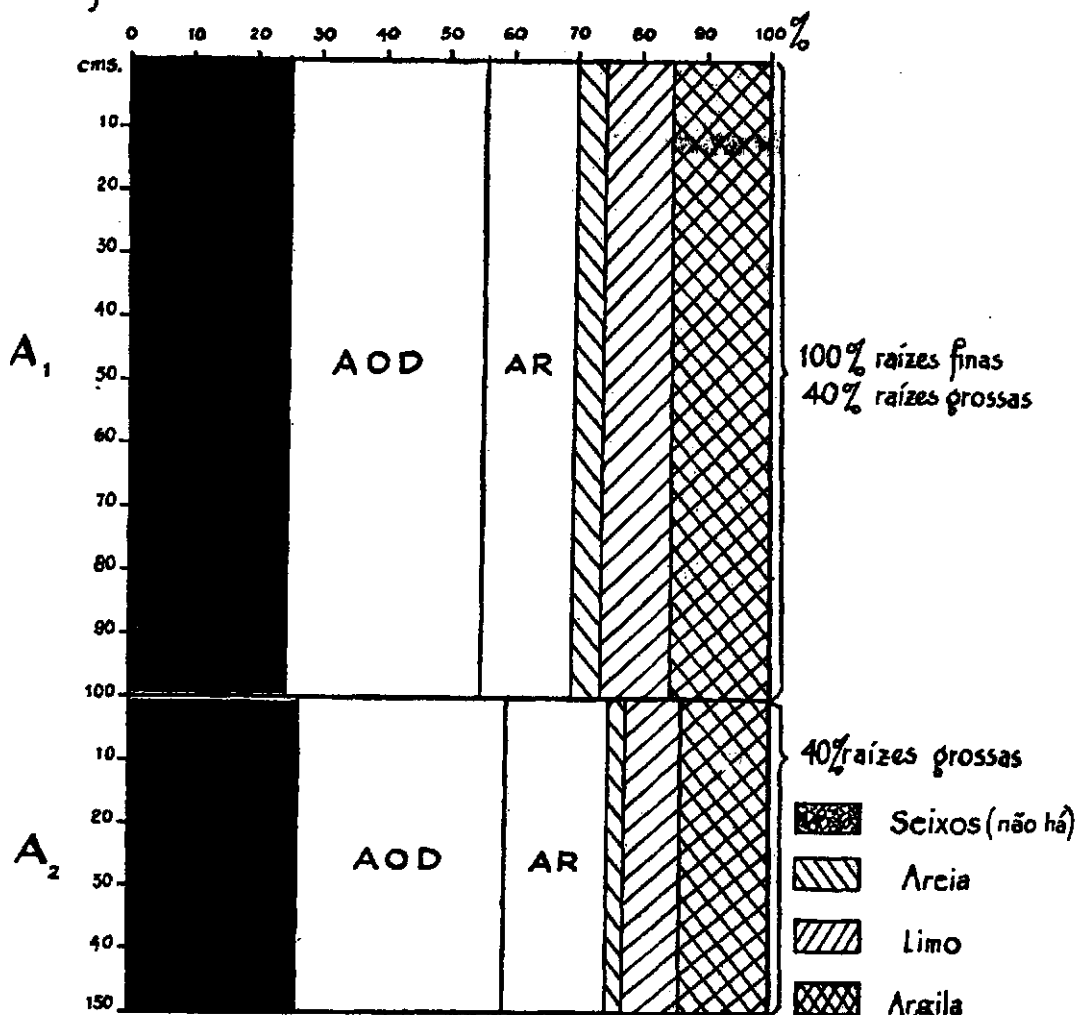
**ZONA GEOLÓGICA:** Série de S. Bento. Triássico. Extensos e possantes derrames de lavas básicas.

**ROCHA-MÁTER:** Diabásios, basaltitos; Meláfiros calcíferos

**VEGETAÇÃO:** Capoeira nova, fechada e alta, precedida por intensa exploração com queimadas

**TIPO DO SOLO:** Elúvio. Nome popular: Terra Roxa Leqítima, Encaroçada ou Apurada

Colheita fisicamente possível (Sekera): 80%



1cm<sup>2</sup> = 10 mm. Chuva =

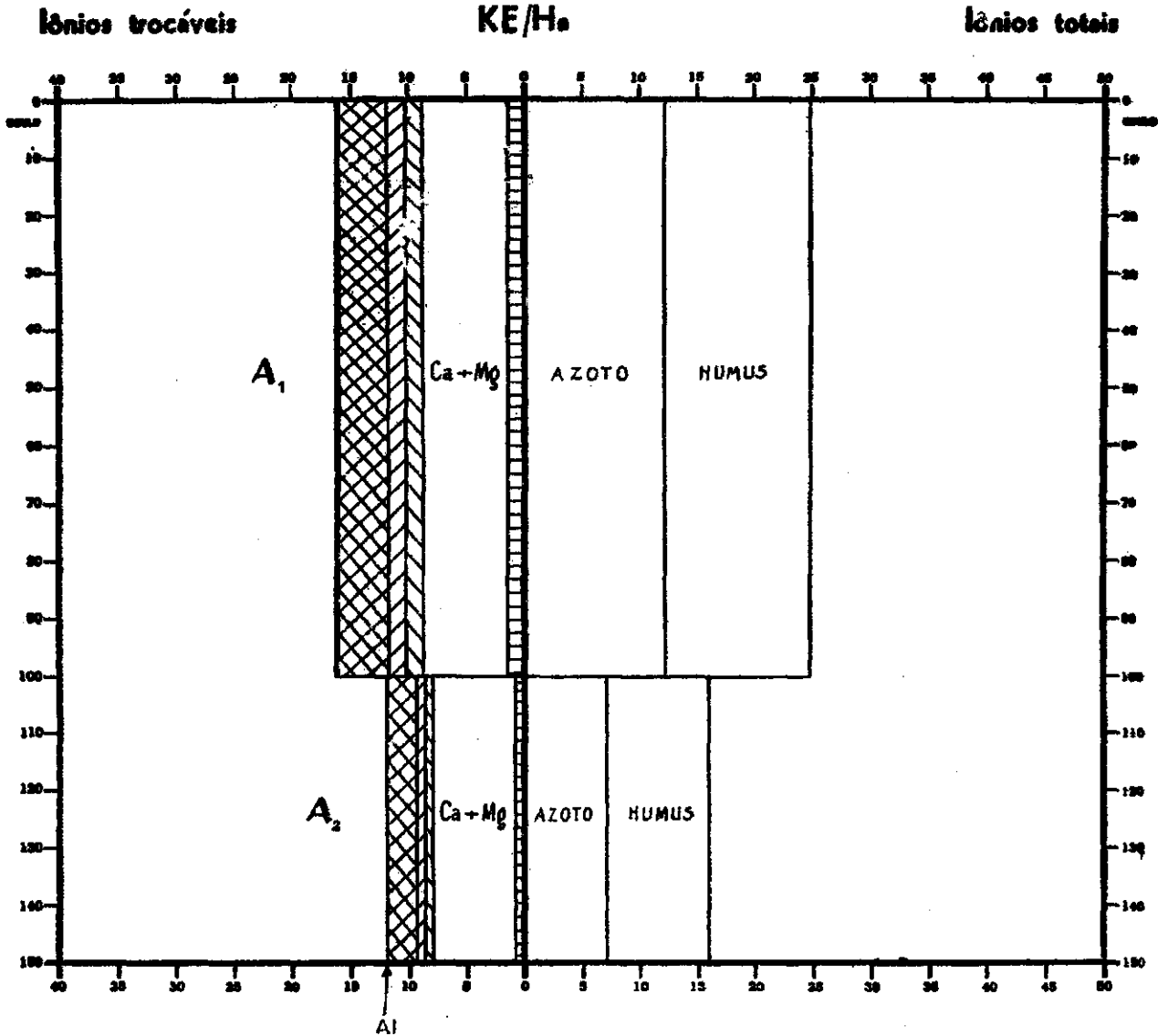
- Água inativa
- ASV Água sem valor
- AOD Água osmótica disponível
- Água acidentalmente nociva
- Água acidentalmente disponível
- Permeab. mm/hora A<sub>1</sub> 0,2 A<sub>2</sub> 0,1

## Diagrama n.º 40

### PERFIL TIPO 14

#### DIAGRAMA VOLUMÉTRICO QUÍMICO

Escala: 1 cm<sup>2</sup> = 50 KE/Ha =



- PO<sub>4</sub>
  - K+Na
  - Mn
  - H (acidez inócua)
  - Al (acidez nociva)  
(ausente A<sub>2</sub>)
- } Trocáveis

pH	{	internacional	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>
		último (sol. KCl 2n)	6,8	7,1
		5,5	6,2	

Índice %N =  $\frac{10}{12}$

Relação K trocável + K total =  $\left\{ \frac{9}{6} \right\} \%$



# Diagrama n.º 41

## PERFIL TIPO 15

### DIAGRAMA VOLUMÉTRICO FÍSICO

**ALTITUDE:** 220 a 640 m

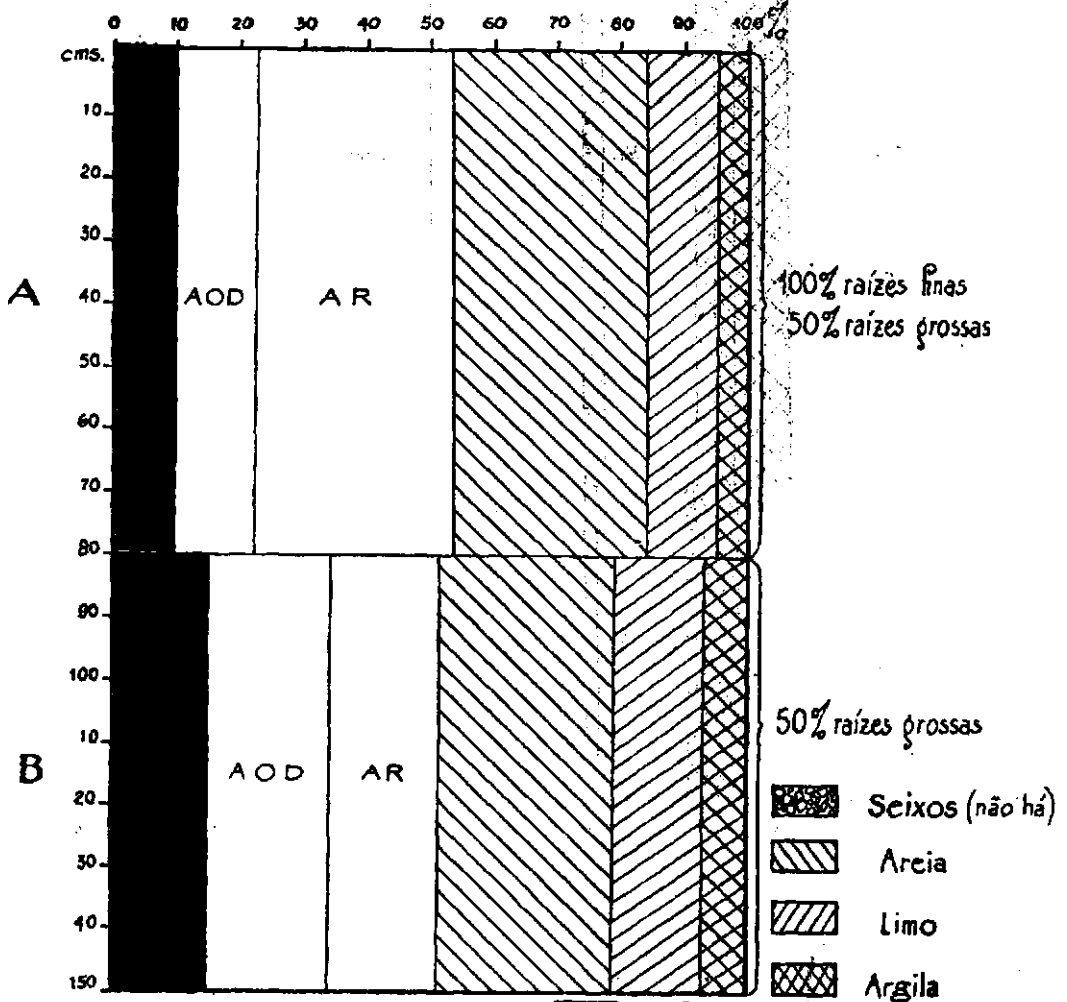
**ZONA GEOLÓGICA:** Depósitos cretáceos flúvio-lacustres Baurú

**ROCHA-MÁTER:** Arenitos contendo pouca argila e pobre em cálcio: Baurú Inferior

**VEGETAÇÃO:** Cerrado com árvores até 30 ou 40 cm de diâmetro, contendo elementos primários

**TIPO DO SOLO:** Elúvio. Nome popular: Terra Vermelha Arenosa

Colheita fisicamente possível (Sekera): 47%



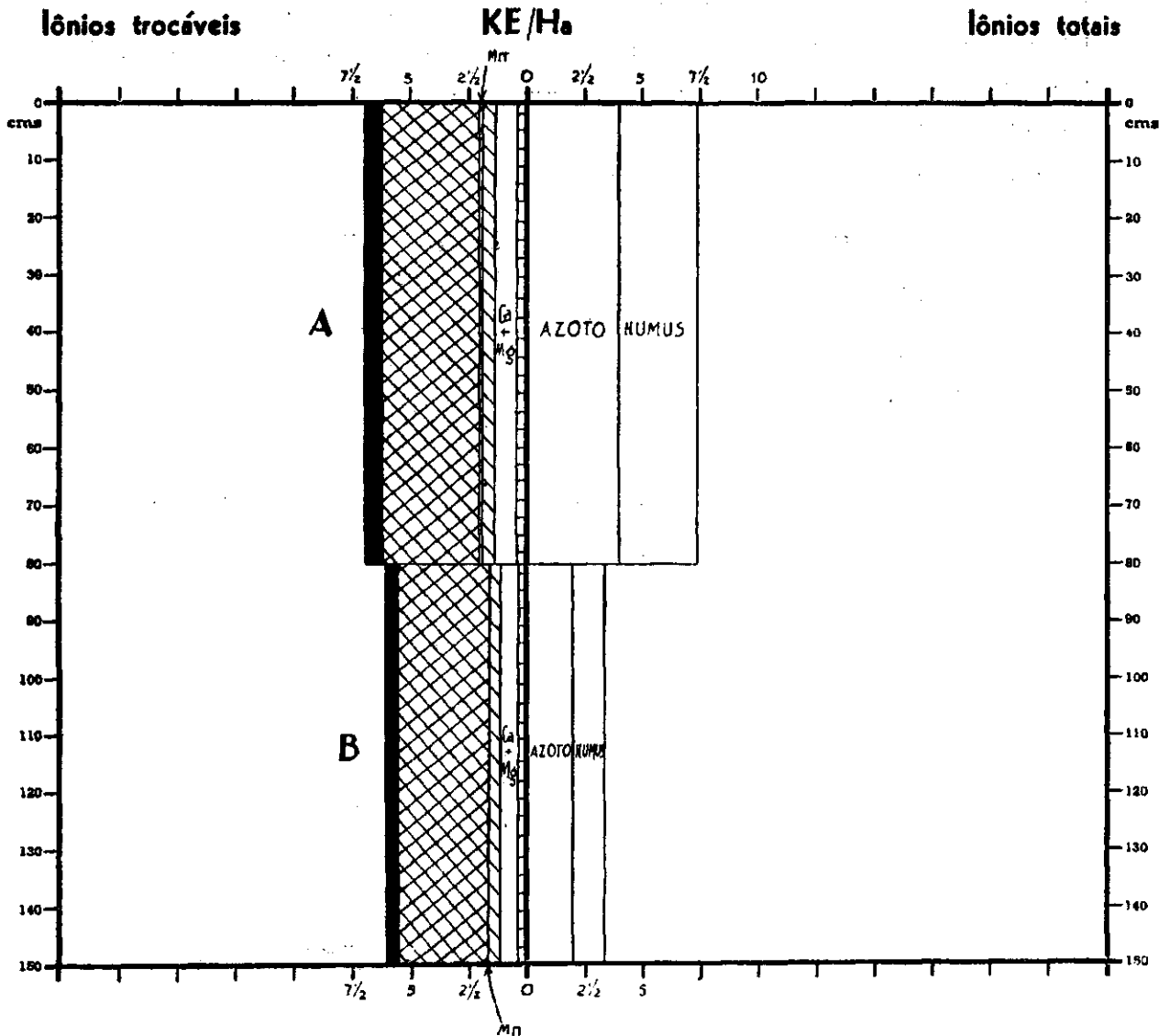
- Água inativa
- Água osmótica disponível
- Água acidentalmente disponível
- Água sem valor
- Água acidentalmente nociva
- Permeab. mm/hora **A** 13 **B** 0,1

# Diagrama n.º 42

## PERFIL TIPO 15

### DIAGRAMA VOLUMÉTRICO QUÍMICO

Escala : 1 cm<sup>2</sup> = 25 KE/Ha:



- PO<sub>4</sub>
  - K+Na
  - Mn
  - H (acidez inócua)
  - Al (acidez nociva)
- } Trocáveis

	A	B
pH { internacional	5,0	4,7
último (sol. KCl 2n)	4,4	4,5

Índice C/N =  $\frac{8}{6\frac{1}{2}}$

Relação K trocável ÷ K total =  $\frac{9}{8}$  %

## Diagrama n.º 43

## PERFIL TIPO 16

## DIAGRAMA VOLUMÉTRICO FÍSICO

**ALTITUDE:** 300 a 700 m

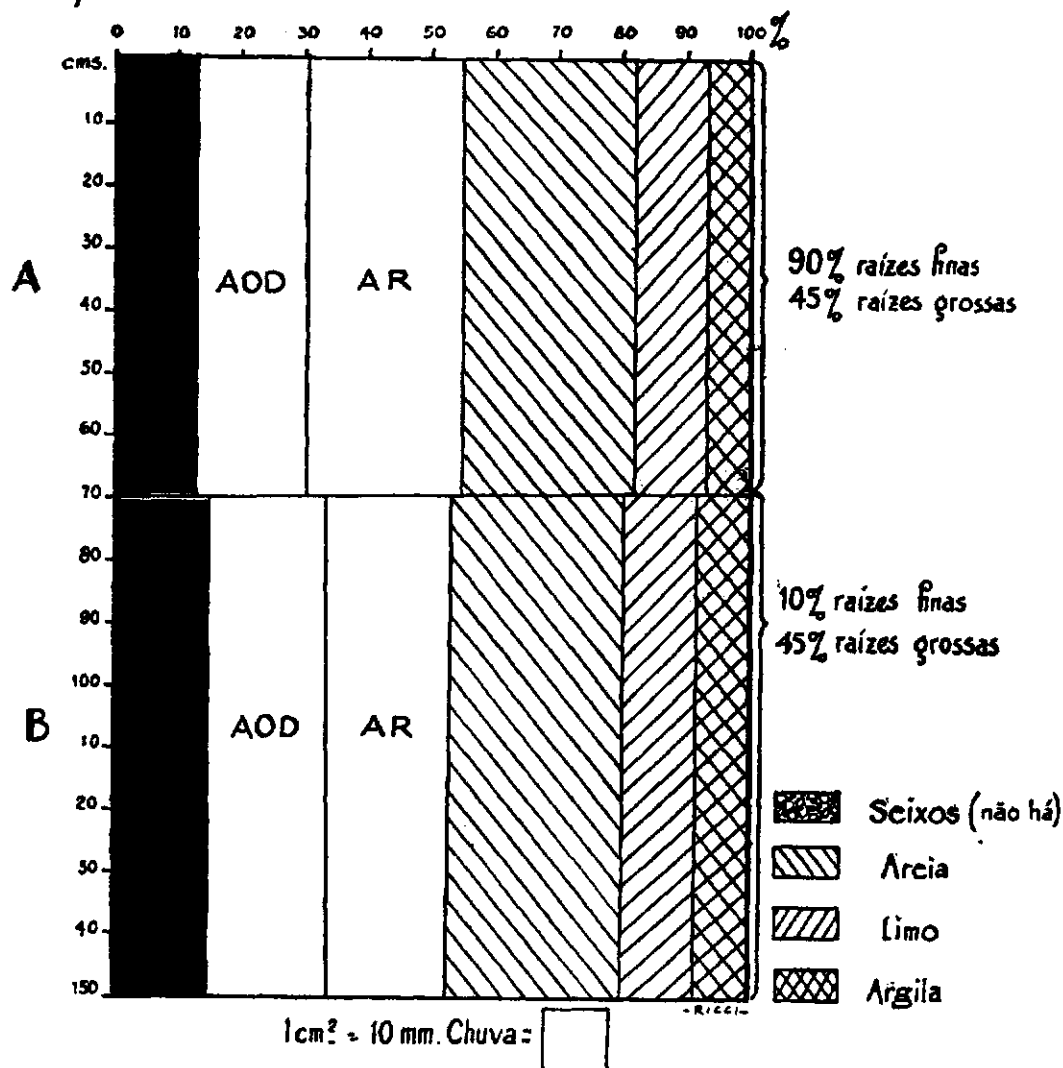
**ZONA GEOLÓGICA:** Depósitos cretáceos flúvio-lacustres. Baurú Superior

**ROCHA-MÃTER:** Arenitos com pouca argila calcárea; arenitos cineríticos; Baurú Superior

**VEGETAÇÃO:** Cerradão com árvores de diâmetro superior a ½ m, contendo elementos primários

**TIPO DO SOLO:** Elúvio. Nome popular: Terra Cinzenta Arenosa

Colheita fisicamente possível (Sekera): 52%





# Diagrama n.º 45

## PERFIL TIPO 17

### DIAGRAMA VOLUMÉTRICO FÍSICO

**ALTITUDE:** 525 a 850 m

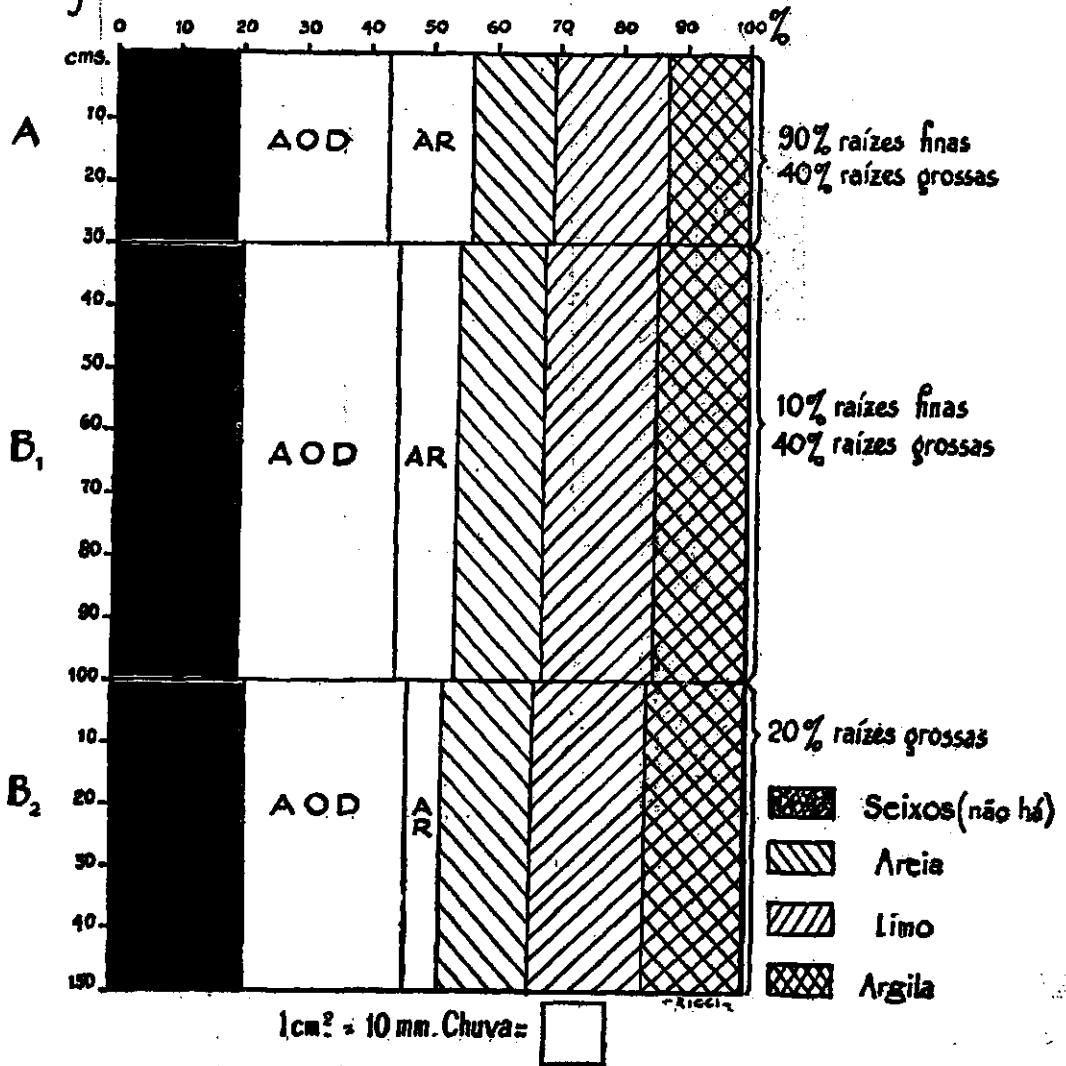
**ZONA GEOLÓGICA:** Folhelhos, argilas e areias terciárias flúvio-lacustres Taubaté

**ROCHA-MÁTER:** Argilitos arenosos variegados

**VEGETAÇÃO:** Capoeira velha, precedida por exploração intensa e numerosas queimadas

**TIPO DO SOLO:** Elúvio. Nome popular: Terra argilosa

Colheita fisicamente possível (Sekera): 37%



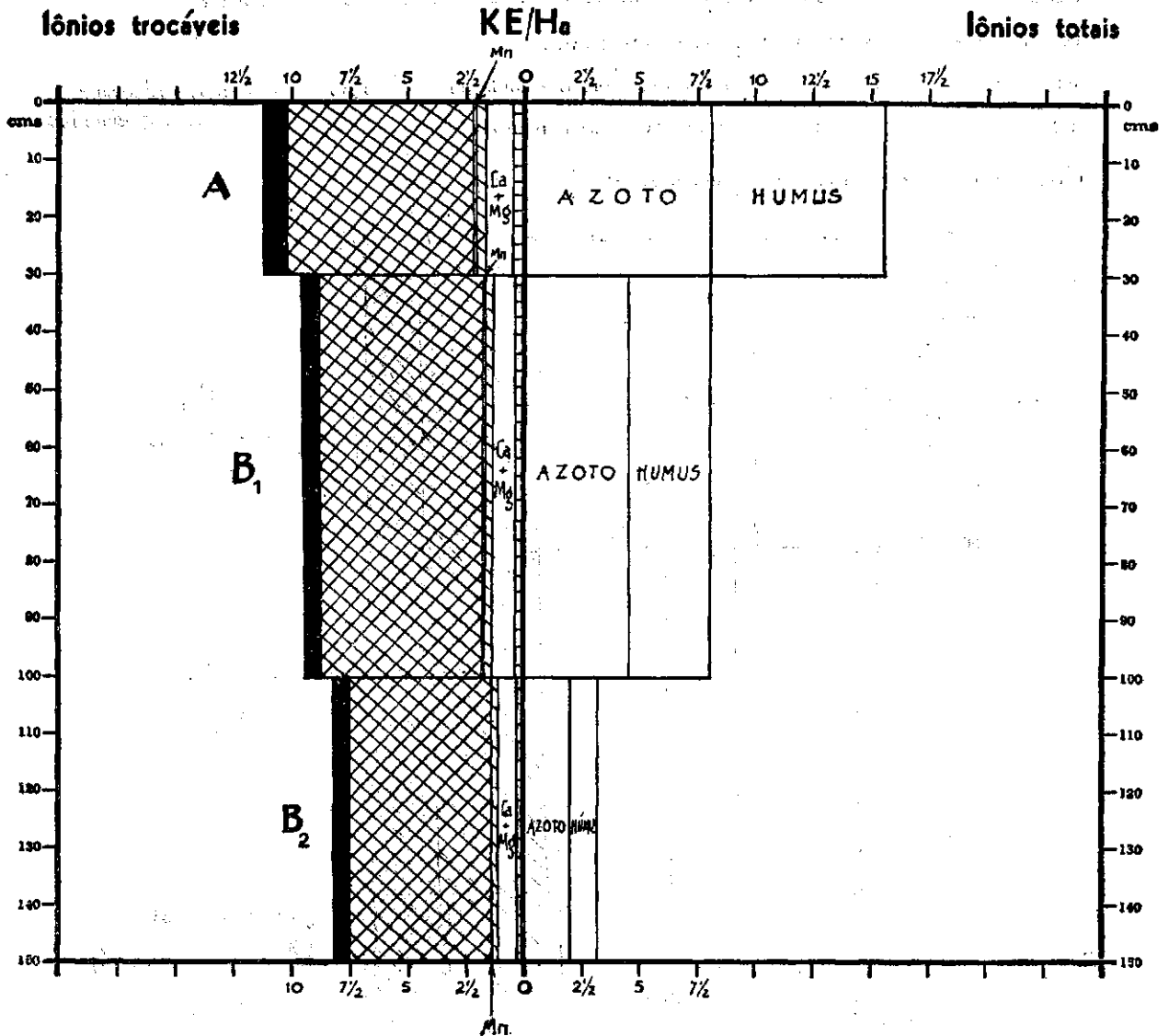
- Água inativa
- ASV Água sem valor
- AOD Água osmótica disponível
- [diagonal lines] Água acidentalmente nociva
- [horizontal lines] Água acidentalmente disponível
- Permeab. min/hora: A 0,05, B<sub>1</sub> 0,01, B<sub>2</sub> 0,001

# Diagrama n.º 46

## PERFIL TIPO 17

### DIAGRAMA VOLUMÉTRICO QUÍMICO

Escala : 1 cm<sup>2</sup> = 25 KE/Ha:



- PO<sub>4</sub>
  - K + Na
  - Mn
  - H (acidez inócua)
  - Al (acidez nociva)
- } Trocáveis

pH	Internacional		
	A	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>
último (sol. KCl 2n)	5,0	4,8	4,6
	4,4	4,4	4,4

Índice C/N =  $\frac{9}{6}$

Relação K trocável ÷ K total =  $\frac{7\frac{1}{2}}{3}$  %

# Diagrama n.º 47

## PERFIL TIPO 18

### DIAGRAMA VOLUMÉTRICO FÍSICO

**ALTITUDE:** 530 a 850 m

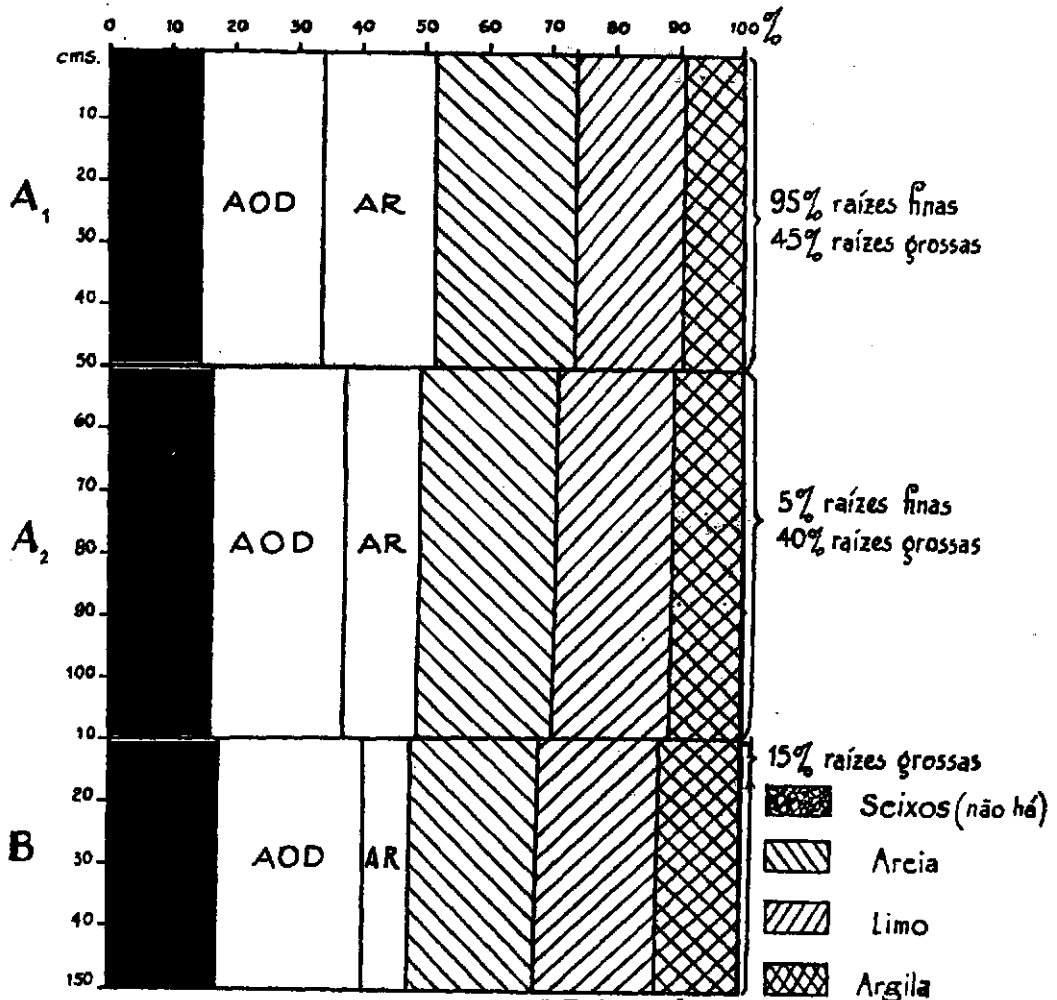
**ZONA GEOLÓGICA:** Folhelhos, argilas e areias terciárias flúvio-lacustres Taubaté

**ROCHA-MÁTER:** Arenitos argilosos variegados

**VEGETAÇÃO:** Capoeira velha c/ árvores finas, precedida por exploração de muitos anos, pastagem e numerosas queimadas

**TIPO DO SOLO:** Élvio. Nome popular: Terra arenosa

Colheita fisicamente possível (Sekera) 45%



1cm<sup>2</sup> = 10 mm. Chuva =

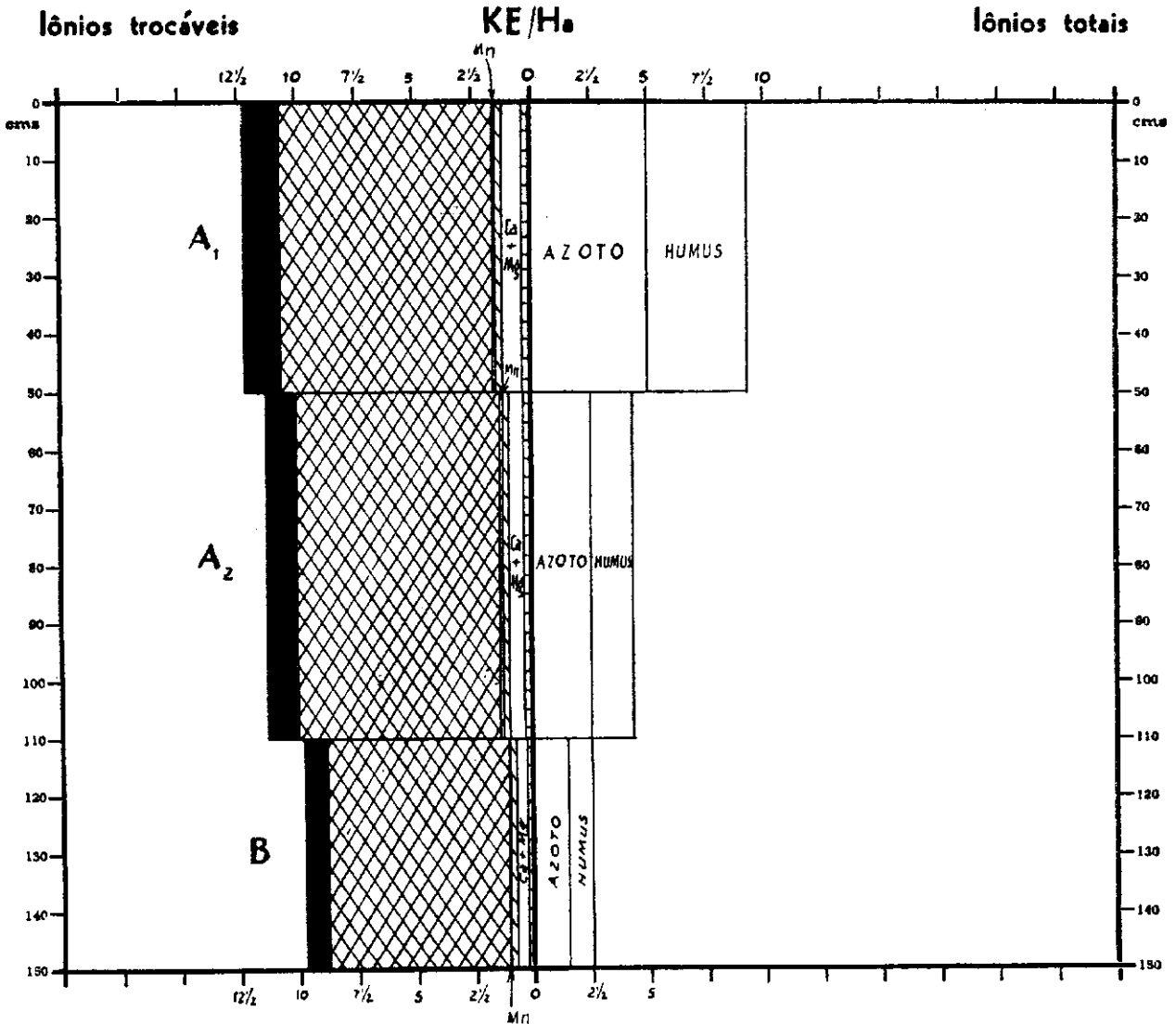
- Água inativa
  - ASV Água sem valor
  - AOD Água osmótica disponível
  - Água acidentalmente nociva
  - Água acidentalmente disponível
  - Permeab. mm/hora
- |                |                |      |
|----------------|----------------|------|
| A <sub>1</sub> | A <sub>2</sub> | B    |
| 1              | 0,1            | 0,01 |

# Diagrama n.º 48

## PERFIL TIPO 18

### DIAGRAMA VOLUMÉTRICO QUÍMICO

Escala : 1 cm<sup>2</sup> = 25 KE/Ha :



- PO<sub>4</sub>
- K+Na
- Mn
- H (acidez inócua)
- Al (acidez nociva)

Trocáveis

	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	B
pH internacional	4,7	4,5	4,4
pH último (sol. KCl 2n)	4,2	4,3	4,4

Índice C/N =  $\frac{8}{6}$

Relação K trocável ÷ K total =  $\frac{7\frac{1}{2}}{5\frac{1}{2}} \%$



# Diagrama n.º 49

## PERFIL TIPO 19

### DIAGRAMA VOLUMÉTRICO FÍSICO

**ALTITUDE:** 1 a 15 m

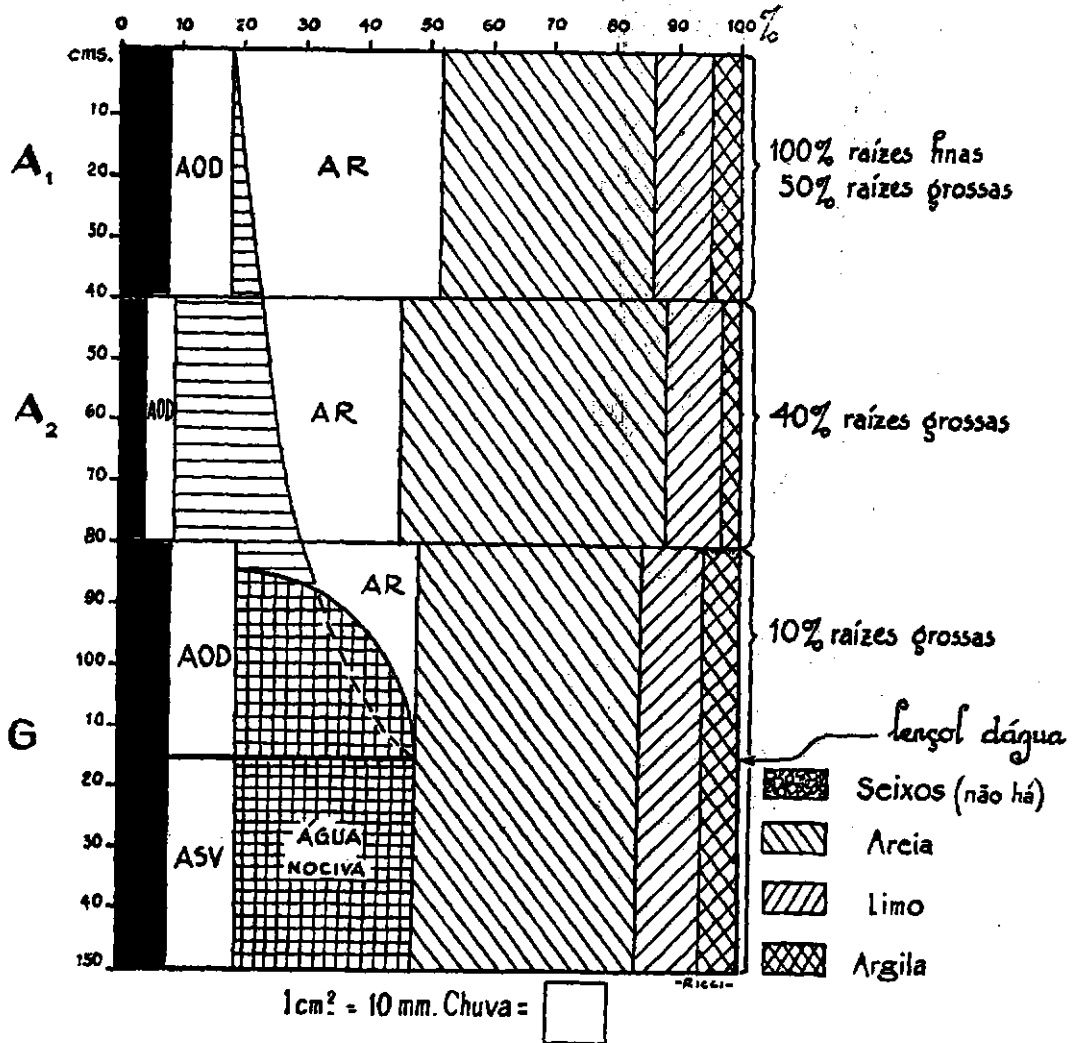
**ZONA GEOLÓGICA:** Litoral, Quaternário

**ROCHA-MÁTER:** Areias de antigas praias; alúvios recentes do Complexo Cristalino; loessito

**VEGETAÇÃO:** Capoeira velha fechada, não muito alta, precedida por exploração e queimadas desde ha séculos

**TIPO DO SOLO:** Alúvio. Nome popular: Areia de praia

Colheita fisicamente possível (Sekera): 50%



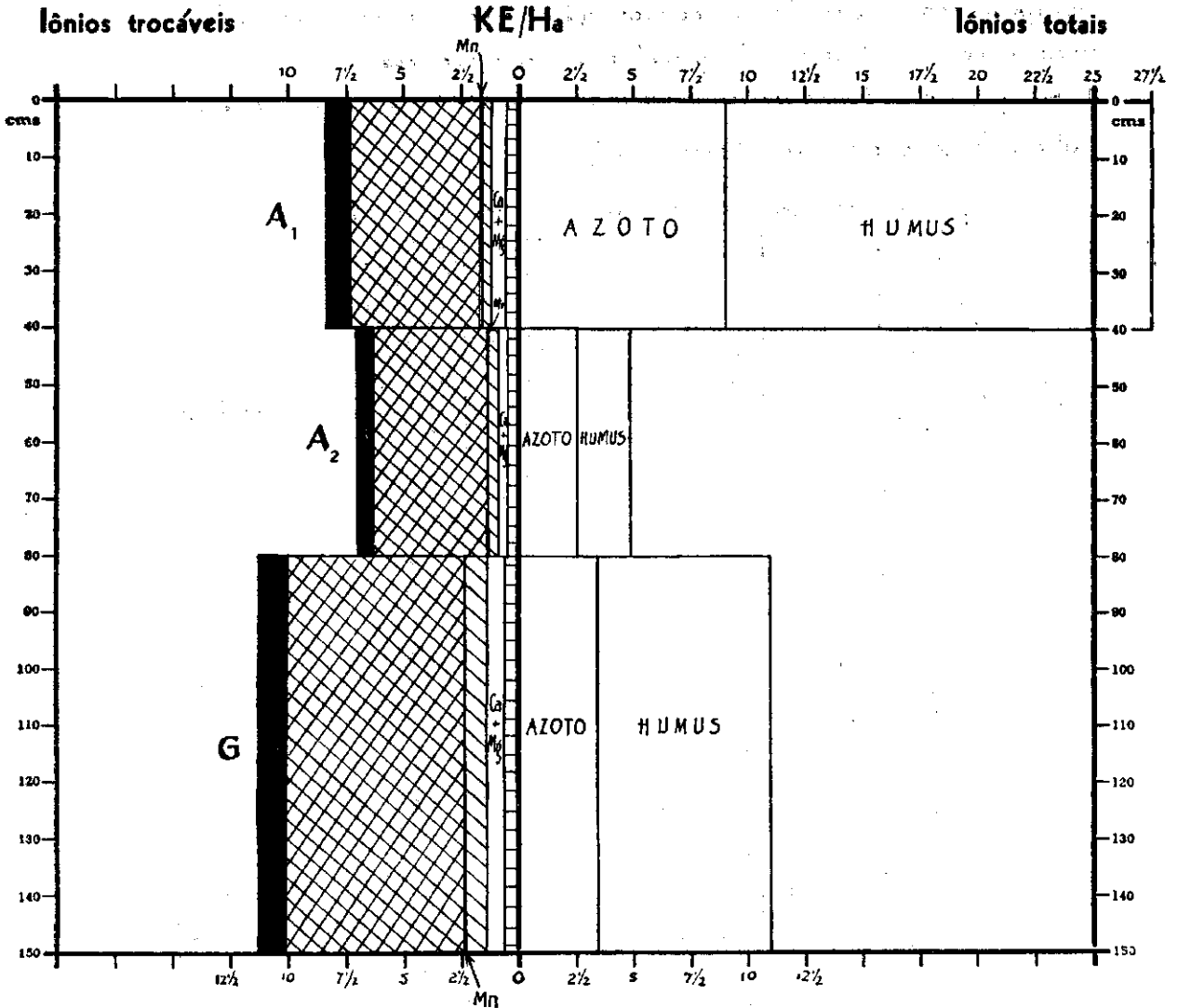
- |     |                                |     |                                   |
|-----|--------------------------------|-----|-----------------------------------|
| ■   | Água inativa                   | ASV | Água sem valor (inexistente) = Ar |
| AOD | Água osmótica disponível       | ■   | Água acidentalmente nociva        |
| ▨   | Água acidentalmente disponível |     |                                   |
- Permeab. mm/hora
- |  |                |                |     |
|--|----------------|----------------|-----|
|  | A <sub>1</sub> | A <sub>2</sub> | G   |
|  | 1000           | 10.000         | 100 |

# Diagrama n.º 50

## PERFIL TIPO 19

### DIAGRAMA VOLUMÉTRICO QUÍMICO

Escala: 1 cm<sup>2</sup> = 25 KE/Ha:



- PO<sub>4</sub>
  - K+Na
  - Mn
  - H (acidez inócua)
  - Al (acidez nociva)
- } Trocáveis

	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	G
pH { internacional	5,0	5,1	5,3
último (sol. KCl 2n)	3,5	4,4	4,0

Índice %N =  $\frac{20}{20}$

Relação K trocável ÷ K total =  $\frac{8}{70} \%$

# Diagrama n.º 51

## PERFIL TIPO 20

### DIAGRAMA VOLUMÉTRICO FÍSICO

**ALTITUDE:** QUALQUER

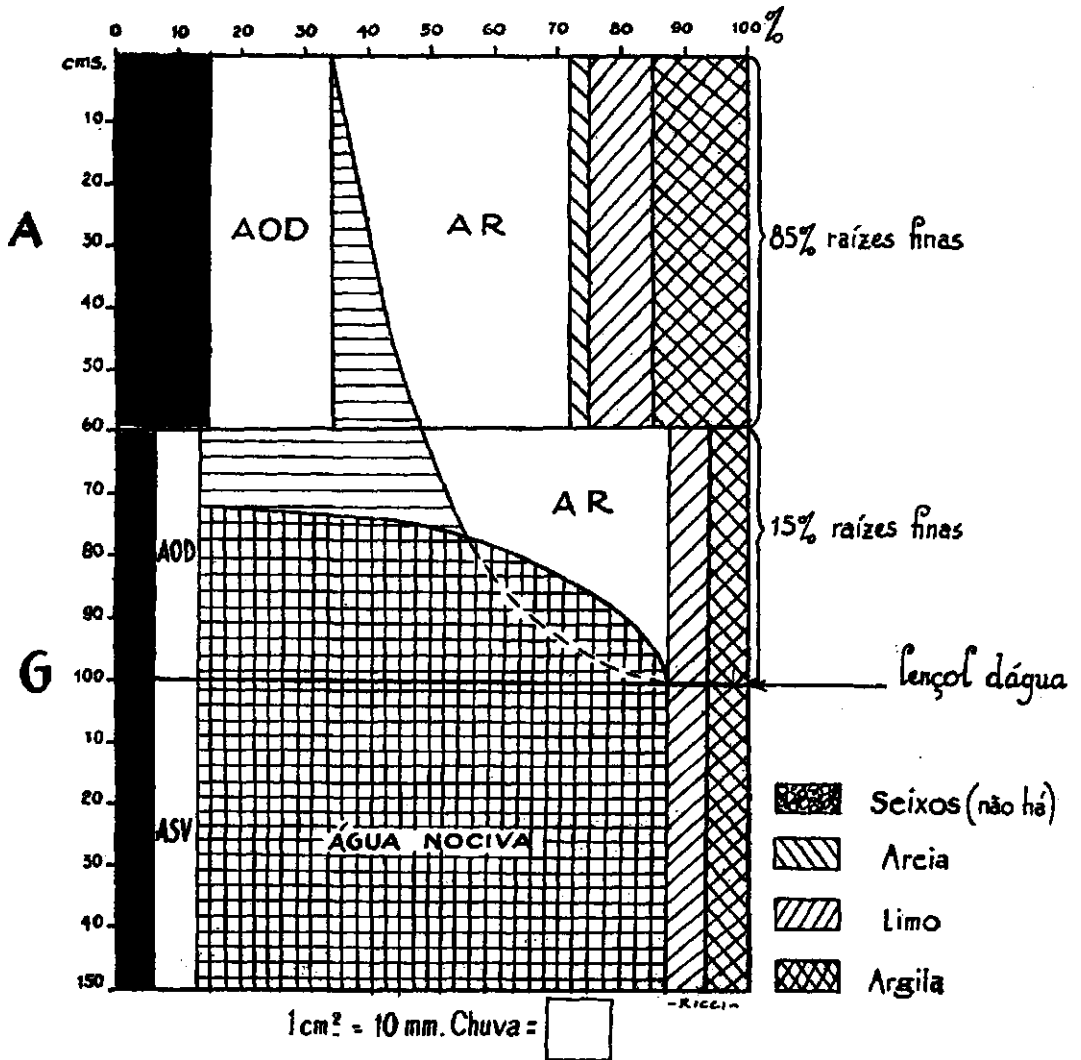
**ZONA GEOLÓGICA:** Quaternário. Alúviões flúvio-lacustres recentes

**ROCHA-MÁTER:** Limo fluvial; detritos orgânicos; detritos dos morros vizinhos

**VEGETAÇÃO:** Arrosal e "Tiquera", anualmente queimada

**TIPO DO SOLO:** Alúvio. Várzea de sub-solo inundado. Nome popular: Terra preta

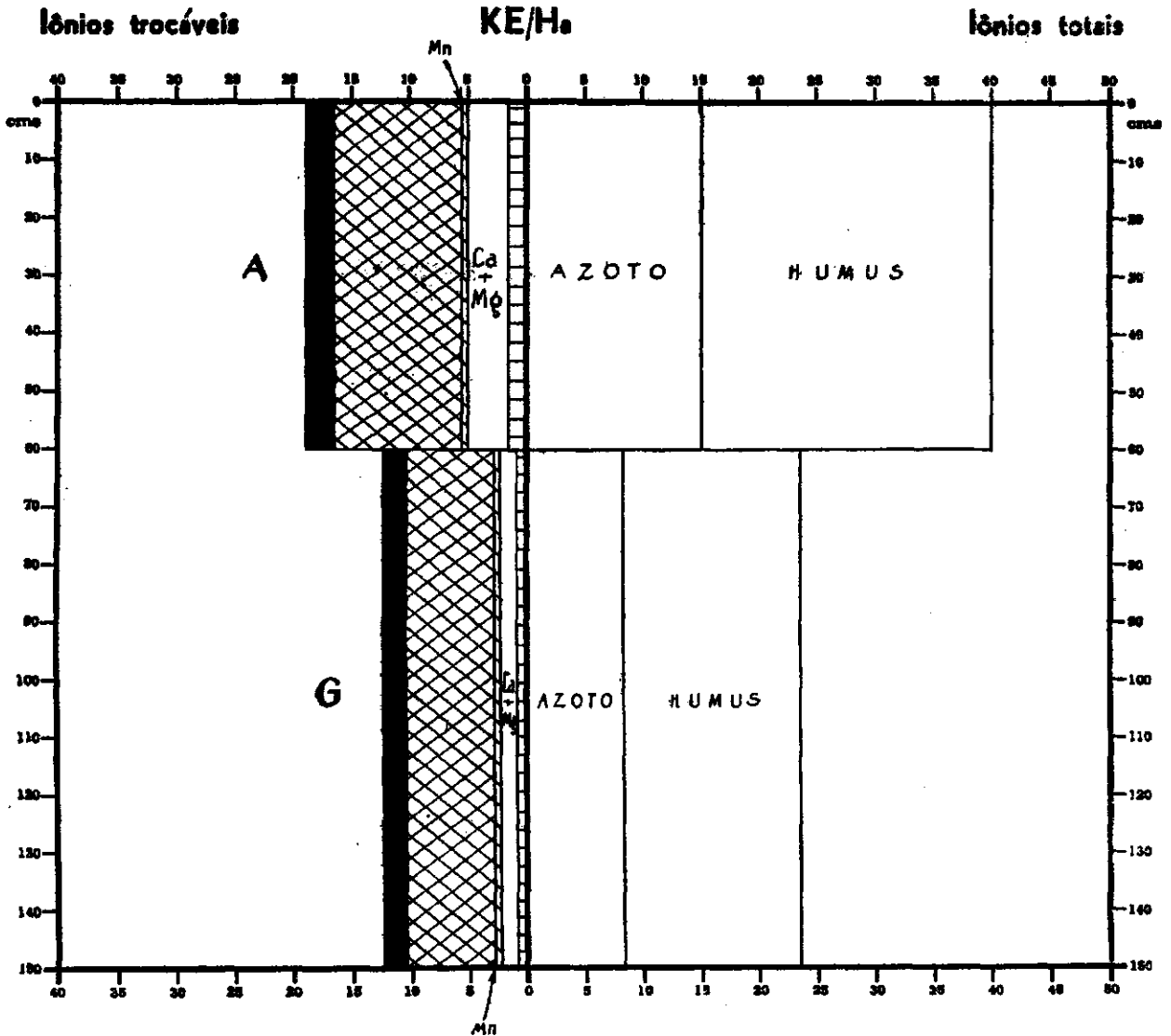
Colheita fisicamente possível (Sekera) 70%



- |                                |                                 |
|--------------------------------|---------------------------------|
| Água inativa                   | Água sem valor (não disponível) |
| Água osmótica disponível       | Água acidentalmente nociva      |
| Água acidentalmente disponível | Permeab. mm/hora                |
|                                | A G                             |
|                                | 100 10.000                      |

**Diagrama n.º 52**  
**PERFIL TIPO 20**  
**DIAGRAMA VOLUMÉTRICO QUÍMICO**

Escala: 1 cm<sup>2</sup> = 50 KE/Ha:



- |  |   |                  |
|--|---|------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; border: 1px solid black; background: repeating-linear-gradient(45deg, transparent, transparent 2px, black 2px, black 4px);"></span> PO<sub>4</sub></li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; border: 1px solid black; background: repeating-linear-gradient(-45deg, transparent, transparent 2px, black 2px, black 4px);"></span> K+Na</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; border: 1px solid black; background: repeating-linear-gradient(45deg, transparent, transparent 2px, black 2px, black 4px);"></span> Mn</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; border: 1px solid black; background: radial-gradient(circle, black 1px, transparent 1px); background-size: 4px 4px;"></span> H (acidez inócua)</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: black;"></span> Al (acidez nociva)</li> </ul> | } | <b>Trocáveis</b> |
|--|---|------------------|

pH<sup>internacional</sup>  
 último (sol. KCl 2n) 

A	B
5,1	4,8
4,3	4,2

Índice C/N =  $\frac{16}{18}$

Relação K trocável + K total =  $\frac{6}{8} \%$

# Diagrama n.º 53

## PERFIL TIPO 21

### DIAGRAMA VOLUMÉTRICO FÍSICO

**ALTITUDE:** QUALQUER

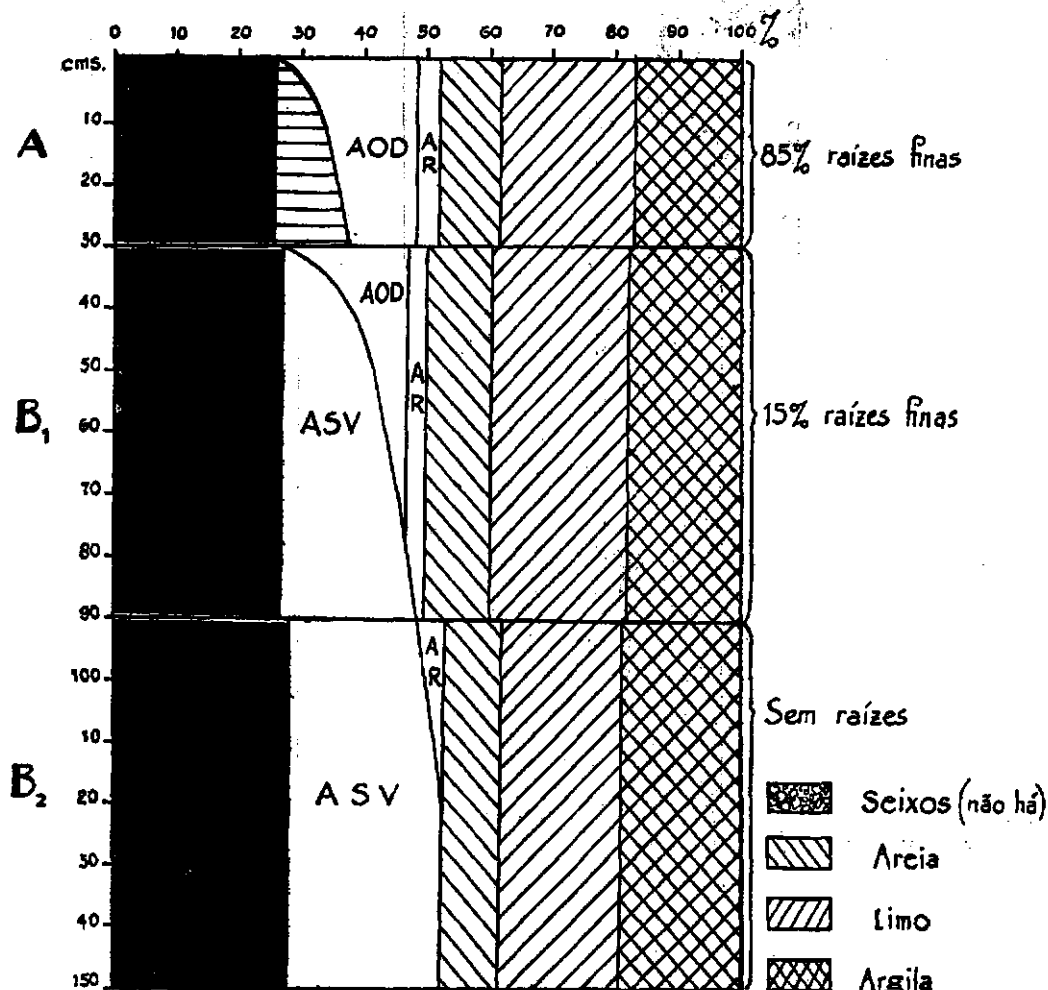
**ZONA GEOLÓGICA:** Quaternário. Aluviões flúvio-lacustres recentes

**ROCHA-MÁTER:** Limo fluvial; detritos orgânicos; detritos dos morros vizinhos

**VEGETAÇÃO:** Pastos, sub-arbustos; Sapé, Rabo de Burro, Pau de Gelo

**TIPO DO SOLO:** Alúvio. Várzeas drenadas. Nome popular: Barro claro ou cinzento

Colheita fisicamente possível (Sekera): 30%



1cm<sup>2</sup> = 10 mm. Chuva =

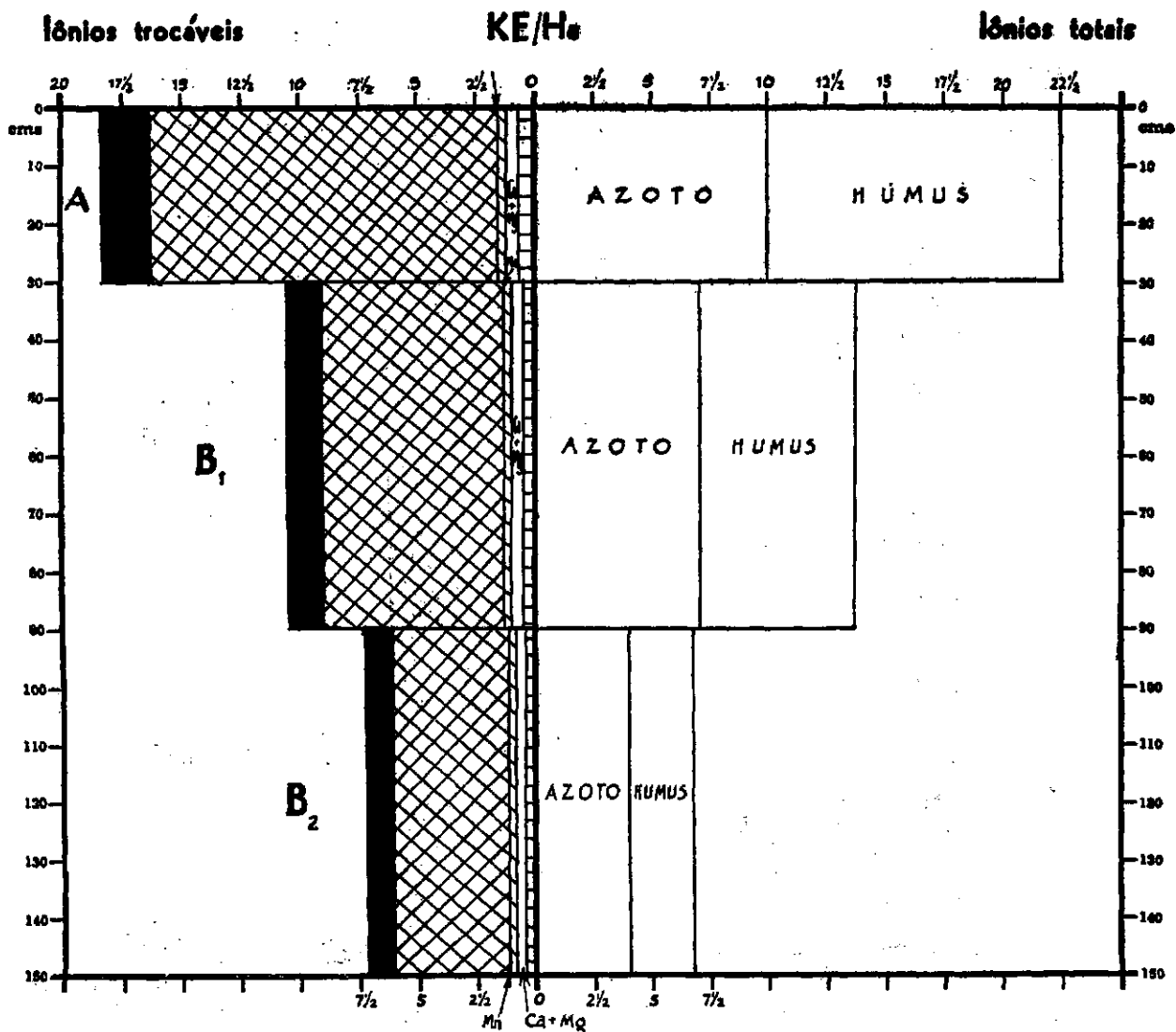
- Água inativa
- Água osmótica disponível
- Água acidentalmente disponível
- Água sem valor (inexistente) = Ar
- Água acidentalmente nociva
- Permeab. mm/hora:  $\Delta$  B<sub>1</sub> B<sub>2</sub> 0,001 0 0

# Diagrama n.º 54

## PERFIL TIPO 21

### DIAGRAMA VOLUMÉTRICO QUÍMICO

Escala : 1 cm<sup>2</sup> = 25 KE/Ha:



- PO<sub>4</sub>
  - K+Na
  - Mn
  - H (acidez inócua)
  - Al (acidez nociva)
- } Trocáveis

pH { internacional  
último (sol. KCl 2n)

	A	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>
internacional	4,5	4,4	4,5
último (sol. KCl 2n)	4,1	4,2	4,3

Índice C/N =  $\frac{12}{6\%}$

Relação K trocável + K total =  $\frac{4}{3,6} \%$

# Diagrama n.º 55

## PERFIL TIPO 22

### DIAGRAMA VOLUMÉTRICO FÍSICO

**ALTITUDE:** QUALQUER

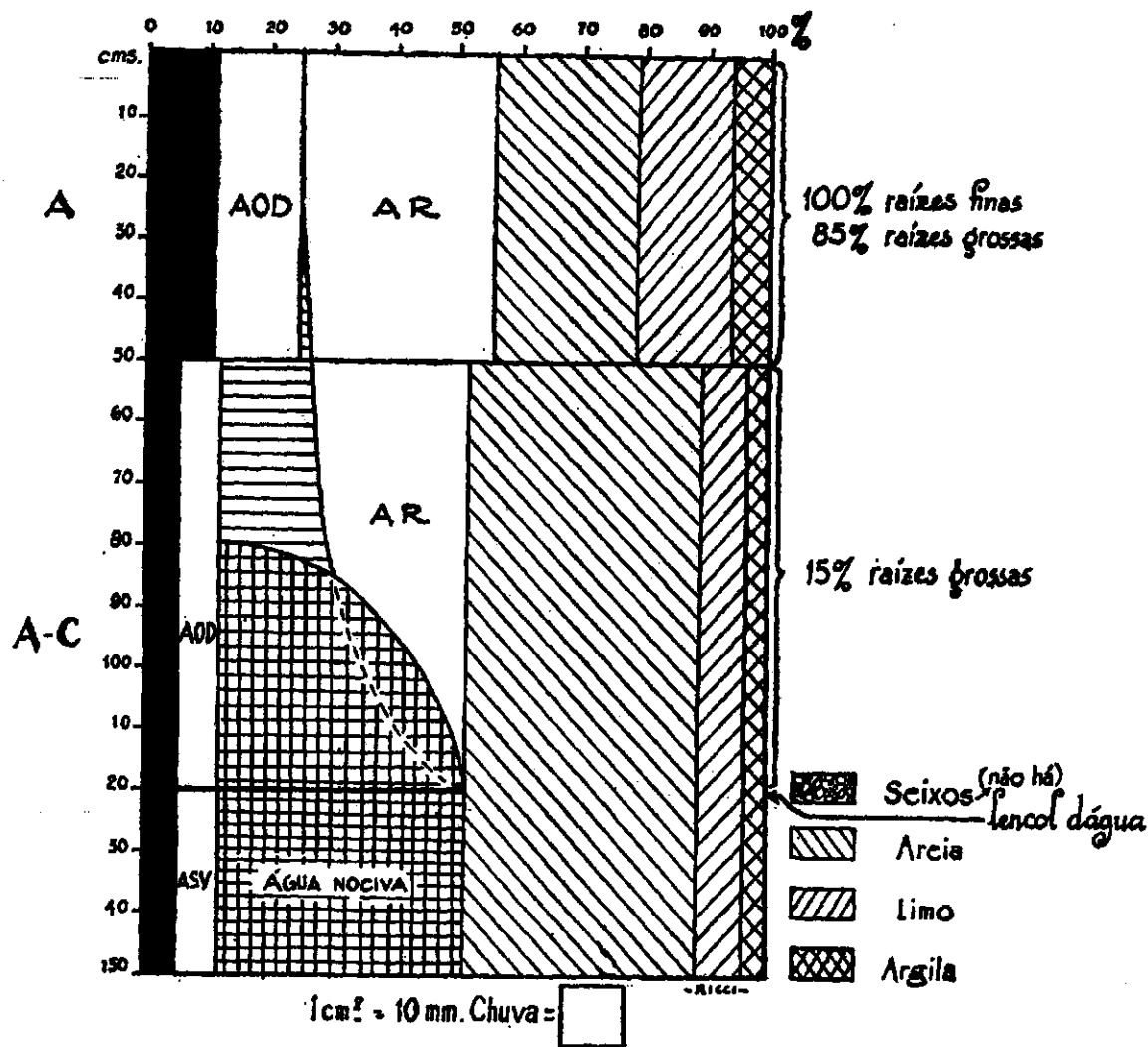
**ZONA GEOLÓGICA:** Quaternário. Aluvião fluvial recente

**ROCHA-MÁTER:** Detritos de morros vizinhos; detritos orgânicos

**VEGETAÇÃO:** Capoeira nova de permeio com pastagem; queimadas frequentes

**TIPO DO SOLO:** Alúvio. Orla de várzea. Nome popular: Terra baixa arenosa

Colheita fisicamente possível (Sekera) 35%



Água inativa
  ASV Água sem valor (não disponível)

AOD Água osmótica disponível
  Água acidentalmente nociva

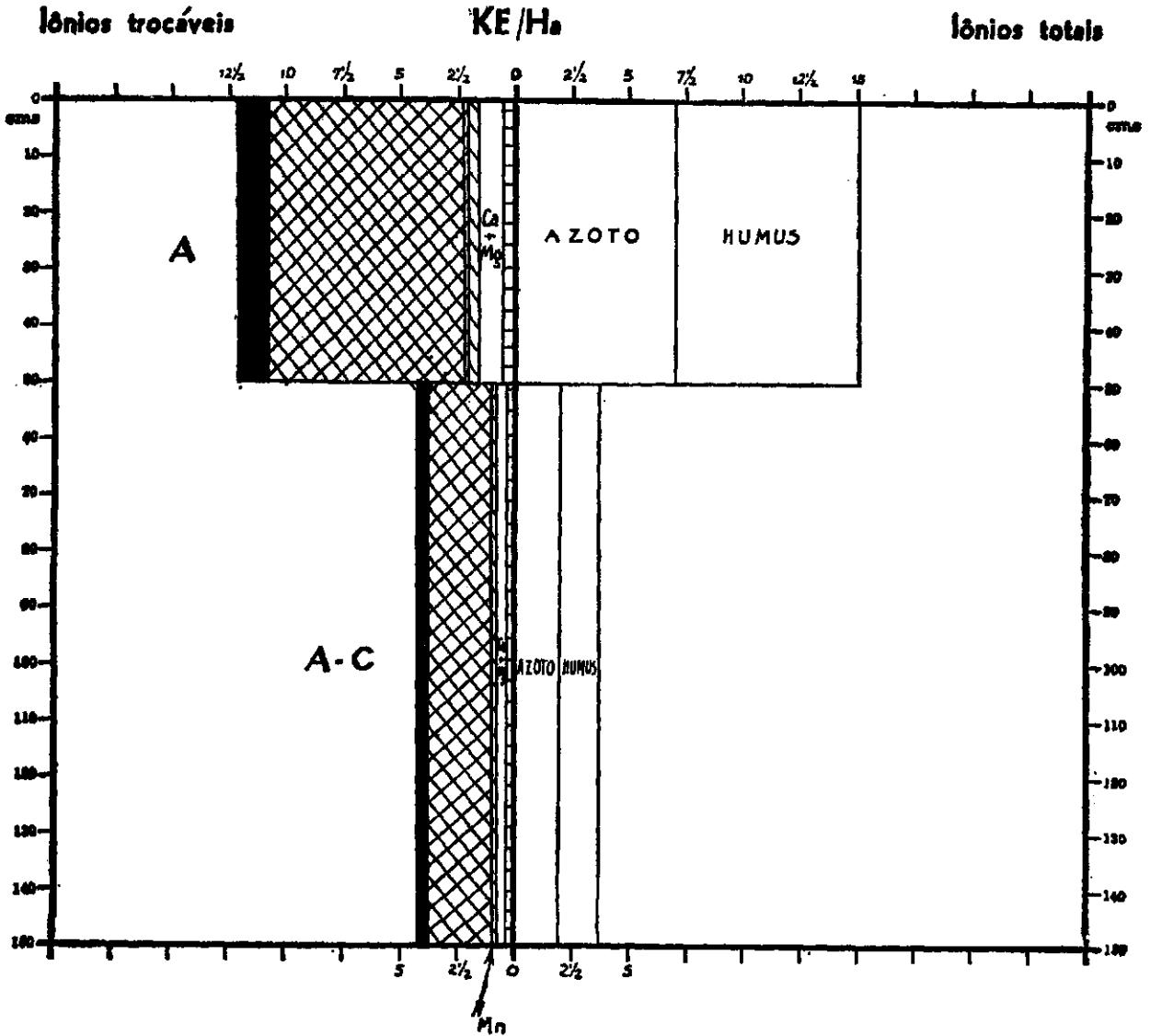
Água acidentalmente disponível
 Permeab. mm/hora
A
A-C

# Diagrama n.º 56

## PERFIL TIPO 22

### DIAGRAMA VOLUMÉTRICO QUÍMICO

Escala: 1 cm<sup>2</sup> = 25 KE/Ha =



- PO<sub>4</sub>
- K+Na
- Mn
- H (acidéz inócua)
- Al (acidéz nociva)

Trocáveis

pH { internacional | A | A-C |  
 { último (sol. KCl 2n) | 4,9 | 5,1 |  
 { | 4,3 | 4,6 |

Índice C/N =  $\left\{ \frac{11}{8} \right\}$

Relação K trocável + K total =  $\left\{ \frac{3}{8} \right\} \%$