

ALGUMAS CONTRIBUIÇÕES GEOLÓGICAS DOS ESTUDOS DE SOLOS REALIZADOS NO ESTADO DE SÃO PAULO *

Eng.º JOSÉ SETZER

Encarregado de Geologia do Solo
Dep. de Mineralogia e Petrologia da
Fac. de Filosofia e Ciências de S. Paulo

Introdução

Os estudos pedológicos desenvolvidos no Estado de São Paulo (33) (34) (35), graças à notável envergadura que tiveram os trabalhos de campo, permitiram algumas contribuições de caráter geológico.

Foram percorridos em automóvel mais de 20 000 quilômetros de estradas, cujos perfis altimétricos foram levantados, localizando-se as rochas e os tipos de solos. É preciso observar que, ao contrário do que se verifica nas regiões de climas temperados, os solos dos climas tropicais e sub-tropicais, principalmente quando há estiagem (39), estão estreitamente relacionados com a geologia, graças ao caráter efêmero da vida microbiana e à facilidade de volatilização do húmus. Daí decorreu a necessidade de se relacionar sempre os solos do Estado de São Paulo com a rocha subjacente, ou, em se tratando de colúvios, com as rochas das partes mais proeminentes da bacia hidrográfica.

Os trabalhos foram iniciados pelo famoso pedólogo Prof. Dr. PAUL VAGELER, especialista em solos tropicais e sub-tropicais. A petrografia das rochas esteve a cargo do geólogo Dr. MARQUES GUTMANS.

Foram submetidos a análises pedológicas, físicas e químicas, cerca de 450 perfis de solos, alguns atingindo a 2 e mesmo a mais de 3 metros de profundidade. Quase todos êsses perfis foram submetidos também a análises mineralógicas. De maneira menos completa foram analisadas mais de mil amostras superficiais de solos, cuja profundidade não vai, no geral, além de meio metro. A documentação dos principais tipos de solos inclui análises da rocha decomposta e fresca.

A identificação de rochas e solos no campo, bem como sua localização no mapa e nos perfis altimétricos de estradas, contribuíram com alguns novos pormenores que interessam ao mapeamento geológico.

A determinação das características quantitativas de solos originados em determinado clima, por certas rochas, permitiram noções quantitativas num assunto geralmente abordado por geólogos de maneira empírica, vaga e subjetiva. Referimo-nos à identificação de formações geológicas nas regiões desprovidas de afloramentos.

Logo ao iniciar a exposição dos resultados geológicos do seu trabalho básico para a geologia do Estado de São Paulo, diz WASHBURNE (47, pág. 13) que "Geological study is difficult in this region because of the deep decomposition of the rocks, which are turned into soils and clays, generally of reddish colors." Mas o mapeamento não deixou de

* Tese apresentada ao I Congresso da Sociedade Brasileira de Geologia, realizado de 23 a 30 de novembro de 1947.

ser executado, porque "Fortunately Dr. PACHECO had learned to distinguish most of the formations by the nature of these soils." Na pág. 15 encontramos mais: "Some of the soils are hard to distinguish, even after long practice". "The character of the soils furnishes the most general clue to the areal distribution of the formations", e, finalmente: "Without study of the soils of São Paulo its geological mapping would be impossible". Entretanto, não houve "study of the soils" que mereça tal nome. WASHBURNE, PACHECO e FLORENCE apenas foram forçados a prestar sempre atenção ao solo sob pena de ficarem sem idéia alguma a respeito da maior parte do terreno percorrido.

Apesar de não ter sido coberta por nós nenhuma região inteiramente a pé (com exceção de algumas fazendas), os percursos feitos pelas estradas principais, mormente na parte Noroeste, a menos explorada do Estado, fazem que o presente trabalho tenha alguma utilidade para:

1) algumas correções no mapa geológico da parte noroeste do Estado de São Paulo, e

2) a descrição do aspecto qualitativo e quantitativo dos solos dessa região, capazes de caracterizar formações geológicas.

Esses solos receberam os seguintes números na classificação dos solos do Estado em 22 grupos principais (34, tab. 1):

Série São Bento (Triássico)

Solos do grupo 11: Arenito (eólico) Botucatu

Solos do grupo 12: Idem, com influência de lavas básicas

Solos do grupo 13: Idem, com influência de arenitos Botucatu

Solos do grupo 14: Lavas básicas, localmente diabásios

Formação Bauru (Cretáceo)

Solos do grupo 15: Arenitos argilosos sem cimento calcáreo

Solos do grupo 16: Idem, com cimento calcáreo, localmente arenitos cineríticos.

Não obstante têmos estudado todo o território paulista, bem como uma faixa de cerca de 100 quilômetros dos Estados adjacentes, desejamos restringir-nos apenas à parte noroeste do Estado de São Paulo, pois é aí que, devido à escassez de estudos geológicos, o pouco que fizemos possa talvez ser útil.

I — A FORMAÇÃO BAURU (CRETÁCEO)

A — Características litológicas

Verificamos inicialmente que existem dois tipos de arenito Bauru, quimicamente muito diferentes, apesar de semelhanças granulométricas.

Um deles apresenta cimento calcáreo, cujo teor é no geral suficiente para que se perceba efervescência com ácido mineral fraco (HCl 10%), e ao menos em alguns pontos da rocha. O outro apresenta cimento argiloso, incapaz de mostrar efervescência em ponto algum da rocha.

UM DOS PROCESSOS PROVÁVEIS DA GÊNESE DOS ARENITOS BAURU

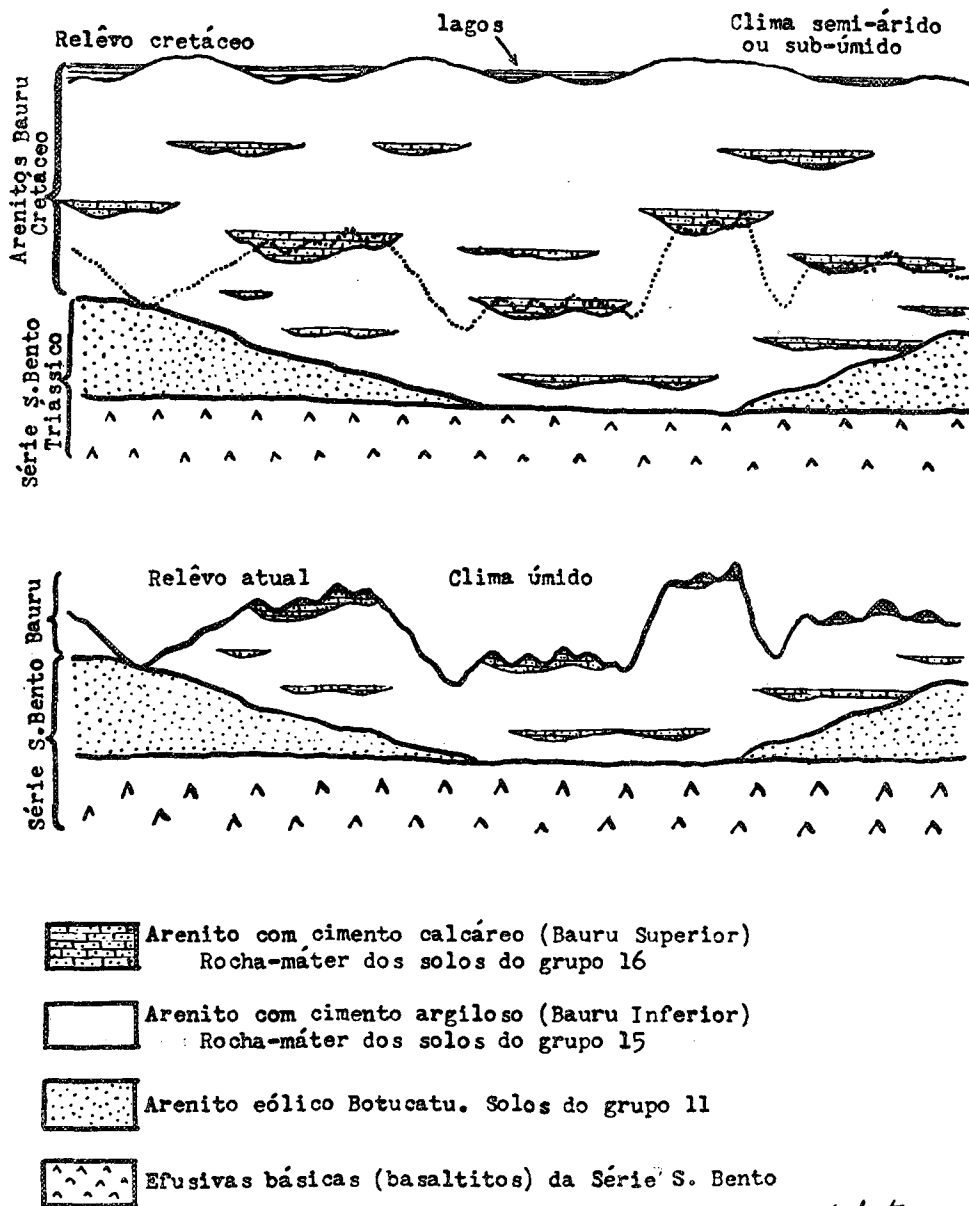


Fig. 1 — Esta figura tenta representar uma das causas principais da existência de arenitos quimicamente ricos nos espigões da formação Bauru, ao passo que os vales apresentam arenitos quimicamente pobres. Os arenitos do grupo 15 seriam de fácies principalmente terrígena (fig. 2), ao passo que os do grupo 16 seriam de fácies mormente flúvio-lacustre (figs. 3 e 4). A evaporação da água desses lagos rasos teria originado concentração de sais e enriquecimento do arenito em cálcio, o qual teria provindo da decomposição das lavas triássicas que, juntamente com espessas camadas de arenito Botucatu, teriam sido ramanejadas no Cretáceo.

Os solos que se originaram dos dois tipos de arenito, são de aspecto semelhante, mas de grande diversidade na natureza química e, pois, também na fertilidade agrícola e no tipo de vegetação.

Verificamos que os solos ricos ocorrem sobre os espigões e os pobres nas encostas dos vales. Por esta razão deu o Prof. VAGELER aos dois arenitos os nomes de "Bauru Superior" e "Bauru Inferior", este com cimento argiloso pobre em cálcio e originando solos quimicamente pobres, aquele possuindo cimento calcáreo, a par de teor não inferior de argilas, e dando origem a solos quimicamente ricos. Não se trata, pois, de duas camadas de posição estratigráfica definida, e muito menos de divisão cronológica. É apenas questão de posição topográfica.

E' opinião do geólogo PLÍNIO DE LIMA (comunicação verbal) (34, pág. 299) que os arenitos Bauru com cimento calcáreo ocorrem nos espigões graças à sua maior resistência à erosão. Assim o sistema hidrográfico que hoje se observa, teria entalhado seus vales nos arenitos isentos de cimento calcáreo, menos resistentes à erosão. Esta hipótese nos satisfaz em tôdas as observações de campo que fizemos.

Verificamos ainda que os dois tipos de arenito se revezam estratigráficamente. Assim, num corte vertical através da formação (fig. 1), teríamos camadas intermitentes de arenito rico em cálcio em meio à massa fisicamente semelhante, mas pobre em cálcio. Este revezamento das camadas ficou mais tarde provado pelas numerosas perfurações que o Departamento das Municipalidades executou na região, em busca de água para abastecimento de cidades. Infelizmente, esse material de valor geológico não está disponível para publicação.

O resultado de sondagem em Catanduva, relatado por MORAIS RÊGO (23, págs. 237-239) é típico e pode ser assim interpretado:

BC,	9,30 m	de solo do grupo 16 e arenito vermelho com cimento calcáreo:	0 a 9,30 m
BA,	6,30 m	de arenito vermelho, localmente arroxeadado ou amarelado, com pequenas lentes argilosas, sempre sem cimento calcáreo:	9,30 a 15,60 m
BC,	13,40 m	de arenito com cimento calcáreo, em camadas avermelhadas e acinzentadas ou amareladas, com lentes argilosas:	15,60 a 29,00 m
BA,	8,05 m	de arenito vermelho, cinzento ou roxo, sem cimento calcáreo, com camadas "púrpura" contendo seixos de quartzo:	29,00 a 37,05 m
BC,	1,20 m	de arenito cinzento escuro com cimento calcáreo:	37,05 a 38,25 m
BA,	29,25 m	de arenito sem cimento calcáreo, vermelho ou cinzento, com lentes finas argilosas, roxas e cinzentas, e outras, com seixos de quartzo, cinzentas ou vermelhas, algumas sendo, além disto, argilosas:	38,25 a 67,50 m
BA-SB,	0,90 m	de arenito sem cimento calcáreo, cinzento escuro, argiloso (talvez arenito Pirambóia), com seixos de eruptivas (erosão ática do trap da série São Bento):	67,50 a 68,40 m

BA-SB,	0,90 m	de conglomerato de seixos de eruptiva (<i>trap</i> decomposto e erodido):	68,40 a 69,30 m
SB,	0,40 m	de eruptiva da série São Bento (esta camada continua, pelo que se depreende, até a profundidade de 82 m):	69,30 a 69,70 m

É preciso observar que as camadas finas de “folhelhos” mencionados por MORAIS RÊGO não devem passar de arenitos argilosos estratificados, como verificamos também ao determinar a granulometria de camadas por êle (25, cap. V) descritas em perfis de sedimentos terciários de São Paulo.

Como mostramos na fig. 1, o arenito Bauru pobre em cálcio corresponderia a fácies principalmente terrígena, ao passo que o arenito rico em cálcio, que não é menos argiloso, corresponderia a fácies principalmente flúvio-lacustre, ambas de clima semi-árido ou sub-úmido. A raridade de camadas conglomeráticas indicaria que a fácies áquea fôra no geral tranqüila. Concorreu também para isto a pobreza em quartzo das lavas triássicas remanejadas.

Os sedimentos lacustres se teriam processado em lagos rasos, de duração efêmera, bem como em braços mortos de rios divagantes. A ausência de camadas muito argilosas seria consequência de remanejamento da série São Bento, cujos arenitos (Botucatu) predominaram amplamente sôbre as camadas de lavas.

Na divisão dos solos do Estado de São Paulo em grupos, numerados consecutivamente (37, pág. 269), classificamos os solos de Bauru sem cimento calcáreo como o grupo 15, e os de Bauru com cimento calcáreo como o grupo 16 (34). Evitamos assim as palavras “superior” e “inferior” que dão idéia errônea, estratigráfica ou cronológica.

1 — Aspecto dos arenitos Bauru

Os dois tipos de arenito são geralmente rochas friáveis, principalmente quando afloram.

As côres do arenito Bauru rico em cálcio são principalmente cinzento e branco, quando a rocha se acha relativamente pouco influenciada pelo intemperismo.

O amarelo ou o alaranjado, sempre claros, parecem indicar a primeira fase da oxidação do óxido ferroso presente no cimento, seja êle calcáreo ou argiloso quase isento de cálcio. De acôrdo com diversas observações, parece que isto se dá nas zonas de oscilação do lençol freático com as estações do ano. A descida do nível d'água promove arejamento pelo ar que substitui a água nos poros do arenito.

O vermelho, também sempre pálido, seria produzido por ulterior desidratação da rocha em ambiente bem arejado, o que é possível mesmo a certa profundidade da rocha e, principalmente, em certos pon-

Nota: BC é Bauru com cimento calcáreo, BA é o mesmo arenito com cimento argiloso não calcífero, SB é série São Bento.

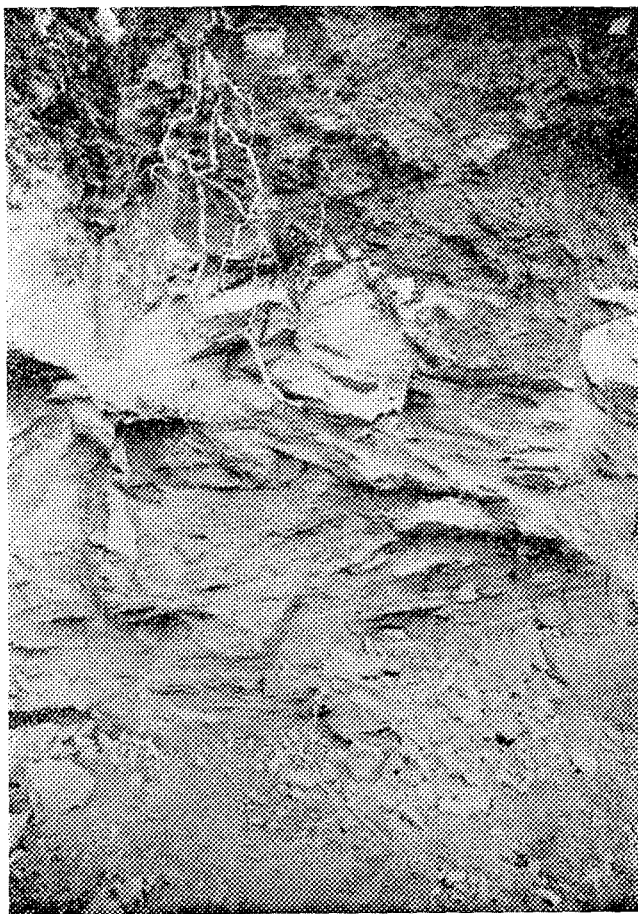


Fig. 2 — Arenito Bauru com cimento argiloso pobre em cálcio. O tipo de cruzamento de camadas parece denunciar fácies eólica ou anemoclástica (12, figs. 122, 137, 138). O local fica na margem direita do rio Cachoeira, afluente do rio Turvo, 4 Km. de Olímpia pela estrada para Guaraci, em altitude próxima de 460 m. Fotografia tomada pelo Prof. VAGELER em setembro de 1938.

tos atravessados de preferência (23, pág. 244) pelas águas pluviais, devido à porosidade do arenito.

Presentes essas côres, a rocha não pode deixar de ser friável. Amostra de arenito que necessita de martelo para ser partida, apresenta, quase sempre, cor branca ou cinzento clara. Assim é, por exemplo, o arenito do corte da E. F. Noroeste pouco além de Lavínia (km 366½ da E. F.), ou o que aflora nas proximidades de Monte Alto em cotas superiores a 700 metros.

Se bem que a área ocupada pelo arenito rico em cálcio seja grande na parte noroeste do Estado, totalizando presumivelmente cerca de 25 000 quilômetros

quadrados, os afloramentos que não sejam friáveis e fortemente meteorizados (alterados pelo intemperismo e pelas influências biológicas do solo) são muito raros. São relativamente muito poucos os cortes das estradas de ferro (Araraquarense, Noroeste, Paulista e Sorocabana) que apresentam arenitos Bauru duros, brancos ou acinzentados.

Em alguns desses pontos, como em Lavínia, que acabamos de citar, notam-se camadas cruzadas (figs. 3 e 4) que parecem denunciar condições de sedimentação não isentas de concurso de águas rasas (12).

As côres do arenito pobre em cálcio passam de branco e cinzento para alaranjado e vermelho com facilidade maior que no arenito com cimento calcáreo. Assim, no arenito quimicamente pobre, são muito freqüentes as côres vermelha e alaranjada vivas. Este arenito é também mais friável que o outro.

Na proximidade da superfície, as raízes das plantas, penetrando com relativa facilidade no arenito, reduzem o óxido férrico a ferroso,

de modo que a rocha se apresenta cheia de canais esbranquiçados, muitos deles preenchidos com terra. Apesar de ser menos friável, o arenito rico em cálcio apresenta numerosos canais de raízes, ao menos na parte mais próxima da superfície. Isto se deve à sua riqueza química, que facilita a nutrição das plantas. O enraizamento atinge a rocha com relativa facilidade, porque no fim das épocas de estiagem, quando o teor de água disponível baixa muito, o da parte superficial da rocha pode-se apresentar mais alto que o do solo.

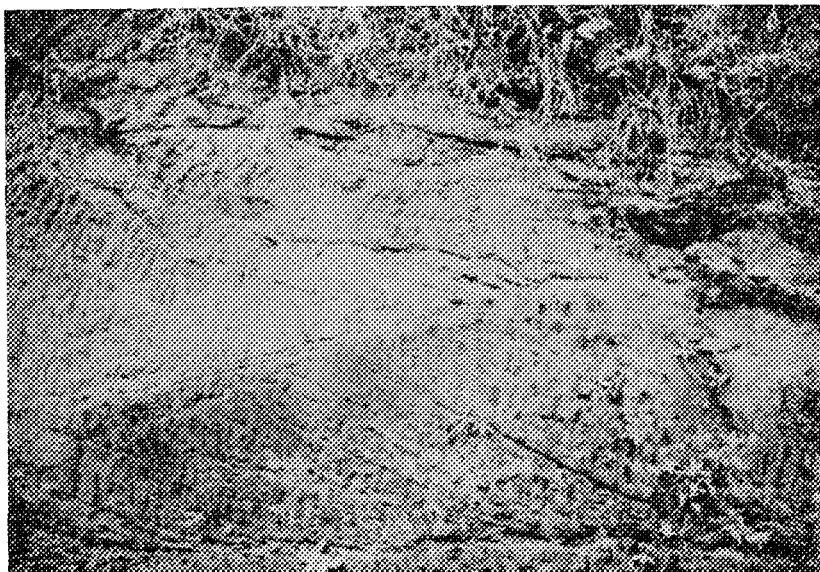


Fig. 3 — Camadas cruzadas no arenito Bauru com cimento argiloso rico em cálcio. O tipo de cruzamento de camadas parece indicar areias sedimentares em águas tranquilas e rasas de lagos nas proximidades das margens. A fotografia foi tomada pelo Prof. VAGELER em dezembro de 1936 no espigão entre os rios Tietê e Aguapeí, próximo a Lavínia, num corte feito por ocasião da chamada "variante" da E. F. Noroeste (46), hoje tronco.

Os arenitos mais argilosos raramente possuem teor de argila (grânulos de diâmetro inferior a 0,002 milímetros) superior a 20%. As porcentagens mais comuns são de 10 ou 12%. A areia é de granulação fina e bastante uniforme. O teor de grânulos, cujo diâmetro seja inferior a 0,2 milímetros (areia fina), pode superar mesmo o dos grânulos maiores (areia grossa). Mas, no geral o teor de areia é superior a 50% e, nesta porcentagem, a maior parcela pertence à areia grossa. Os grânulos chamados *silte*, que, pelo seu tamanho, ficam compreendidos entre a areia fina e a argila (0,02 a 0,002 milímetros), são também quartzosos quase na sua totalidade, se bem que apresentem maiores teores de óxidos de ferro, magnetita e ilmenita que os que atingem a classificação de areia.

Há camadas de granulação mais graúda, ainda que não deixe de ser bastante uniforme. O teor de areia grossa pode então atingir a 60 e mesmo a 70%. A metade da parte restante é areia fina, enquanto o



Fig. 4 — Pormenor da fig. 3 mostrando cruzamento de camadas próprio de lagos rasos próximo à desembocadura de rio.

teor de argila pode ser apenas de 5 a 8%. As curvas granulométricas geralmente não apresentam inflexão. O tamanho máximo atingido pela areia grossa muitas vezes passa de 1 milímetro.

O teor limite de carbonato de cálcio que pode servir de distinção entre os dois tipos de arenito Bauru, pode ser tido, a nosso ver, da ordem de 1% apenas; em se tratando dos respectivos solos, tal teor é de apenas 0,15 a 0,2%.

A respeito de outras particularidades, e quanto à natureza das argilas dos dois tipos de arenito Bauru, trataremos mais adiante, ao relatarmos as características quantitativas dos respectivos solos.

B — Natureza pedológica da formação Bauru

1 — A vegetação dos solos Bauru

A vegetação primária dos solos do grupo 16 é mata alta, com árvores, cujo diâmetro (a 1 e meio metro do solo) atinge a 1, ultrapassando, às vezes, de 2 metros, havendo perobais de grande valor econômico. A vegetação primária dos solos do grupo 15 é muito mais baixa, porém mais fechada, com intenso entrelaçamento de cipós, ao passo que o diâmetro das árvores maiores não ultrapassa de meio metro. Geralmente, mesmo árvores de 30 milímetros de diâmetro são bastante raras e esparsas. Em compensação, abundam palmeiras finas e altas.

Todos os bons cafêzais estão situados nos solos do grupo 16. Mas o melhor indicador do solo é o algodão, que é uma cultura muito exigente em matéria de riqueza química do solo. Nos solos do grupo 16 a produção de algodão é alta sem adubação, ao menos nos 10 primeiros 10 anos de cultivo, não se contando glebas declivosas muito maltratadas pela erosão, ao passo que nos do grupo 15 é baixa com adubação e, em tese, de todo impossível em solos não adubados.

Como quase tôdas as culturas necessitadas de solo quimicamente rico (por serem originárias de climas sub-úmidos ou semi-áridos), o algodão não exige solos húmosos e fartura de água, de modo que solos do grupo 15, ainda que virgens, são para esta planta piores que os do grupo 16 muito cultivados e empobrecidos em húmus.

Quanto às outras culturas de clima úmido, em solos do grupo 16, após o desbravamento, são cultivadas durante bom número de anos sem que a sua produtividade decaia muito, principalmente, se houver controle da erosão e adição de matéria orgânica. Ao contrário, os solos do grupo 15 só são produtivos durante poucos anos, enquanto tiverem certo teor de húmus, e quando não são cultivados com algodão mediante fortes adubações minerais. Após alguns anos de cultivo, no geral com milho, são abandonados e, quando muito, apresentam pastagens de algum valor se os capins tiverem sido bem plantados. As glebas abandonadas são sujeitas a queimadas anuais resultando em campos pobres, povoados de plantas e arbustos mesmo de tipo xerofítico. As de outro tipo compensam a falta de água por meio de enraizamento profundíssimo (eucaliptos e plantas de campo cerrado).

Existe na região um cipó de folhas grandes, de um branco brilhante na página inferior, que trepa alto sobre as árvores nas clareiras, chamado "cipó prata". Esta planta parece ser bom indicador do tipo de solo e portanto também do tipo de arenito, pois só a encontramos na região do grupo 16.

2 — Aspecto geral dos solos Bauru

Os solos virgens do grupo 16 são de cor marrom escura ou cinzento parda na capa superficial húmida, cuja profundidade é, no mínimo, de um palmo. Os do grupo 15 possuem cores mais claras e capa húmida de poucos centímetros, abaixo da qual o solo é vermelho, alaranjado ou amarelo, podendo ser cinzento claro somente em raros pontos de drenagem deficiente ou lençol freático próximo à superfície.

Quando se trata de solos muito cultivados ou de campos que já suportaram numerosas queimadas anuais, as cores se igualam e os solos do grupo 16 possuem cores apenas ligeiramente menos vivas que as dos solos do grupo 15. A volatilização do húmus é apressada pelo desnudamento do solo, alto teor de areia, altas temperaturas, existência de estiagem e número de queimadas e arações suportadas sem adição de novas porções de matéria orgânica fresca.

A camada do solo que possibilita fácil enraizamento às plantas cultivadas é das mais profundas. Possui profundidade média de 80 centímetros. Nesta profundidade tem início uma camada mais argilosa, no geral inacessível ou menos acessível às raízes de plantas cultivadas, mas, em todo caso, menos permeável que a camada superficial. Nos solos virgens, principalmente nos do grupo 16, a diminuição da permeabilidade é causada, em primeiro lugar, pela diminuição da porosidade, pois a camada superficial se acha afogada em consequência

de desenvolvimento biológico intenso. Nos solos do grupo 15 o segundo horizonte é menos permeável principalmente por causa de aumento do teor de argilas.

Nos solos virgens ou de terreno plano, a camada superficial é mais profunda que nas encostas ou nos solos cultivados. Após períodos mais ou menos longos de cultivo, a camada superficial, em encosta de morro, pode se reduzir a 20 ou 25 centímetros, isto é, até onde alcança o arado. Isso, em consequência da migração de argilas da parte superficial fôfa do solo para a parte não atingida pelo arado ou pelo desenvolvimento biológico, obstruindo-lhe os poros (iluviação). Concorre para este fato também a erosão laminar (*sheet erosion*), a qual abre sulcos nas terras (leitos de enxurradas). Sendo o campo novamente nivelado pela aração e gradeação, notar-se-á a falta de uma certa porção de capa superficial humosa.

Visto que os solos do grupo 16 ocorrem nos espigões, e a topografia de toda a região noroeste é a menos acidentada do Estado, devem eles possuir a maior profundidade (fácilmente acessível às plantas cultivadas). Isto se dá efetivamente, com exceção dos raros lugares, em que o arenito bem cimentado com cálcio se acha mal decomposto. É claro que tais solos rasos, do grupo 16, são os mais ricos, e tanto mais, quanto rasos.

Como nas encostas de morros se formam solos menos profundos,, muitos dos solos do grupo 15 apresentam profundidade menor que os 80 centímetros mencionados. Poderia parecer, então, que os solos do grupo 16 deveriam ser mais profundos que os do grupo 15, pois são raros entre eles, como dissemos, afloramentos de arenito mal decomposto. Mas a questão é que, hoje, o fator principal que reduz a profundidade do solo é o grau de utilização agrícola, e os solos do grupo 16 são cultivados em escala muito maior que os do grupo 15. É claro que a redução da profundidade das terras decorre muito menos da perda do solo por erosão, que não passa de alguns milímetros por ano em glebas de grande declividade, e muito mais pela formação de camada densificada, concentrada em argila, na profundidade não alcançada pelo arado.

No relatório das características médias dos 22 grupos principais de solos do Estado (34) indicamos, para os solos do grupo 15, uma profundidade média ligeiramente superior à dos solos 16. A razão disto é que a porcentagem de solos cultivados é muito maior entre os do grupo 16, sobrepujando este fator, no cômputo geral, as consequências da topografia e do desenvolvimento biológico dos solos.

3 — Natureza dos solos Bauru

Visto que, como mostra a fig. 1, os leitos de arenitos quimicamente ricos se distribuem estratigráficamente em desordem na massa de arenitos pobres, há casos de encosta, de uma dezena de quilômetros de comprimento pela linha de maior declive, apanharem uma extremi-

dade de nova camada de arenito rico. Neste caso temos certa quebra de gradiente e uma faixa mais ou menos estreita de solo menos pobre acompanhando com certa fidelidade uma curva de nível. Sendo faixa estreita entre campos vastos de solo do grupo 15, sua presença pode não se achar traída por culturas ou por vegetação de tipo mais pujante.

De fato, as análises químicas de perfis de solos têm revelado nestes casos apenas uma camada delgada de solo rico, da ordem de meio metro, digamos. O solo subjacente continua semelhante ao do grupo 15 das vizinhanças. Há casos em que a camada menos pobre não é a capa superficial do solo, mas o horizonte compreendido entre meio e um metro de profundidade do perfil de solo.

São mencionadas na literatura, aliás reduzidíssima, camadas conglomeráticas da formação Bauru e camadas fossilíferas (24). As primeiras parecem ocorrer na base da formação, às vezes cobrindo o último *trap* da série São Bento, como mostra o perfil de sondagem que aqui transcrevemos. As camadas fossilíferas se encontram no arenito quimicamente rico. MORAIS RÊGO (23, pág. 243) cita também camadas ricas em fosfatos. Não encontramos tais camadas, e pensamos não existirem (ao menos em forma de ossadas de grandes animais) no arenito sem cimento calcáreo.

São entretanto comuns, principalmente ao longo das partes mais baixas de encostas, concreções limoníticas bastante duras, cujo diâmetro raramente ultrapassa de 1 centímetro, podendo apresentar, porém, todos os tamanhos inferiores. Algumas destas concreções não são inteiramente limoníticas, e sim grânulos de quartzo fortemente cimentados com sesquióxido de ferro de baixíssimo grau de hidratação (cêrca de $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$).

Nas estradas dos solos Bauru notam-se ao pé dos barrancos filêtes de areia negra, brilhante, pesada, constituída de magnetita e ilmenita. Isso também permite diferenciar êstes solos dos de arenito Botucatu (grupo 11), que são isentos de areia negra. Esta areia negra resulta da erosão de solos por enxurradas, e constitui outra prova de que os arenitos Bauru se formaram pelo remanejamento da série São Bento, de cujos derrames basálticos provieram os minerais pretos mencionados.

A natureza das argilas dos solos Bauru é principalmente caulínica. Sòmente nos solos do grupo 16 foram encontradas argilas bentoníticas, do tipo montmorilonita (31) (32). Isto foi observado na região de Monte Alto, na parte mais alta da serra de Jabuticabal, em altitudes superiores a 700 metros. Parece que se trata de arenito cinerítico (3, pág. 22), pois aquêle tipo de argila se origina principalmente em consequência de queda de cinzas vulcânicas em lagos, mormente em climas semi-áridos (48, págs. 13 e 66) (19, págs. 8 e 9).

Nos solos do grupo 15 ao lado da caulinita existe hidrargilita, de modo que o teor de Al_2O_3 das argilas do solo sobrepuja tanto ao teor de SiO_2 , como ao teor de Fe_2O_3 . Isto resulta do caráter do cimento dos arenitos pobres em cálcio. Tal não acontece com os arenitos quimica-

mente ricos do Estado de São Paulo. Desta maneira, os solos do grupo 15 não indicam grau de laterização mais acentuado que os solos do grupo 16. Apresentam apenas teor mais alto de alumina trocável (assimilável) e por isto nociva às plantas.

Na tabela n.º 1 damos as principais características médias dos solos dos grupos 15 e 16. Vê-se que são solos essencialmente arenosos. Afim de se avaliar o grau de variação dentro de cada grupo, damos os limites mínimos e máximos encontrados, mas sempre dentro de solos típicos. Descartamos assim os resultados analíticos dos solos que foram estudados afim de documentar a linha divisória entre os dois grupos 15 e 16. Visto que essa linha divisória passa entre os espigões e os vales, na parte superior da encosta, a erosão e a lixiviação do solo, re-

TABELA N.º 1
CARACTERÍSTICAS DOS SOLOS TÍPICOS DA FORMAÇÃO BAURU

ESPECIFICAÇÃO	SOLOS DO GRUPO 15 (Bauru não calcáreo)			SOLOS DO GRUPO 16 (Bauru calcáreo)				
	Mínima	Média	Máxima	Mínima	Média	Máxima		
Profundidade do solo facilmente disponível às culturas (horiz. A), cm.....	30,00	80,00	150,00	40,00	70,00	200,00		
Pêso específico aparente, g/cm³.....	1,20	1,30	1,40	1,10	1,20	1,30		
Pêso específico real, g/cm³.....	2,62	2,64	2,67	2,60	2,63	2,69		
Porosidade, cm³/100 cm³ de solo.....	49,00	53,00	56,00	52,00	55,00	58,00		
Porosidade máxima (após aração), id.....	51,00	56,00	58,00	55,00	57,00	60,00		
Areia grossa (grânulos > 0,2 mm), %.....	50,00	65,00	80,00	50,00	60,00	77,00		
Argila total (grânulos < 0,002 mm), %.....	5,00	10,00	15,00	5,00	12,00	17,00		
Argila coloidalmente ativa, id., %.....	1,00	2,00	5,00	3,00	5,00	10,00		
Higroscopicidade, g H ₂ O/100 g solo.....	2,50	4,00	7,00	3,50	5,50	9,00		
Higroscopicidade das argilas, g H ₂ O/100 g de argila total.....	30,00	40,00	50,00	50,00	60,00	80,00		
Água retida na estação chuvosa, g H ₂ O/100 cm³ de solo natural.....	8,00	13,00	18,00	15,00	20,00	30,00		
Água retida no fim da estiagem, id.....	3,50	6,00	9,00	6,00	9,00	15,00		
Ascensão de água por capilaridade, cm.....	40,00	50,00	60,00	45,00	60,00	70,00		
Permeabilidade, mm H ₂ O por hora.....	10,00	25,00	200,00	5,00	10,00	50,00		
Resistência à erosão, índice.....	15,00	20,00	30,00	18,00	24,00	35,00		
pH da suspensão solo/H ₂ O 1:1.....	4,30	4,90	5,30	5,50	6,30	7,50		
Carbono total, g/100 cm³ de solo.....	0,50	0,60	0,80	0,70	1,00	1,50		
Azôto total, idem.....	0,05	0,07	0,10	0,06	0,10	0,15		
Teor total.....	Cálcio.....	2,00	3,00	5,00	6,00	8,00	15,00	
	Magnésio.....	0,50	1,50	2,50	2,00	3,50	5,00	
	Potássio.....	1,00	2,50	4,00	3,00	5,00	8,00	
	Fósforo.....	0,80	1,50	3,00	2,00	3,00	7,00	
	Manganês.....	0,50	1,00	1,50	1,50	2,50	5,00	
Em ME (mili-equivalentes) por 100 cm³ do solo natural, ou KE (quilo-equivalentes) por Ha até a profundidade de 1 cm de solo natural	Basóides	Cálcio.....	0,30	0,70	1,40	2,00	4,00	12,00
		Magnésio.....	0,10	0,20	0,30	0,25	0,50	1,50
		Potássio.....	0,05	0,10	0,15	0,10	0,25	0,40
		Manganês.....	0,10	0,15	0,25	0,25	0,40	1,00
		Fósforo.....	0,15	0,30	0,45	0,25	0,60	1,50
	Acidóides	Hidrogênio (inócuo).....	3,00	4,00	6,00	2,00	3,00	5,00
		Alumínio (nocivo).....	0,20	0,60	1,20	0,00	0,03	0,15
	Soma das bases S.....		0,60	1,30	2,00	2,70	5,50	15,00
	Soma acidóides T — S.....		3,50	4,50	7,00	2,00	3,00	5,00
	Capacidade de sorção T.....		4,00	6,00	8,00	6,00	9,00	17,00
Saturação do complexo coloidal com bases, 100 S/T = V (%).....	10,00	20,00	35,00	35,00	55,00	80,00		
Perda ao rubro, g/100 g de solo.....	2,50	3,00	4,00	3,50	4,50	7,00		
Sendo.....	{ da matéria orgânica.....		0,80	1,00	1,40	1,20	1,70	2,70
	{ da H ₂ O combinado nas argilas.....		1,70	2,20	2,50	2,00	3,00	4,50
Complexo mineral desidratado total.....	6,00	10,00	13,00	6,50	12,00	17,50		
Sendo.....	{ SiO ₂		2,00	3,50	4,50	3,00	5,00	8,00
	{ Al ₂ O ₃		3,00	4,50	5,00	2,00	4,00	6,00
	{ Fe ₂ O ₃		0,70	1,20	1,50	1,00	1,50	2,50
	{ TiO ₂		0,20	0,30	0,50	0,30	0,50	0,80
Composição porcentual do complexo mineral desidratado.....	{ SiO ₂		30,00	39,00	46,00	40,00	49,00	60,00
	{ Al ₂ O ₃		40,00	48,00	57,00	30,00	37,00	50,00
	{ Fe ₂ O ₃		9,00	13,00	17,00	10,00	14,00	20,00
Índice sílica/sesquióxidos, em pêso.....	0,50	0,60	0,75	0,70	1,00	1,50		
Índice sílica/sesquióxidos, em volume.....	0,90	1,20	1,50	1,35	1,90	2,90		
Classificação Vageler (Ver fig. 5).....	Sialito-Feralito			Sialito-Feralsilito				

sultantes da utilização agrícola, levaram riqueza química, argilas, e mesmo algo da matéria orgânica bem humificada, da área dos solos 16 para a dos solos 15, de modo que na divisa não temos mais solos típicos.

Ao mesmo tempo, basta a consideração que os leitos de arenitos com cimento calcáreo se afinam na sua periferia, a ponto de originarem solos intermediários, para que fique clara a necessidade de excluir tais solos do presente trabalho, no qual queremos expor o aspecto típico, capaz de servir de guia aos geólogos de campo.

O Dr. PAIVA NETO (32) publicou vários dados químicos médios destes solos, apresentando os valores mais altos e mais baixos encontrados. Seus dados são algo diferentes dos nossos, justamente por ter êle considerado todo o conjunto de perfis tomados nas formações Caiuá e Bauru assim como elas aparecem no mapa geológico de 1929, de GUILHERME FLORENCE e JOVIANO PACHECO, que acompanha o livro de CHESTER WASHBURNE (47).

Assim os dados de PAIVA NETO não devem ser comparados com os nossos por dois motivos, ambos derivados do critério adotado: 1) suas médias representam todos os perfis de solos estudados, ao passo que as nossas médias representam somente os perfis típicos; 2) seu mapa geológico é o do boletim de WASHBURNE (47), ao passo que o nosso resulta dos próprios estudos do levantamento agro-geológico (êstes dois mapas são justamente os que aqui apresentamos). Destarte, diversos dos perfis de solos atribuídos por PAIVA NETO à formação "Caiuá", suposta igual à "Bauru Inferior", pertencem de fato à área "Bauru Superior", isto é, à dos arenitos com cimento calcáreo. Ao contrário, alguns solos que pertencem ao grupo 11, isto é, originados pelo arenito Botucatu, foram considerados por êle como pertencentes à "formação Caiuá", pois assim foram mapeados na carta geológica de 1929.

4 — Características físicas e químicas dos solos Bauru

Aos leitores pouco familiarizados com a Pedologia Brasileira, em vista da escassez de estudos realizados com material brasileiro, devemos advertir que, ao contrário do constatado nas pesquisas em solos de climas temperados, a relação entre a geologia e os solos é nítida no Brasil (39). Aqui, ao estudarmos os solos num largo trecho, notamos mudanças da natureza do solo, tão logo mude a natureza da rocha subjacente. Isto só deixa de ser observado em se tratando de alúvios, mas, mesmo neste caso, encontram-se nos solos grânulos minerais capazes de revelar-nos de que parte da bacia hidrográfica proveio o solo aluvial.

Os nossos solos eluviais são *intrazonais*, os aluviais são geralmente *azonais*, ao passo que os solos mal ligados à geologia são *zonais*, pois em climas temperados as características dos solos derivam da *zona climática* e do tipo correspondente de vegetação.

Outra observação necessária às pessoas que não costumam lidar amíúde com resultados de análises de solos, diz respeito às *causas de variação* das características edáficas de ponto a ponto. No caso dos so-

los Bauru esta variação não decorre apenas da variação da natureza química do arenito de que provêm os solos: reflete também o grau e a natureza da utilização agrícola, lixiviação dos solos lavrados, queimadas da vegetação, assim como as influências da situação topográfica, se bem que os solos aluviais da formação tenham sido excluídos das nossas tabelas.

Referem-se os dados à camada superficial do solo, facilmente atravessada pelas raízes da vegetação. Pedologicamente é o *horizonte A*. Nos solos virgens a sua profundidade é grande: dá-se transição lenta para o arenito decomposto, sem que se encontre camada de solo densificada, a qual resulta quase sempre da intervenção humana.

Os dados da tabela resultaram de análises completas de cerca de 50 perfis de solos típicos. O número total de perfis analisados e pertencentes à formação Bauru ultrapassa de 70.

A *areia grossa* mencionada na tabela é constituída quase exclusivamente de grânulos de quartzo angulares, mas com os diedros e arestas bem arredondados e de tamanho notavelmente uniforme. Poucos grânulos, porém sempre presentes, são de areia preta, que já mencionamos: magnetita e ilmenita. Outros há, limoníticos, nas encostas de morros, principalmente nos solos do grupo 15. São pequenos seixos de limonita ou, talvez, goetita, dado o baixo grau de hidratação do Fe_2O_3 .

A *areia fina* (grânulos de diâmetro entre 0,2 e 0,02 milímetros) possui composição semelhante à da areia grossa, mas o seu teor em elementos escuros é um pouco maior, havendo casos de se encontrarem também grânulos de ortoclásio e microclínicos, no geral bastante atingidos pela decomposição.

A fração denominada *limo* ou *silte* (grânulos de 0,02 a 0,002 milímetros) não foi estudada por falta de aparelhamento adequado, mas parece conter nos solos do grupo 15 relativamente alto teor de grânulos limoníticos e, provavelmente, nos do grupo 16, um pequeno teor de sílica hidratada, do tipo calcedônia.

A fração *argila*, que em pedologia significa apenas tamanho dos grânulos, que é inferior a 0,002 milímetros de diâmetro, é composta, nos solos do grupo 15 de caulinita e hidrargilita, ora predominando uma, ora outra, mas sempre ao lado de pequeno teor de Fe_2O_3 de vários graus de hidratação e sem forma cristalina, pois não aparece na roentgenografia de difração (31) e somente escurece uniformemente o positivo das chapas (diferença entre as chapas obtidas com argilas previamente tratadas ou não com ácido clorídrico que remove o Fe_2O_3).

Nos solos do grupo 16 a caulinita persiste, mas a hidrargilita se acha substituída, às vezes quase totalmente, por argilas montmoriloníticas ou por sílica de diferentes graus de hidratação (raias de nitidez variável nas chapas roentgenográficas), ou por ambas ao mesmo tempo. Apenas num solo do espigão percorrido pela E. F. Noroeste, entre Pirajuí e Presidente Alves, foi encontrada, ao lado da caulinita, argila ilita (31, chapa 76). Isto parece corroborar a hipótese de que

os sedimentos Bauru representam remanejamento, em clima sub-úmido que se seguiu ao árido triássico, de uma vasta zona que não só abrangeu a série São Bento, mas também atingiu a série São Roque, cujos calcáreos talvez tenham contribuído para o cimento cálcico de certos arenitos Bauru, como nos sugeriu o Eng.^o FERNANDO F. MARQUES DE ALMEIDA em comunicação verbal. Além da proveniência do cálcio dos piroxênios e plagioclásios dos basaltitos triássicos, que não pode ser posta em dúvida, MORAIS RÊGO já tinha sugerido as camadas calcáreas da série Passa-Dois (26, pág. 600).

O *pêso específico aparente* é tanto mais baixo, quanto menos utilizado é o solo e quanto maior o seu teor de matéria orgânica. Os valores dos solos do grupo 16 são mais baixos graças à riqueza química que possibilita maior atividade coloidal, bem como possibilitou vegetação primária mais pujante e, portanto, teores iniciais de húmus mais altos.

O *pêso específico real* varia mais nos solos do grupo 16, porque, quando virgens, possuem êles alto teor de matéria orgânica e, sendo ricos, apresentam no geral maior teor de ilmenita e magnetita que os solos do grupo 15. Como dissemos, êstes minerais pesados foram retirados dos *traps* da série São Bento, cujo remanejamento e deposição dos detritos em clima menos árido parecem caracterizar a formação Bauru. Os piroxênios e plagioclásios, encontrados em amostras menos decompostas de arenitos (9) (46, pág. 108), não foram encontrados nos solos, pois aquêles minerais são facilmente decompostos no clima atual, muito mais úmido que o cretáceo.

A *porosidade* é tanto mais alta, quanto maior o teor de húmus e o grau de atividade coloidal das argilas do solo. Por serem muito arenosos os solos, a porosidade aumenta pouco com a aração, mas pode diminuir bastante com o pisoteamento pelo gado nos campos velhos, reduzindo-se em média a uns 45%, podendo-se avaliar os casos extremos em 40%.

Os valores de areia grossa e argila total resultam da *análise mecânica com peptização* (2). O da argila coloidalmente ativa resulta da mesma análise sem peptização artificial, isto é, sem usar outro agente de dispersão, senão a água destilada. Os solos do grupo 16 são, no Estado de São Paulo, dos que mais altas porcentagens de argilas ativas apresentam em relação ao teor total. Isto se dá por serem êstes solos quimicamente dos mais ricos do Estado, sem serem argilosos.

A *higroscopicidade* é uma constante física que exprime o teor de água absorvido pelo solo seco, quando é êle exposto durante tempo infinito (2) ao ar com umidade relativa de cerca de 96% a 20°C. É diretamente proporcional à capacidade de retenção d'água. Recalculada por 100 gramas de argila, a higroscopicidade vai indicar uma das principais características das argilas do solo. O valor máximo assim encontrado nos solos do grupo 15 é no geral inferior ao mínimo consta-

tado nos solos 16, em virtude da presença, nestes últimos, de argilas de poder sortivo superior ao da caulinita e dos sesquióxidos de alumínio e ferro de maior ou menor grau de hidratação.

Assim a higroscopicidade das argilas (quociente entre a higroscopicidade e a argila total) é uma das pouquíssimas características físicas capazes de indicar com precisão se uma amostra de solo é do grupo 15 ou 16, pois, como dissemos, os dois tipos de solo são fisicamente muito semelhantes, e muito diversos quimicamente.

A *resistência contra a erosão* é uma relação entre a capacidade de retenção d'água e a porosidade. As condições locais de erodibilidade do solo crescem com a declividade, com a intensidade das chuvas e com a existência de camada menos permeável em pequena profundidade do solo, ficando assim o horizonte A com a sua cubagem, disponível à penetração da água pluvial, grandemente reduzida.

Os *elementos químicos totais* não resultam da análise total do solo por meio de fusão, que só interessa no caso de rochas. Trata-se de análise total da parte mais fina do solo, pois a parte mais grossa não contribui com atividade coloidal e não rege o comportamento físico-químico e biológico do solo. O ataque da amostra é feito com ácido sulfúrico concentrado, fervendo em presença de oxidante. Assim são atacados apenas os minerais menos ácidos (portadores de teor total de sílica inferior a cerca de 60%), e somente na sua superfície. Os teores obtidos representam, desse modo, o total dos elementos químicos existentes no solo e passíveis de serem libertados pelo intemperismo e pela ação microbiana até um futuro bastante remoto, mas não desprezível do ponto de vista agrícola e coloidal dos solos.

Os *elementos químicos trocáveis* são os agentes químicos ativos, retidos por sorção junto à superfície das partículas. É a riqueza química do solo que influencia a retenção de água e rege a alimentação das plantas e dos microrganismos, pois constitui objeto de *troca* entre eles e o solo. Assim, por meio de reações de dupla-troca, o solo cederia K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} , Mn^{++} , etc. e receberia H^+ , no caso de catiônios, assim como cederia $(PO_4)^-$ em troca de $(HCO_3)^-$ secretado pelas plantas. Nos dois casos temos acidificação do solo em consequência de cultivo. Esta acidez, de H^+ e de $(HCO_3)^-$, é chamada inócua. Os diversos elementos trocáveis são extraídos do solo por lixiviação com diversos ácidos orgânicos ou minerais fracos, vários sais organo-minerais, etc., conforme o elemento químico, pois é preciso conseguir no laboratório um poder de extração bem relacionado com o desenvolvido pelas plantas em solo de ótimas propriedades físicas.

Na soma das bases trocáveis *S* estão incluídos os teores de Na, Li, NH_4 e outros catiônios que não especificamos separadamente por serem encontrados em quantidades ínfimas e muito variáveis. O sódio não alimenta diretamente as plantas. O amônio, em regra, não se encontra, salvo em solos florestais e na estação chuvosa, ou em pontos de drenagem deficiente.

O hidrogênio e o alumínio trocáveis condicionam a *acidez* do solo. O hidrogênio é acidez inócua, em grande parte orgânica. Representa principalmente o *deficit* de saturação do complexo coloidal do solo com bases. Aumenta com a retirada de bases trocáveis pelas plantas. Diminui com a solubilização do teor total dessas bases. O alumínio é acidez nociva às plantas. É puramente mineral. Resulta da solubilização da hidrargilita e de argilas em meio ácido, argilas estas que, por decomposição, tenham perdido a sua sílica.

O *complexo argila*, extraído por processo semelhante ao do teor total, é a parte mineral mais fina do solo, entrando aqui evidentemente também as películas argilosas que envolvem os grânulos de diâmetro maior que 0,002 milímetros. O índice *sílica/sesquióxidos*, calculado daí, é tanto mais baixo, quanto mais laterizado se acha o solo. Teor alto de sílica e índice alto significam bom funcionamento biológico e coloidal do solo. Teor alto de alumina e índice baixo significam mau funcionamento coloidal do solo e dificuldades do seu melhoramento como meio de produção agrícola.

Teores mais altos de ferro e titânio nos solos do grupo 16, que nos do grupo 15, significam que a rocha-matriz é mais rica em elementos ferro-magnesianos e em ilmenita. Como dissemos, a presença destes minerais nos arenitos Bauru é explicada pelo *reworking* cretáceo de lençóis efusivos triássicos intercalados nos espessos sedimentos eólicos da série São Bento.

A *classificação de VAGELER*, por meio de diagrama em triângulo, que damos na fig. 5, constitui avaliação melhor do grau de laterização de solos minerais tropicais e sub-tropicais do que o índice sílica/sesquióxidos, muito usado nos climas temperados. Basta dizer que aqui muitos solos produtivos possuem índices bem inferiores a 1 e, segundo conceito europeu, deveriam ser lateríticos em tal grau, que sua produção agrícola e possibilidade de adubação deveriam ser muito duvidosos. Ora, isto só ocorre realmente no caso de terras roxas legítimas muito empobrecidas e lavadas, cujos índices são da ordem de 0,2 ou 0,3; achamos, entretanto, que a questão depende menos do índice e mais da oposição do ponto no diagrama de VAGELER (fig. 5). Visto que tais questões de aproveitamento do solo dependem do clima, o conceito de *laterito*, bem apropriado do ponto de vista agrícola, deveria sofrer modificação ainda mais radical que a empregada por VAGELER. Assim seriam aqui lateritos apenas os solos que no diagrama dêle se situassem nas proximidades da base de todo o seu triângulo, independentemente da classificação em *alito*, *laterito* ou *ferrito*.

Assim a fig. 5a mostra a concepção do autor, algo diferente da de VAGELER. A região dos lateritos fica no diagrama abaixo do arco de círculo inferior. Entre este e o de cima fica a região dos solos lateríticos. A laterização é o movimento do ponto (que representa a composição relativa do complexo mineral em SiO_2 , Al_2O_3 e Fe_2O_3 de um solo) de cima para baixo, isto é, do vértice do triângulo para a base. A podzolização é o movimento para cima, da base para o vértice.

O movimento se processa ao longo da reta que une o vértice com o ponto representado pela rocha. A linha é sensivelmente reta graças à conservação quase integral da proporção relativa entre Al_2O_3 e Fe_2O_3 nos climas úmidos tropicais, em que estes óxidos são estáveis no solo. Quanto mais se moveu o ponto para baixo ao longo dessa reta, tanto mais velho é o solo, tanto mais laterizado e próximo da senilidade completa (que seria a base do triângulo), tanto mais decaída se acha a sua fertilidade e tanto mais difícil se torna o trabalho da restauração da sua capacidade produtiva por meio da adubação. É preciso frisar que tudo isto é esquemático, mas elucidativo para a compreensão da natureza intrínseca físico-química (coloidal) de um solo em conexão com a sua gênese e valor agrícola.

Na discussão da idêntica tabela de características dos solos dos grupos 11 e 12, que damos mais adiante, explicamos melhor diversas delas que apresentam valores especialmente interessantes.

5 — A distinção entre os dois grupos de solos de Bauru

Visto que a diferença entre os solos 15 e 16 consiste em sua natureza química, pois fisicamente são eles bastante semelhantes, somente o tipo de vegetação pode permitir a sua distinção no campo. Isto é fácil, quando se trata de vegetação primária ou de culturas exigentes, mas é às vezes bastante difícil, quando estamos em presença de campos anualmente queimados. Como dissemos, os solos do grupo 15 quase não são cultivados e, quando o são, apresentam culturas de mau aspecto. As suas pastagens, entretanto, podem possuir bom aspecto, quando bem plantadas e não nativas, e quando observadas na estação chuvosa ou num inverno que se não caracterize por estiagem aguda.

Mas no laboratório a distinção é facilíma. Assim, quanto aos valores de pH internacional (suspensão de solo em água em partes iguais), teores de cálcio trocável e total, soma das bases trocáveis S e o índice de saturação V , os valores mais baixos possíveis em solos típicos do grupo 16 superam aos mais altos que podem ser encontrados nos solos do grupo 15. Da mesma maneira se comporta o teor de Al trocável, também chamado "acidez nociva" ou "acidez trocável", que é talvez a melhor característica para a distinção entre os dois grupos de solos: os valores mais baixos que possam ser encontrados nos solos do grupo 15, superam, por larga margem, aos mais altos possíveis nos solos do grupo 16.

Há também outros sinais de diferenciação, se bem que não tão infalíveis, pois pode acontecer, aliás, raramente, que os valores mais baixos dos solos do grupo 16 sejam da mesma ordem de grandeza que os mais altos encontrados nos solos do grupo 15. São eles: manganês trocável, quanto à parte química, e, quanto à física, a higroscopicidade das argilas (calculada por 100 gramas de argila total do solo), visto que esta característica física decorre da riqueza química trocável, a qual se acha por sua vez concentrada nas argilas do solo.

CLASSIFICAÇÃO GERAL dos SOLOS segundo a ESTRUTURA dos COMPLEXOS

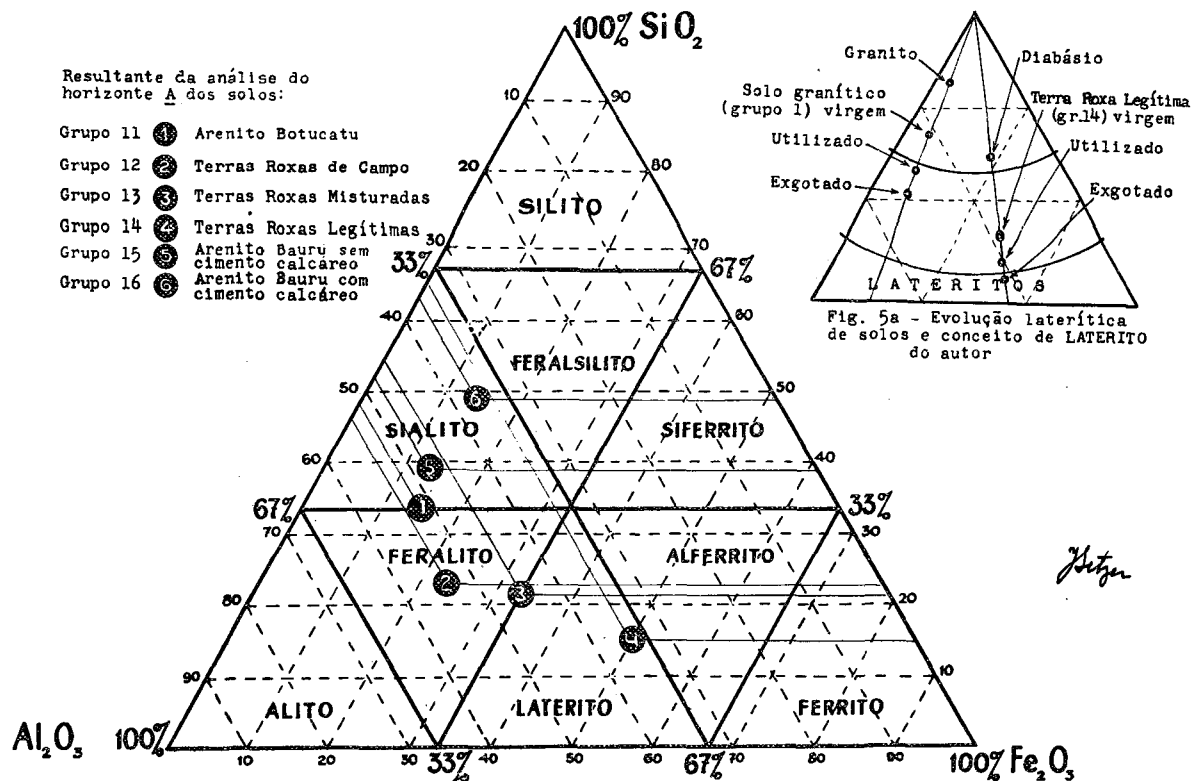


Fig. 5 - Diagrama da classificação de solos minerais pela estrutura do seu complexo mineral "argila" de acordo com Vageler

Outras características, químicas e físicas, quase sempre são incomparavelmente mais altas nos solos do grupo 16 que nos do grupo 15. As físicas são: teor de argilas coloidalmente ativas e teor de água encontrada num certo dia da estação chuvosa, que não seja, entretanto, dia de chuva. As químicas são mais numerosas: índice sílica/sesquióxidos, magnésio total e trocável, carbono, potássio e fósforo totais, e perda ao rubro devida à volatilização da matéria orgânica. Os valores de hidrogênio trocável (acidez "hidrolítica" ou "inócua") e a soma dos acidóides do solo se comportam da mesma maneira, mas os solos do grupo 15, pelo contrário, quase sempre apresentam tais teores bem mais altos que os do grupo 16.

Mais adiante citaremos as características que permitem distinguir os solos do grupo 15 dos do grupo 11, assunto êste importante, pois, quanto à parte visível no campo, deve ter sido largamente utilizado para o mapeamento da formação "Caiuá" por GUILHERME FLORENCE, JOVIANO PACHECO e CHESTER WASHBURNE (47).

6 — O nosso mapeamento agro-geológico

Visto que na região cretácea são raríssimos os afloramentos, tivemos poucas oportunidades de basear o nosso mapeamento em exames diretos de arenitos.

A separação entre as áreas de arenitos com cimento calcáreo e as de arenitos com cimento argiloso pobre em cálcio baseou-se na verificação da natureza dos solos, de acôrdo com os dados da tabela 1. Com a prática, conseguimos identificar os dois tipos de terreno também pela sua vegetação, ainda que não fôsse primária, e sim de culturas mal conduzidas e mesmo de pastagens muito queimadas.

Como mostra a tabela 1, a diferença nas características químicas apresentadas pelos dois grupos de solos é tão grande que às vezes o mínimo dos solos do grupo 16 sobrepuja o máximo encontrado nos solos do grupo 15. Esta circunstância é suficiente para que seja fácil o discernimento pelo tipo de vegetação, principalmente para quem tende sempre a explicar o resultado do cultivo do solo. Existem, aliás, plantas nativas na região que só vegetam nos solos do grupo 16, pois são muito exigentes em matéria de riqueza química do solo, como por exemplo o já mencionado "cipó prata".

Achamos assim bastante fácil delimitar a área, cujos solos foram gerados pelo arenito rico em cimento calcáreo.

Outra circunstância que facilitou a delimitação, é a horizontalidade quase perfeita das camadas Bauru, de modo que as manchas de arenito Bauru calcífero podem ser delimitadas na carta hipsométrica por certas cotas que variam pouco de município para município.

Vejamos, por exemplo, o espigão da E. F. Noroeste, a partir da cidade de Bauru (fig. 6 e mapa 2). A mancha de arenito rico em cálcio começa a 510 metros de altitude no quilômetro 2,5 da cidade (contando-se pela estrada de rodagem a partir da ponte sobre o rio Bauru), e acaba no quilômetro 27, na mesma altitude de 510 metros. Estas de-

terminações foram feitas por meio de altímetro graduado de 5 em 5 metros, compensado, marca "Casella", tendo sido pequenos os intervalos de tempo entre as leituras a serem comparadas. Pela estrada de rodagem, essa mancha de Bauru calcífero acha-se interrompida três vezes por entradas de Bauru não calcífero nos vales de três ribeirões, cujas cotas são de 475, 480 e 490 metros, respectivamente, numerando-se esses cursos d'água a partir da cidade de Bauru. Nas encostas setentrionais desses ribeirões os solos ricos, do grupo 16, têm início não a 510 metros de altitude, e sim um pouco abaixo: em 495 m no primeiro, 500 metros no segundo e em 505 metros no terceiro ribeirão.

Afim de explicar essas cotas inferiores mais baixas no centro que na periferia da camada de arenito rico, basta lembrar que os lençóis lacustres devem ter o fundo côncavo e a superfície de cima plana, como os representamos na fig. 1. Assim o fundo no centro de lago está em cota mais baixa que nas proximidades das margens.

No mesmo sentido, de abaixamento do contacto entre os dois tipos de terreno, funciona, como já lembramos, o fenômeno diagenético do solo que é a lixiviação atual dos espigões submetidos à utilização agrícola: uma parte da riqueza química retirada pelas águas no alto de morros ficará retida na encosta. E assim a divisa entre os dois grupos de solos tende a ser deslocada morro abaixo, fazendo confundir o prospector de campo. Achamos, contudo, que o fundamento geológico do fato é o mais freqüente e mais forte. O fenômeno pedológico produz quase sempre oscilação da cota da divisa entre os dois grupos de solos conforme o grau de maus tratos infligidos às terras, ao passo que o fenômeno geológico condiciona um abaixamento gradativo da cota, a qual só pode mudar sensivelmente, no caso em aprêço, numa extensão mínima de uns 5 quilômetros.

Para que se possa avaliar a espessura da camada desse arenito com cimento calcáreo, devemos observar que os pontos mais altos dessa mancha de terrenos ricos de Bauru alcançam, pela estrada de rodagem, 590 metros de altitude no Km 5,5, 545 metros no Km 10,5, 560 metros no Km 13,5, 545 metros no Km 21,5 e no Km 25,5. Os solos mais ricos do que o valor médio do grupo 16 da tabela 1 encontram-se apenas nos dois pontos mais altos: o de 590 metros e o de 560 metros de altitude. No primeiro destes casos têm 2 quilômetros de extensão e no segundo 1,5 quilômetro.

Esta mancha não foi cruzada em outra direção, mas foi feita exploração da fazenda Val de Palmas, de várias dezenas de quilômetros quadrados, descendo-se do espigão para os dois lados. A região assim percorrida (em automóvel) abrangeu diversas dezenas de quilômetros quadrados, tendo sido tomados 10 perfis de solos os mais variados, afim de documentar o bom e o mau crescimento de cafêzais.

Constatou-se assim que a melhor cota para separar entre si os dois terrenos de Bauru era mesmo a de 510 metros. Se algumas glebas situadas a uma cota ligeiramente inferior ainda apresentavam solos de certa riqueza química, isto, como acima mencionamos, resulta de fenômenos pedológicos e não tem nada a ver com as camadas geológicas.

A mancha seguinte de arenito calcífero fica entre Avaí e Pirajuí. Começa no quilômetro 4 de Avaí, a 500 metros de altitude. É interrompida no quilômetro 6,5 a 495 metros de altitude pelo vale de um afluente do rio Batalha. Recomeça do outro lado do vale no quilômetro 10,5 e em 505 metros de altitude. Segue sem interrupção até o quilômetro 30, onde a cota é de 520 metros. Esta mancha foi explorada ao longo de outras duas estradas: Presidente Alves a Garça, e Pirajuí a Pongai. Na direção de Garça a divisa entre o Bauru rico e pobre em cálcio vai subindo lentamente até atingir o máximo de 530 metros, no vale do rio Feio. Na direção de Pongai, ao contrário, a divisa entre os dois tipos de arenito vai baixando lentamente até atingir o mínimo de 495 metros. É que as enormes lajes de basaltitos da série São Bento subjacente possuem inclinação na direção NE, isto é, para o vale do Tietê, o que foi constatado em numerosas sondagens feitas pelo Departamento das Municipalidades em busca de água límpida para abastecimento de cidades.

Vê-se que, em vista da suavidade do relêvo, os mapas geológicos dos municípios de Bauru, Avaí, Presidente Alves e Pirajuí podem ser facilmente traçados. Nos lugares, em que não estivemos, baseamo-nos na excelente carta hipsométrica de 1943 do Instituto Geográfico e Geológico. Assim a exatidão do nosso mapa n.º 2 depende grandemente da exatidão daquela carta hipsométrica, a qual, é necessário observar, apresenta nessa região tôdas as curvas de nível pontilhadas, significando que o levantamento topográfico exato ainda não foi feito.

Fizemos trabalhos de campo nas regiões em que essa carta apresenta curvas de nível traçadas com linha cheia e tivemos sempre nas mãos as fôlhas topográficas na escala de 1: 100 000, nas quais a carta hipsométrica foi baseada. Devemos observar que diversas vezes a topografia real não correspondia perfeitamente à que davam êstes mapas. É evidente que o levantamento topográfico usual nunca pode atingir o grau de precisão do levantamento aerofotogramétrico (ver, por exemplo a *Geographical Review* de janeiro de 1946, New York). É nossa opinião que êste método moderno devia ser aplicado com a máxima urgência no Brasil. Mais cedo ou mais tarde será preciso executar o levantamento aerofotogramétrico de todo o País. Mas, quanto antes seja feito, tanto mais útil será para o mapeamento pedológico, visto que, conhecidos o clima e a geologia, tais fotogramas, em regiões pouco atingidas pelo fogo e pelo machado, valem por verdadeiros mapas de solos.

No município de Bauru temos a cota de 510 metros envolvendo a mancha de arenito com cimento calcáreo sem grande tendência para subir em direção SW e baixar para NE, podendo-se admitir o aumento de cota em direção SW até 520 metros e o abaixamento para NE até 500 metros. A distância média para cada lado sendo da ordem de 15 quilômetros, temos uma declividade pouco inferior a 0,1%.

Nos outros três municípios mencionados, a divisa sobe de 500 metros para 520 metros de Avaí para Pirajuí, mas no sentido de norte a sul, isto é, do vale do Tietê para o do rio Feio, sobe de 495 metros para 530 metros, observando-se inclinação das camadas também próxima de 0,1%.

Vamos examinar a terceira mancha de Bauru com cimento calcáreo, a que fica entre Pirajuí e Cafelândia. Aí temos uma anomalia interessante: as cotas são repentinamente bem mais baixas, fazendo surgir a idéia de que todo o terreno da bacia do rio Dourado tenha sofrido abaixamento no período Terciário. Tal idéia pode surgir em virtude do fato de estar fraturada em grandes blocos a laje enorme de lavas, sobre a qual assentam os arenitos Bauru, com ou sem intercalação de arenito Botucatu post-efusivo. A bacia hidrográfica do rio Dourado pode coincidir com um desses blocos.

O fraturamento da laje basáltica é indubitável. Na série São Bento muitos dos rios em que ocorrem afloramentos do *trap triássico*, apresentam-no apenas numa das margens e no leito, sendo a outra margem de arenito Botucatu. Trata-se de falha com escorregamento. O rio passa sobre a falha, como é lógico. Mesmo na região cretácea isto ocorre, como, por exemplo, em Araçatuba, no ribeirão Baguaçu, que passa beirando a cidade. A margem esquerda, alta, apresenta um paredão de basalto, ao passo que a margem direita é de arenito Botucatu superposto por Bauru isento de cimento calcáreo. A encosta é suave e sem qualquer vestígio de eruptivas.

E' contudo mais provável que essa terceira mancha de Bauru com cimento calcáreo seja mais baixa que as duas precedentes por motivo ilustrado na fig. 1. Tratar-se-ia simplesmente do fato de estarem os leitos de arenitos calcáreos espalhados pela formação Bauru de maneira intermitente e sem guardar o mesmo nível, ao passo que o sistema hidrográfico atual cavou os seus leitos no arenito isento de cimento calcáreo, ficando as camadas com cálcio, mais bem cimentadas e resistentes, nas proeminências do relêvo atual.

Essa terceira mancha, a contar da cidade de Bauru pelo espigão atravessado pela E. F. Noroeste, começa a 1,5 quilômetro de Pirajuí em cota de 460 metros e termina no quilômetro 30 na mesma cota, 2,5 quilômetros aquém da estação ferroviária de Cafelândia. Mas no quilômetro 25, a contar de Pirajuí, existem terrenos Bauru cálcicos em cota de 445 metros. As terras mais ricas ficam entre o quilômetro 2 e 19,5 de Pirajuí, alcançando os seus pontos mais altos as cotas de 525 metros, havendo mesmo um ponto com 545 metros de altitude. Esse leito de arenito com cimento calcáreo alcança, pois, 100 metros de espessura. Parece tratar-se de um leito só, porque os pequenos ribeirões e córregos que modelam o seu relêvo, estão inteiramente dentro do lençol de arenito rico.

De Cafelândia a Araçatuba, a E. F. Noroeste se afasta do espigão, passando gradativamente para o vale do Tietê. Tornam-se assim raros os terrenos Bauru calcíferos. Predominam os do arenito Bauru não cal-

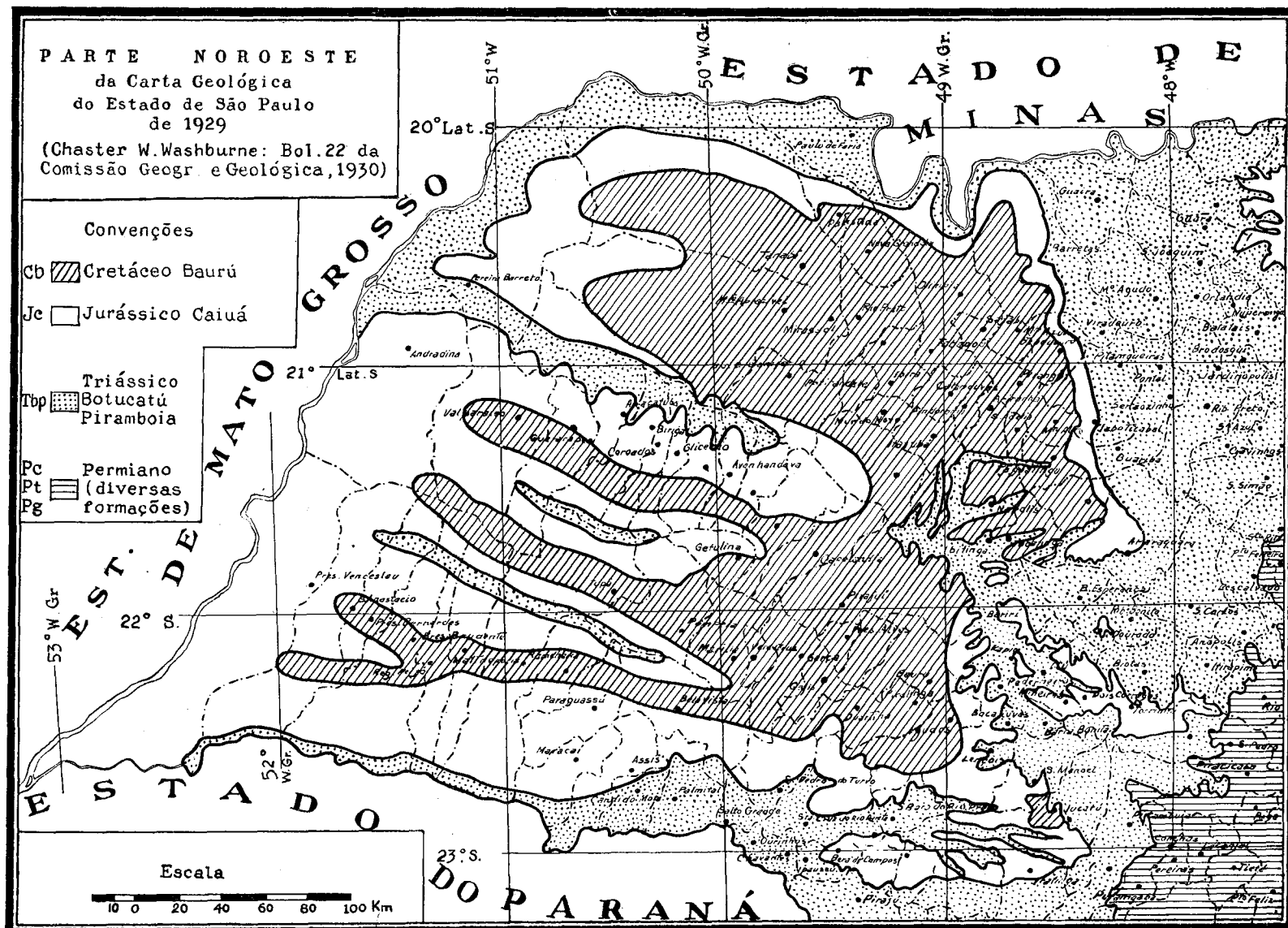
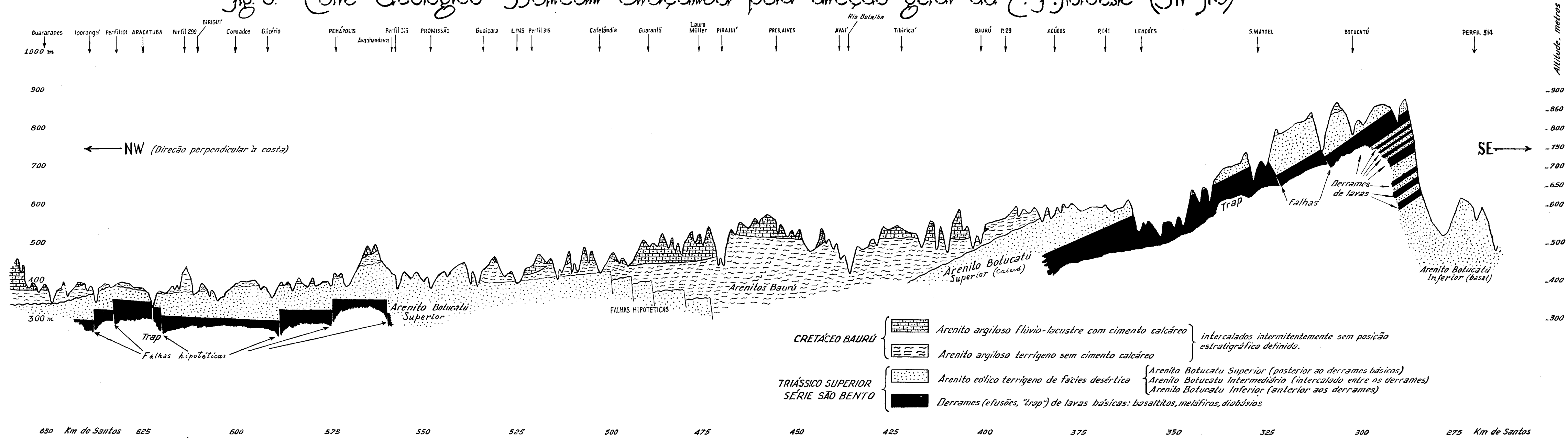


Fig. 6. Corte Geológico Botucatu-Araçatuba pela direção geral da E. F. Noroeste (SW-NO)



Setzer

Engo Jose Setzer, 1942

cífero, havendo mesmo afloramento de arenito Botucatu, cujos solos se distinguem dos do grupo 15 por um teor mais baixo de argilas, e cujo tipo é quase inteiramente caulínico. Além disto, os solos do grupo 11 não contêm grânulos arenosos negros e são ainda mais inconsistentes e quimicamente mais pobres. O teor de manganês trocável geralmente não atinge nem 0,10 ME por 100 cm³ de solo, que é o mínimo encontrado nos solos do grupo 15. Isso, porque o arenito Botucatu é um sedimento eólico e, quando constitui camada de grande espessura, não pode, salvo acidentalmente, trazer detritos de lavas básicas.

A última mancha de arenito com cimento calcáreo, que abrange o espigão desde Lins até Andradina, é limitada na sua extremidade noroeste pela cota de 325 metros. A SW de Valparaíso essa altitude é de 370 metros. Perto da cidade de Guararapes é de 359 metros. A SW de Birigui é de 420 metros. Pelo caminho de Avanhadava a Penápolis tem início no quilômetro 4, contando-se a partir de Avanhadava, em cota de 480 metros, mas termina no quilômetro 8 em altitude de 460 metros. Entre Lins e Guaíçara os dois pontos mais proeminentes, situados nos quilômetros 1, 5 e 6, possuem as cotas de 425 e 465 metros, respectivamente. São manchas de solo rico do grupo 16 com cerca de 1 quilômetro de extensão pela estrada de rodagem, e espessura (vertical) de 10 a 15 metros. A base da camada de arenito calcáreo possui assim as cotas de 415 e 450 metros, respectivamente. Parece que se trata de restos de duas camadas inteiramente situadas em níveis diferentes.

Saindo de Lins na direção de Cafelândia, sobe-se de 395 metros até 470 metros, ponto este que fica distante 5,5 quilômetros de Lins. Os terrenos ricos encontram-se na cota de 415 metros e vão até a cota de 440 metros, onde a topografia se torna plana. Depois de um quilômetro e meio, recomeça a subida em terreno pobre indo até a cota de 455 metros. Aí começa novamente arenito Bauru com cimento calcáreo até o fim da elevação (470 metros). Parece-nos que se trata de encosta em que afloram dois lençóis de arenito rico. O de baixo condiciona topografia plana, graças à dificuldade de ser erodido pelo regime hidrográfico atual.

O fato de existirem dois lençóis de arenito com cimento calcáreo numa só encosta indica que nenhum dos espigões compridos que separam os afluentes do Paraná e do Rio Grande, pode apresentar uma só mancha rica em toda a sua extensão. São manchas separadas porque os lagos da época cretácea eram separados. Não houve um só lago tão comprido como os atuais espigões principais. Mas muitas vezes a separação entre as manchas é tão pequena, que não as representamos no nosso mapa n.º 2. Também os fatores diagenéticos do solo, mormente a lixiviação das lombadas em favor das encostas, contribuíram para que tais separações não apresentassem solos típicos do grupo 15. Assim é lógico que no nosso mapa, que é agro-geológico, não tenhamos indicado tais intervalos entre as manchas de arenito rico em cálcio. Mas num mapa puramente geológico, isto deveria ser indicado.

O exposto, a respeito do espigão entre o Tietê e os rios Aguapeí e Feio, mostra que o mapa hipsométrico possibilita mapeamento bastante pormenorizado, e muito útil do ponto de vista agrícola, pois se trata da distinção entre as duas rochas apresentadas pela mesma formação geológica. Assim o mapa geológico adquire valor de mapa pedológico, ao menos em primeira aproximação.

Como já observamos, ao contrário do que dizem as idéias clássicas, desenvolvidas em climas temperados, os solos do Brasil e do Estado de São Paulo em particular, possuem natureza intimamente ligada à geologia. Por ser quente o clima, e devido à existência de estiagem, o desenvolvimento orgânico do solo é escasso, e então o clima cede a primazia à geologia, como fator dominante na gênese do solo.

Não vamos descrever o resto do espigão até Andradina, nem os outros espigões, entre os rios Aguapeí e do Peixe, entre este e o Paranapanema, entre o Tietê e o São José dos Dourados, entre este e o rio Turvo, etc., pois o quadro que se apresentaria, seria essencialmente o mesmo. Vejamos, entretanto, perfunctoriamente alguns pontos desses outros espigões em que se dá o contacto dos dois arenitos da formação Bauru, apenas para dar idéia a respeito de gradientes de altitude deste contacto nas várias direções da formação.

Espigão entre os rios Paranapanema e do Peixe:

- a NW de Santo-Anastácio: 400 metros de altitude;
- a SW de Presidente Prudente: 430 metros;
- ao norte de Martinópolis: 420 metros;
- ao norte de Quatá: 500 metros;
- entre Quatá e Paraguaçu: 520 metros;
- nas proximidades de Bela Vista: 545 metros;
- a NE de Bela Vista: 530 metros;
- na região de Duartina: 560 metros;
- a meio caminho entre Bela Vista e Duartina: 570 metros;
- no espigão entre os rios Paraná e Paranapanema, onde os antigos mapas davam a "serra do Diabo": 420 metros.

Espigão entre os rios do Peixe e Aguapeí:

- nas proximidades de Gracianópolis (município de Lucélia): 340 metros;
- a NE de Lucélia: 410 metros;
- a SW de Lucélia: 410 metros;
- ao norte de Tupã: 425 metros;
- a SW de Tupã: 440 metros;
- nas proximidades de Piratininga: 520 metros;
- nas proximidades de Gália: 540 metros;

— ao sul de Marília: 550 metros; aqui há afloramento de duas lentes distintas de arenito rico em cálcio; o fundo da lente inferior aflora próximo do rio do Peixe, em altitude de cerca de 500 metros, o plano superior forma patamar, como entre Lins e Cafelândia, que citamos acima.

A camada de Bauru calcífero, sobre a qual fica a cidade de Marília, parece conter, ao menos em alguns pontos, arenito cinerítico. PARVA NETO (32, chapas 68 e 69) encontrou montmorilonitas em solos desta camada. Cinzas vulcânicas caindo em água salgada ou ao menos salobra, como a dos lagos rasos de clima semi-árido, como o que aqui imperara no Cretáceo, podem dar origem a bentonitas, cujo caso particular representa a montmorilonita citada.

Espigão entre os rios Tietê e São José dos Dourados:

- na ponta ocidental da mancha Bauru com cimento calcáreo, a NW de Pereira-Barreto: 350 metros de altitude;
- a NW de Nhandiara: 430 metros;
- no cruzamento do paralelo de 21°S com o meridiano de 50° WGr: 480 metros;

Espigão entre o rio São José dos Dourados e o rio Grande:

- na ponta ocidental da mancha de Bauru cálcico: 440 metros de altitude;
- ao sul de Votuporanga: 500 metros;
- a oeste de Paulo de Faria: 460 metros;
- no paralelo de 20°S, a oeste do meridiano de 50°WGr: 450 metros; ainda no começo deste século GUILHERME FLORENCE (29) (9) localizara "Grés de Bauru" no seu mapa do levantamento do rio Grande; certamente se trata de arenito com cimento calcáreo, pois o outro naquele tempo não era considerado Bauru; teríamos assim afloramento de duas lentes de arenito rico em cálcio, a cota do fundo da lente inferior sendo da ordem de 350 metros.

Na parte nordeste da formação Bauru:

- ao sul de Guaraci: 520 metros de altitude;
- no extremo norte do município de Barretos: 520 metros;
- ao norte de Nova-Granada: 510 metros;
- nas proximidades de Tabapuã: 534 metros;
- nas proximidades de Potirendaba: 540 metros;
- ao sul de Novo-Horizonte: 590 metros;
- ao norte de Itápolis: 580 metros;
- a oeste de Bebedouro: 600 metros;
- a SE de Matão: 610 metros;

— a leste de Monte-Alto: 610 metros; este leito parece atingir a espessura de 100 metros, pois a altitude dos pontos mais altos chega a 720 metros; é menor a probabilidade de se tratar de dois leitos verticalmente próximos um ao outro.

O Prof. VAGELER supõe que, ao menos em parte dessas terras altas (serra de Jabuticabal), o arenito é cinerítico e localmente verdadeiro cinerito (44, pág. 31), talvez terciários (3, pág. 22). Aqui encontrou PAIVA NETO (32, chapas 65, 74, 78 e 79) argilas montmoriloníticas no perfil de solo n.º 77, que o Prof. VAGELER tomara “auf dem hoechsten Punkt in ganz sicherem Eluvium der Aschendeck” (relatório de pesquisas de campo não publicado).

Nas proximidades de Rio Preto a altitude da divisa entre Bauru cálcio e Bauru sem cimento calcáreo é de 500 metros.

Esta camada apresenta na gruta de Mirassol, em altitude de 490 metros, um horizonte conglomerático com cimento calcáreo, bem como leitos finos bastante argilosos. A 3 quilômetros ao norte da cidade e quase 100 metros acima do conglomerato, há camadas fossilíferas no alto de morros, que parecem ser as mesmas citadas por MORAIS RÊGO (24, pág. 131): são ossadas de enormes animais cretáceos.

Na região de Tabatinga, Itápolis, Borborema e Ibitinga a formação Bauru possui poucas dezenas de metros de espessura. Sem embargo, os espigões não deixam de apresentar solos do grupo 16. Mas, por ser delgada ali a formação Bauru, as camadas da série São Bento afloram em todos os rios e mesmo nos ribeirões quase até às nascentes. Corroborar nisto o fato de possuírem ali as lajes de lavas um leve mergulho de NE para SW, como aliás se observa em toda a margem direita do rio Tietê. Nem sempre há apreciável espessura de arenito Botucatu entre o *trap* e o arenito Bauru isento de cimento calcáreo. No geral, quanto mais nos afastamos do rio Tietê, tanto mais provável se torna a ausência de arenito Botucatu. Assim nas partes superiores do curso dos rios São Lourenço, dos Porcos, Jacaré-Guaçu e Itaquerê, somente no leito deles se encontram diabásios e pequena faixa das margens apresenta terras roxas, havendo transição para solos do grupo 15 sem passagem pelo grupo 11.

A presença de argilas do tipo bentonítico, em solos gerados por arenitos quimicamente ricos da formação Bauru, é auspiciosa do ponto de vista agrícola. Tais argilas melhoram as propriedades físicas desses solos tão arenosos. A sua pouca argila trabalha intensivamente no sentido de retenção d'água e alimentação mineral das plantas, equivalendo deste ponto de vista à ação de teores muito maiores de argilas próprias de outros solos, como por exemplo massapés arqueanos (gerados por gnaisse biotíticos) ou terras roxas.

Aqui está a explicação da existência de vastos cafezais em solos arenosos do grupo 16. É verdade que esta cultura exige do solo alta capacidade de retenção d'água, maior que a oferecida mesmo pelos solos do grupo 16 possuidores de argilas bentoníticas, mas é fato verificado que o cafeeiro se contenta com quantidades de água tanto

menores, quanto mais fácil é a sua alimentação química. É preciso acrescentar que isto se passa enquanto a tensão osmótica do solo não sobe acima de um certo nível não muito alto. Mas isto não se verifica, senão em consequência de fortes estiagens.¹

Quanto à origem dessas argilas bentoníticas, a hipótese de VAGELER, de queda de cinzas vulcânicas (do vulcanismo andino) em lagos de água salobra, não é forçosamente a única a levar em consideração. TWENHOFEL (42, pág. 295), citando a presença de montmorilonita nos Estados Unidos em bentonitas cretáceas da área das Great Plains, diz que este material também faz parte de argilas derivadas da decomposição de vários minerais de rochas ígneas. Com maior razão isto se pode esperar quando a sedimentação se produz em clima árido e os detritos são de eruptivas básicas (41, pág. 243).

*

* *

O resumo dessa altimetria do arenito com cimento calcáreo pode ser o seguinte:

1 — A linha mapeada, de contacto entre os arenitos Bauru com e sem cimento calcáreo, possui cota cada vez maior de oeste para leste e, dentro de cada espigão, de norte para sul. No espigão da E. F. Sorocabana o nível inferior do arenito com cimento calcáreo sobe de 420 para 570 metros de altitude. No espigão entre os rios do Peixe e Aguapeí de 340 a 520 metros. No da E. F. Noroeste, de 325 a 510 metros. No espigão entre o Tietê e o rio São José dos Dourados, de 350 a 540 metros. No da E. F. Araraquarense, de 440 a 610 metros. Pela linha Frutal, MG-Matão, crescem as altitudes do contacto de 520 a 610 metros. Pela linha Paulo de Faria-Novo Horizonte, de 460 a 590 metros.

2 — O espigão que apresenta nível mais baixo desses arenitos quimicamente ricos é o da E. F. Noroeste. Os espigões paralelos apresentam níveis de contacto cada vez mais altos, e tanto mais, quanto mais afastados do rio Tietê, para o sul como para o norte. É estreita a correlação entre a distribuição do arenito Bauru com cimento calcáreo e a topografia atual. Assim o nosso mapa n.º 2 depende muito da exatidão da carta hipsométrica de 1943 do Instituto Geográfico e Geológico do Estado de São Paulo, que lhe serviu de base.

3 — Em diversos pontos afloram, numa só encosta extensa, duas camadas de arenito com cimento calcáreo. O plano da camada inferior provoca plataforma horizontal na topografia.

¹ De fato: pela tabela n.º 1, a soma das bases trocáveis, de 5,5ME por 100 cm³ de solo, se acha dispersa em cerca de 20 cm³ de água, o que dá uma concentração de 27,5 ME por 100 cm³ de água ou 0,275 equivalentes por litro, ou seja, simplificando a questão, uma tensão osmótica média de $22,4 \times 0,275 = 6$ atmosferas, visto que 1 equival. disperso em 1 litro daria cerca de 22,4 atmosferas. Na estiagem teríamos 20/9 vezes menos água e portanto pressão 2,2 vezes mais alta, isto é, de 14 atmós. Levando em consideração as temperaturas altas da ordem de 25°C na profundidade de 30 a 50 centímetros de solo, aquela pressão osmótica pode sofrer um acréscimo de 10%, subindo assim a 15,5 atmós. Ora, determinações executadas em 1938 pelo Dr. J. E. Rombouts em partes frescas de cafeeiros paulistas (pesquisa inédita) deram tensões osmóticas de 15 a 19 atmosferas nas folhas e de 11 a 14 nas raízes. Portanto, somente estiagens fortes podem causar a queda das folhas, enquanto estiagens comuns acarretam tão somente uma interrupção de absorção de água pelas raízes.

4 — É notável a ausência de camadas argilosas, que deveriam estar presentes, em se tratando de sedimentos de fácies flúvio-lacustre. É verdade que, representando a formação Bauru um ramanejamento da série São Bento, essencialmente constituída de arenitos eólicos, não podia a formação Bauru apresentar vastas camadas de argilitos ou de folhelhos. Mas, ao menos leitos finos e freqüentes de verdadeiros argilitos ou folhelhos deveriam ser encontrados, ainda que em certas áreas, pois dentro da série São Bento remanejada havia camadas de lavas, cuja decomposição deveria produzir argilas. Assim os fatos verificados obrigam à suposição que na parte da série São Bento removida pela erosão cretácea não havia camadas espessas de lavas, tendo predominado largamente o arenito Botucatu.

II — OS TERRENOS DA SÉRIE SÃO BENTO

Constituem a série São Bento camadas de arenito eólico, de *fácies* desértica, entremeadas de camadas de lavas basálticas. O clima árido parece ter permanecido durante tódia a época da formação, que é tida como Triássico superior (Rético).

A — Características litológicas

Antes de tratarmos da contribuição que temos a fazer a respeito do arenito Botucatu, e explanar a significação geológica das chamadas "terras roxas de campo", que não passam de solos provenientes desse arenito apenas com certa influência de lavas básicas, vamos expor algumas questões que dizem respeito à decomposição dessas lavas em clima tropical úmido.

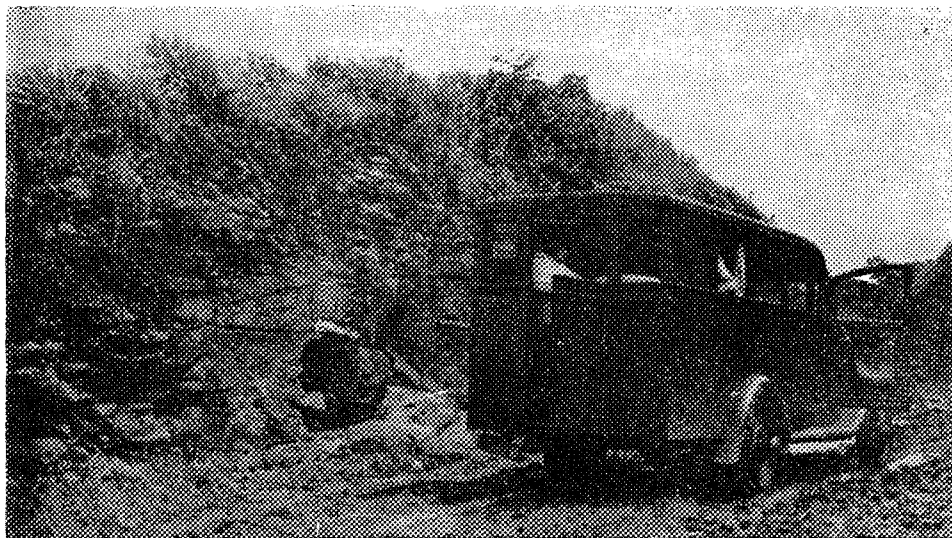


Fig. 7 — Derrame de lavas básicas em forma de camadas finas junto ao salto Avanhandava. Fotografia tomada pelo Prof. VAGELER em dezembro de 1935. Altitude: 350 metros.

1 — As camadas basálticas e sua decomposição

As lavas básicas apresentam-se em forma de camadas horizontais ou pouco inclinadas, de espessura variável desde poucos metros até dezenas de metros. É o *trap* da série São Bento.

As mesmas lavas se intrometeram por entre as camadas sedimentares inferiores do sistema de Santa Catarina, pré-existent, constituindo *sills* e *lacolitos*. A espessura dos *sills* pode ultrapassar uma centena de metros (28, tab. VI) (8). Diques intrusivos do mesmo magma existem também no Complexo Fundamental. Sua possança foi às vezes suficiente para produzir gabros. É notável a ocorrência destes na encosta setentrional da serra da Mantiqueira, na divisa interestadual São Paulo-Minas, ao sul de Sant'Ana do Sapucaí.

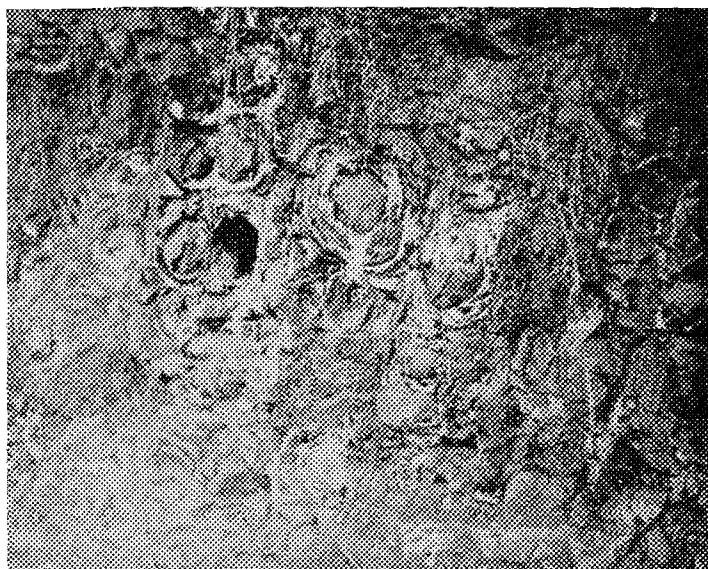


Fig. 8 — Derrame semelhante ao da fotografia anterior, porém mais fortemente atingido pela decomposição. Aqui a cristalização é fina mas não tanto quanto na figura anterior. Notam-se numerosas e relativamente espessas capas de decomposição concêntrica (esfoliação). O bloco que foi retirado do barranco, tinha 20 cms. de diâmetro. Dêle ainda foram retiradas diversas capas, de modo que o âmago negro brilhante de rocha viva era uma esfera do tamanho de ovo de pomba. Fotografia tomada pelo Prof. VAGELER em junho de 1936. O lugar fica no Km. 5 da rodovia de Anápolis para São Carlos em altitude de 850 metros.

As efusões de lavas que constituem os *traps*, acham-se fortemente diaclasadas. Por isto os afloramentos alterados, expostos em cortes de estradas de ferro e de rodagem, apresentam como que camadas que por vezes lembram sedimento estratificado. Tratando-se de parte superior de lençol efusivo espesso, tais camadas se apresentam finas (fig. 9). Mais abaixo atingem espessura de meio a um metro (figs. 7 e 8). Quando fortemente decompostas, apenas núcleos esféricos, por vezes bem pequenos, de rocha ainda não decomposta, incluídos nas camadas, indicam claramente que se trata de eruptiva.

No tôpo de derrames encontram-se em tese meláfiros, de côr marrom, nem sempre escura. Com a profundidade encontramos basaltitos e finalmente diabásios, alguns dos quais com agulhas brancas de plagioclásios (isto ainda é mais comum nos *sills*). Parece que sòmente neste caso, graças à cristalização menos rápida, é que o *trap* apresenta a famosa estrutura colunar do basalto.

Examinemos a junta de duas camadas da fig. 8. A umidade penetrou aí mais rapidamente, de modo que blocos redondos de esfoliação concêntrica se acham alojados em ambas as camadas, cuja espessura pode não ultrapassar meio metro. Nesse caso os blocos redondos de rocha viva podem ter diâmetro de alguns centímetros, o resto da camada sendo preenchido por suas numerosas capas de decomposição concêntrica.

Tratando-se de eruptiva básica, sua decomposição é profunda dando origem a numerosas e espessas capas de esfoliação. Nas camadas de meio metro de espessura, da fig. 8, o bloco de rocha viva, negra brilhante, alojada mais ou menos no seu centro, possui diâmetro de uns 5 centímetros. As capas que envolvem êsse bloco esférico possuem espessura variável de 0,5 a 3 centímetros, aumentam de espessura de dentro para fora, e são assim coloridas:

- 1) negro opaco
- 2) azul esverdeado
- 3) verde claro
- 4) cinzento claro, às vêzes quase branco, com pontos pretos
- 5) creme sujo
- 6) alaranjado
- 7) alaranjado ocre
- 8) ocre avermelhado
- 9) vermelho pardacento
- 10) marrom avermelhado
- 11) marrom arroxeado
- 12) côr de terra roxa, a qual se parece muito com a côr de bôrra de café.

Isto se observa no centro do Estado de São Paulo e na zona de Ribeirão Preto. No sul paranaense e, principalmente, no planalto catarinense, devido à umidade do clima, ausência de estiagem e ausência de altas temperaturas (altitudes acima de 1 000 metros), essas capas de decomposição não são tão numerosas. Diversas delas estão faltando e as presentes possuem freqüentemente espessuras menos desenvolvidas. Os solos originados no planalto catarinense e na região de Guarapuava, (PR), e Palmas, (PR), são vermelhos amarelados ou de todo alaranjados, se bem que com tonalidades escuras.

No sul de Goiás ou na região de Campo Grande, (MT), a estiagem é mais forte que em São Paulo, o clima é mais quente e a precipitação não é superior, de modo que a efetividade da precipitação, no sentido de decomposição das rochas, torna-se mais fraca (39). Temos novamente decomposição menos profunda. As "terras roxas" possuem

côr de tonalidade vermelha viva, principalmente em Goiás. As capas de esfoliação são menos numerosas que em São Paulo, se bem que, talvez, não sejam menos espessas, quando ao abrigo da erosão.

Quando se trata de camadas de espessura reduzida, a lava é do tipo basalto, ou basaltito, como preferem alguns (18), afim de indicar a ausência de olivina. Quando se trata de camadas mais espessas, a rocha merece mais o nome de diabásio, principalmente no centro do lençol efusivo, graças à granulação com caráter holocristalino e desenvolvimento de textura ofítica.

A ocorrência de meláfiros parece indicar a parte superficial dos lençóis efusivos: cristalização em contacto com a atmosfera e com escape de gases. Então a rocha é muitas vezes mais marrom que preta, e nunca brilhante. Possui teor de Fe_2O_3 mais alto que o FeO .



Fig. 9 — Derrame basáltico completamente decomposto, adquirindo aspecto de sedimento. O caráter eruptivo da rocha é apenas traído pelos núcleos de esfoliação, ainda visíveis mas não mais contendo no seu centro resto algum de rocha dura. Local: Km. 6,5 pela rodovia de Ibitinga para Itaju, em 450 m. de altitude. Fotografia tomada pelo Prof. VAGELER em setembro de 1937.

Numerosas análises de amostras paulistas de basaltos, basaltitos, diabásios, meláfiros e mesmo gabros (o mesmo magma em forma de intrusão de grande massa e resfriamento em grande profundidade) já foram publicadas (14) (10) (38) (16).

As análises das várias capas de esfoliação que envolvem blocos redondos de rocha viva mostraram que o teor de sílica diminui ao ponto de se reduzir a zero. Apresentamos isto na fig. 10. Isto se dá na zona vermelha, compreendida entre o material alaranjado e o arroxeadado. Desta última capa de decomposição da rocha até a superfície do solo o teor de SiO_2 torna a aumentar mal atingindo 5%, quando se trata

de solos muito maltratados (38, fig. 1 e tab. 1), e quase chegando a 10%, quando se trata de terras-roxas-legítimas virgens. Damos na tab. 4 a definição quantitativa do clima que produziu êste tipo de decomposição da rocha.

Nas regiões paulistas, cuja superfície foi modelada em lençóis de lavas, há geralmente afloramentos ao menos nos cursos d'água. Encontram-se às vêzes pequenos morros esparsos, bem proeminentes na topografia, de forma cônica, pedregosos e com a rocha aflorando ou existindo a poucos palmos abaixo da superfície, em forma de blocos mais ou menos redondos, de todos os tamanhos atingindo até um metro. Parece-nos que tais morros cônicos marcam pontos de ascensão de efusões das lavas, pois o tipo de rocha possui mais caráter intrusivo que efusivo.

Outros afloramentos são carapaças e blocos redondos de limonito de formação secundária. Apresentam êles numerosíssimas cavidades, algumas ainda parcialmente preenchidas com terra.

Mas, ainda que nenhum dêstes afloramentos fôsse achado, a natureza geológica do terreno seria facilmente reconhecida pela natureza do solo, que é a "terra roxa legítima" inconfundível. Já tivemos ocasião de relatar as características físicas e químicas dêstes solos, tanto médias (34), como individuais, obtidas de análise de solos típicos (38). Explicamos também o tipo de paisagem, vegetação e aspectos rurais que condicionam (37).

São solos inconfundíveis graças à côr característica de bôrra de café, ausência de areia quartzosa, grande teor de material finíssimo que nas análises pedológicas pode alcançar 60% de argila, bem como em virtude de serem muito fofos, frescos e profundos, quase sem diferenciação de horizontes.

2 — O arenito eólico Botucatu

Ao contrário das regiões modeladas no *trap*, as do arenito Botucatu não apresentam afloramentos. Êstes só são encontrados nos poucos pontos, de topografia acidentada, onde foram cozidos pelo contacto com lavas. A camada de arenito cozido, subjacente à lava, acha-se metamorfizada pelo contacto em tal grau que constitui verdadeiro quartzito, rocha duríssima, muito usada para calçamento de jardins e passeios não só pela côr vermelha, como pela resistência ao atrito. Estas qualidades são tão apreciadas, que o arenito Botucatu cozido pelo contacto é utilizado em larga escala em São Paulo, pagando, pois, despesas de transporte de centenas de quilômetros.

Abaixo da parte metamorfizada pelo contacto, cuja espessura geralmente não passa de alguns centímetros e excepcionalmente alcança espessuras maiores que um palmo, temos no geral arenito de estratificação bastante nítida, muitas vêzes cruzada (37, fig. 2). Parece indubitável que se trata de areia eólica acamada em dunas, cuja superfície tem sido desbastada por fortes ventanias soprando em direções diferentes das comumente reinantes.

ASPECTO ESQUEMÁTICO DA DECOMPOSIÇÃO DE DIABÁSIOS E BASALTITOS em clima úmido e quente com estiagem no inverno: Rib.Preto, SP (Altit.540 m; Latit.21°10'S; Longit.47°48'WGr; PE=79 e TE=116 pela classificação climática de Thornthwaite)

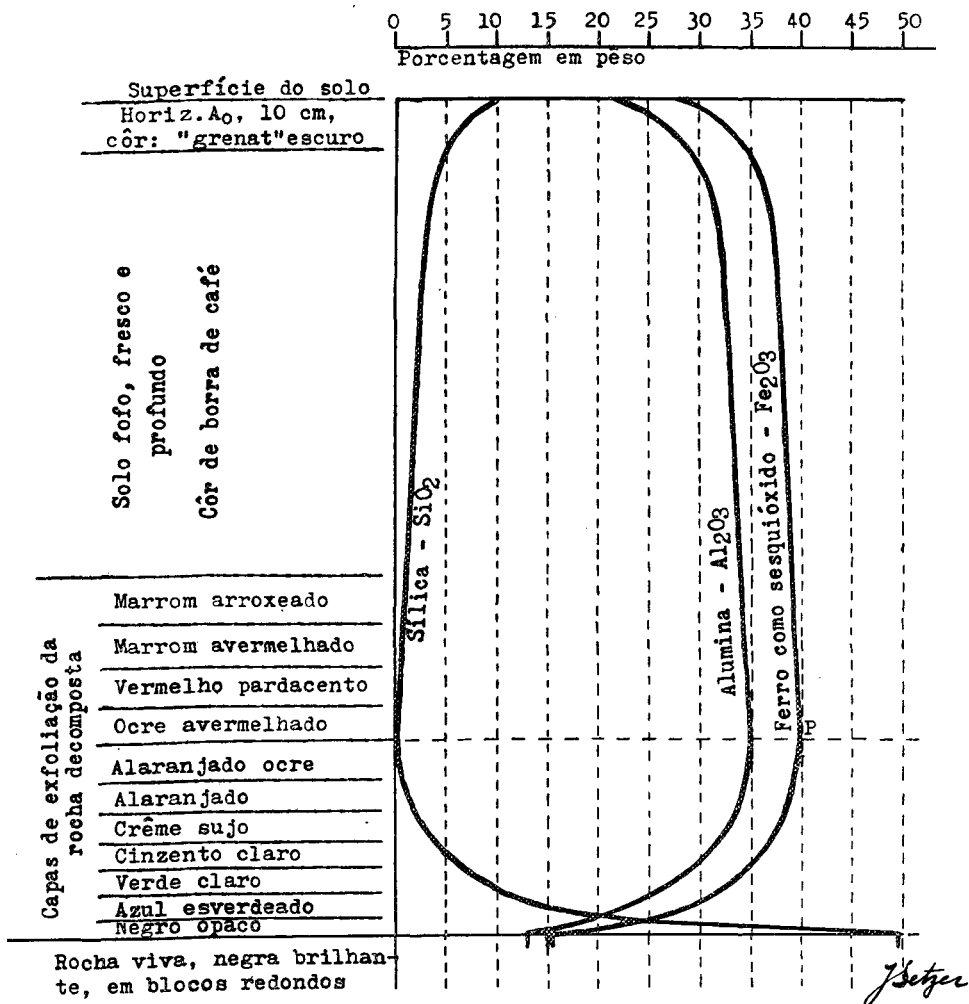


Fig. 10 — Resultados médios de análises de perfis completos de terras roxas legítimas atingindo a rocha viva. A definição quantitativa do clima está na tabela n.º 4

Mas, fora das subidas íngremes de pequenas serras, mesetas que o caboclo chama "morros de sino" (37) (34, figs. 5 e 6)¹ e testemunhos isolados da serra Geral, não se encontram afloramentos, e a natureza geológica do terreno deve ser avaliada pela natureza do solo.

Como mostram os dados da tabela n.º 2, os solos originados pelo arenito Botucatu são quimicamente muito pobres. São raros na bibliografia especializada do mundo análises de solos quimicamente mais

¹ Em Minas e Goiás parecem predominar as expressões "morro do baú", "morro do pão" e "morro do chapéu", segundo relata GUILHERME B. MILWARD na sua *Contribuição para a Geologia do Estado de Goiás*, Edit. Esc. Profiss. Sales., 1935, pág. 27.

pobres. Igualmente pobre é o arenito Botucatu como rocha (não nos referimos ao arenito cozido pelo contacto com lavas, o qual não forma solos e só contribui com cascalho, quando suas camadas se acham fragmentadas).

Qual seria a causa da pobreza química do arenito Botucatu, se é sedimento de fácies desértica e sabemos que todos os desertos apresentam solos salinos e alcalinos (39)? É nossa opinião que as areias Botucatu eram efetivamente salinas e alcalinas enquanto durou o clima árido do Triássico, mas sua dessalinização começou com a mudança do clima e hoje se apresenta completa em virtude da umidade do clima atual. Corroboramos nisto a porosidade e a extraordinária permeabilidade deste arenito, bem como o fato das camadas subjacentes de lavas basálticas possuírem uma pequena inclinação com mergulho para oeste ou SW, o que drena prontamente para o Paraná os sais solubilizados. Nas já citadas sondagens do Departamento das Municipalidades em busca de água potável, as melhores águas, e em grandes quantidades, foram encontradas na base de espessas camadas de arenito Botucatu capeando lençóis de efusivas básicas. A dessalinização do arenito pode ser considerada quase completa.

B — A natureza pedológica da série São Bento

1 — Os solos do grupo 11 (arenito Botucatu)

Os terrenos da série São Bento, excluídos os acidentes apontados, são pouco ondulados, muito monótonos, cobertos por intermináveis “cercados” de arbustos baixos, sub-xerófitos ou de enraizamento profundíssimo. Quando muito queimados, o que constitui a regra geral, são “campos sujos” com “barba de bode” (*Aristida pallens* Cav.) e uma palmeira acaule, denominada “indaiá”, cuja classificação botânica, pelo que nos consta, permanece ainda incerta (provavelmente *Diplothemium campestre* e *Attalea exigua* ou *humilis*).

Os solos são muito arenosos. A areia é fina e uniforme. As cores são, pela ordem de frequência: rosa, vermelho amarelado, rosa amarelado, amarelo sujo, creme ligeiramente avermelhado, cinzento pálido e cinzento amarelado. Não estamos falando de solos de baixada, pois as tonalidades cinzentas podem ser encontradas mesmo no alto de platôs, bastando que o terreno seja bem plano ou, melhor, que constitua uma depressão levíssima, de grande raio e com o lençol freático mais ou menos próximo da superfície.

As estradas dos terrenos de arenito Botucatu possuem aspecto típico. Graças a teor baixíssimo de argilas, como mostra a nossa tabela n.º 2, e em virtude de sua natureza quase exclusivamente caulínica, portanto com baixo poder de sorção, as estradas rústicas apresentam dois sulcos muito profundos, que são os trilhos produzidos por automóveis e carroças. Estes veículos são obrigados a seguir sempre os trilhos, meio preenchidos por areia solta e seca, sob pena de encalharem.

Os trilhos vão-se aprofundando ao ponto de aparecer entre êles um terceiro sulco raso, deixado pelo diferencial dos automóveis. Isto em tempo sêco. Ao contrário, nos dias chuvosos essas estradas são boas, pois areia solta, cujos poros estão parcialmente preenchidos por água, adquire consistência sem apresentar rigidez que provoque solavancos.

A erosão de tais estradas por aguaceiros é muito fácil, de modo que nos morros de certa declividade, que não precisa ser grande, elas se transformam em verdadeiros valos de erosão em forma de U, cuja largura no geral não ultrapassa de muito a da estrada primitiva, e a profundidade é de um e meio, no máximo dois e meio metros. O tráfego se faz então pelo campo ao lado. Dentro de alguns anos essa nova estrada fica como a anterior, e ao lado dela se forma outra ainda. Afinal obtém-se o seguinte aspecto: a estrada, uma só na planície, transforma-se aos poucos, na descida, em feixe de sulcos de erosão, os mais recentes contornando os mais velhos, até a estrada atual, que é obrigada a contornar todo o leque de leitos de enxurrada.

A erosão por enxurrada é muito fraca nos campos de solos gerados por arenito Botucatu, devido à permeabilidade extraordinária dessas areias quase desprovidas de material argiloso. Mas sob o leito de estradas há adensamento provocado pelo peso dos veículos, de modo que se forma camada densificada, a qual, sem ser impermeável, é muito menos permeável que o solo superficial. As águas pluviais, atravessando rapidamente o solo fôfo da superfície, juntam-se sobre a camada menos permeável e a enxurrada se forma. Quando a estrada se transforma em sulco de erosão, o leito adensado já se acha despedaçado e a infiltração não sofre impedimento de modo que a erosão não mais progride.

Na região dos arenitos de Bauru é também difícil a obtenção de boas estradas e as estradas rústicas se estragam rapidamente; porém, em virtude de teor mais alto de argilas, os trilhos dos veículos não são tão profundos. Em compensação, a erosão por enxurrada é mais grave por causa da permeabilidade menor do solo. Os leitos de enxurradas se formam ao pé dos barrancos que margeiam a estrada. Tais sulcos se aprofundam às vezes a diversos metros, formando enormes bolsões ao longo da estrada. Os bolsões dos dois lados da estrada, às vezes verdadeiras cavernas, freqüentemente chegam a se comunicar entre si por baixo da via, fato êste que provoca a queda do bloco de terra com o leito da estrada. Tais blocos ficam apoiados a uma das paredes, em que se transformam os barrancos. A erosão costuma progredir até transformar a estrada em verdadeira voçoroca (*gully*, em inglês).

2 — As "terras roxas de campo" (solos do grupo 12)

Quando a camada de arenito Botucatu sobreposta a lençol de lavas é de poucos metros de profundidade, geralmente de uma até duas dezenas, e a topografia é quase plana, a decomposição incipiente da laje basáltica contribui ao solo com material solubilizado. Durante

a estiagem, quando a evaporação sobrepuja a precipitação atmosférica, diversos sais atingem a superfície do solo.

O ferro se move provavelmente em forma de bicarbonato, que passa a carbonato, em seguida a hidróxido, o qual se desidrata, tingindo os grânulos de areia quartzosa em vermelho cada vez mais escuro. O manganês também possui grande mobilidade neste sentido graças à facilidade com que passa ao estado coloidal em presença de húmus.

Na estação chuvosa os sais solúveis, como os de Na, K, Mg e Ca, voltam para o lençol de lava, sobre o qual fluem até a sua drenagem quase total, mas o ferro e o manganês resistem: o ferro em forma de Fe_2O_3 quase desidratado e por isto insolúvel, e o manganês em forma de compostos húmicos estáveis, os quais aos poucos se oxidam para MnO_2 . Como resultado temos solos arenosos com cores semelhantes às da terra roxa, a par de pobreza química quase igual à do arenito Botucatu. Daí o nome de "terra roxa de campo". A vegetação não é muito melhor que a dos solos gerados pelo arenito Botucatu e o cultivo é impossível.

Mas este não é o único tipo de gênese das "terras roxas de campo", que são os solos do grupo 12. Boa parte desses solos não são apenas solos de arenito Botucatu, grupo 11, apenas tingidos pelo ferro e algum manganês. Resultam da mistura por transporte quaternário ou, melhor, post-cretáceo, dos detritos das duas rochas da série São Bento, — arenito Botucatu e lençóis basálticos, — quando nesta mistura entra porcentagem muito baixa de detritos da eruptiva.

Os dois tipos de solos do grupo 12, originados pelos dois processos mencionados, distinguem-se entre si, como é óbvio, pelo seu teor de argila. Os provindos de mistura de arenito eólico com detritos de *trap*, mais argilosos, retêm mais água e possibilitam vegetação algo melhor. A melhoria na parte química é menor ainda.

Damos na tab. 2 a comparação das características físicas e químicas dos solos típicos dos grupos 11 e 12.

3 — Distribuição geográfica dos solos 11 a 14

É nossa opinião que é pequena a área da série São Bento que apresenta solos dos grupos 11 e 14, isto é, que provenham apenas da decomposição *in situ* do arenito Botucatu ou das lavas básicas, respectivamente. Não havendo mapeamento de todos os afloramentos, e não tendo sido percorrida por nós a pé a formação geológica, somente podemos dar uma avaliação muito grosseira das áreas que apresentam solos 11 e 14, bem como as dos ns. 12 e 13, que são as "terras roxas misturadas". Damos esta avaliação na tabela n.º 3. Os solos do grupo 13 são as "terras roxas misturadas" propriamente ditas, bastante argilosas, originadas que são de maior contribuição de detritos de lavas que do arenito.

TABELA N.º 2
CARACTERÍSTICAS TÍPICAS DOS SOLOS ARENOSOS DA SÉRIE SÃO BENTO

ESPECIFICAÇÃO	SOLOS DO GRUPO 11 (Arenito Botucatu)			SOLOS DO GRUPO 12 (Terras roxas de campo)		
	Mínima	Média	Máxima	Mínima	Média	Máxima
Profundidade do solo facilmente disponível às culturas (horiz. A), cm	10,00	20,00	50,00	15,00	25,00	60,00
Peso específico aparente, g/cm ³	1,30	1,40	1,45	1,20	1,30	1,40
Peso específico real, g/cm ³	2,63	2,65	2,67	2,70	2,75	2,80
Porosidade natural, cm ³ /100 cm ³	47,00	50,00	52,00	45,00	53,00	57,00
Idem, máxima (após aração), idem	50,00	52,00	55,00	52,00	57,00	60,00
Areia grossa (> 0,2 mm), % em peso	75,00	85,00	95,00	50,00	65,00	80,00
Argila total (< 0,002 mm), idem	1,00	4,00	7,00	5,00	13,00	20,00
Argila coloidalmente ativa, idem	0,20	0,80	2,00	1,00	2,00	3,50
Higroscopicidade, g H ₂ O/100 g solo	1,20	2,50	5,00	2,00	5,00	8,00
Idem das argilas, g H ₂ O/100 g arg.	20,00	25,00	40,00	12,00	17,00	25,00
Água retida na estação chuvosa, % volume	4,00	6,50	12,00	6,00	13,00	23,00
Idem no fim da estiagem, % volume	1,50	3,00	5,00	2,50	6,00	15,00
Ascensão capilar, cm	23,00	30,00	40,00	30,00	40,00	50,00
Permeabilidade, mm/hora	100,00	1 000,00	10 000,00	4,00	8,00	100,00
Resistência à erosão, índice	5,00	10,00	15,00	10,00	15,00	20,00
pH, suspensão solo/água (1:1)	4,10	4,50	4,80	4,40	4,90	5,20
Carbono total, g/100 cm ³ de solo	0,20	0,50	0,80	0,40	0,75	1,20
Azoto total, idem	0,02	0,04	0,07	0,04	0,07	0,11
Teor total.....	Cálcio	0,80	2,00	1,50	4,00	6,00
	Magnésio	0,40	1,20	0,80	1,50	3,00
	Potássio	0,40	1,50	0,40	1,30	2,00
	Manganês	0,20	0,50	0,70	1,50	3,00
	Fósforo	0,40	1,00	1,00	3,00	5,00
Em ME/100 cm ³ (mili-equivalentes por 100 cm cúbicos de solo natural) ou KE/Ha (quilo-equivalentes por hectare até 1 cm de profundidade da gleba)	Basóides {	Cálcio	0,20	0,40	0,80	1,00
		Magnésio	0,07	0,15	0,25	0,15
		Potássio	0,02	0,08	0,15	0,05
		Manganês	0,03	0,07	0,10	0,20
		Fósforo	0,10	0,15	0,25	0,30
	Acidóides {	Hidrogênio (inócuo)	2,00	5,00	6,00	8,00
		Alumínio (nocivo)	0,30	1,00	2,00	0,35
		Soma das bases S	0,40	0,75	1,20	0,70
	Teor trocável {	Soma acidóides T — S	3,50	5,00	5,00	7,00
		Capacidade total sorção	4,00	6,00	8,00	11,00
Saturação do complexo sorativo S/T = V %	8,00	15,00	20,00	10,00	18,00	25,00
Perda ao rubro, g/100 g de solo	0,80	2,00	3,50	1,50	3,50	6,00
Sendo.....	da matéria orgânica	0,35	0,85	1,40	0,70	1,80
	da água combinada	0,40	1,20	2,00	0,70	4,50
Complexo mineral desidratado total, g/100 g de solo	1,60	6,00	8,00	6,00	17,00	22,00
Sendo.....	SiO ₂	0,40	1,80	2,50	0,80	3,00
	Al ₂ O ₃	0,60	3,00	4,00	3,00	8,00
	Fe ₂ O ₃	0,30	1,00	1,30	1,60	6,50
	TiO ₂	0,10	0,20	0,35	0,50	1,50
	Composição porcentual do complexo mineral (argila) {	SiO ₂	25,00	33,00	40,00	17,00
		Al ₂ O ₃	45,00	52,00	60,00	45,00
		Fe ₂ O ₃	10,00	15,00	20,00	18,00
Índice sílica/sesquióxidos, em peso	0,25	0,50	0,80	0,15	0,30	0,50
Idem, molecular	0,55	0,90	1,40	0,30	0,60	1,00
Classificação Vageler (Ver fig. 5)	Sialito-Feralito			Feralito		

As duas rochas da série São Bento, — arenito Botucatu e lavas basálticas —, encontram-se, em camadas alternadas, dentro das mesetas e serras esparsas pela zona geográfica da série. A área total dessas proeminências tabulares da topografia é muito menor que a parte restante. Parece lógico presumir, entretanto, que tôdas essas serras e mesetas não passam de testemunhos de um só bloco inteiro, que mais tarde tenha sido fraturado e erodido em tal grau, que hoje estamos em presença de alguns raros testemunhos. Baseia-se tal suposição na correspondência de camadas.

Descortina-se então um panorama de enorme erosão, cujos detritos, misturados, nunca foram removidos inteiramente. Daí a existência de área de terras roxas misturadas (solos dos grupos 12 e 13) três

vêzes maior que a dos solos dos grupos 11 e 14, derivados essencialmente da decomposição das duas rochas da série São Bento, sem influências recíprocas.

Quando o fundo das enormes depressões existentes entre mesetas apresenta campos pobres, podemos estar certos que a camada geológica sob o solo é de arenito Botucatu. Quando temos bons cafêzais e terras de cultura, é lençol de diabásio ou basaltito que constitui o substrato e a ligação entre as bases das serras mais próximas. A fig. 11 apresenta um panorama dêsse tipo, com a diferença que a distância entre as mesetas não é grande, pois em caso contrário o aspecto fotográfico não seria possível.



Fig. 11 — Panorama típico da série São Bento, onde as serras tabulares abundam. Tomado pelo autor em março de 1938 de um ponto situado em altitude próxima de 800 m., alguns quilômetros ao norte de Cravinhos. Ao centro da fotografia corresponde a direção este. A altitude máxima das serras que se vêem no horizonte ultrapassa de 1 000 m. Geralmente a distância entre as mesetas, testemunhos do antigo planalto inteiro, é maior que nesta fotografia. Assim a envergadura do trabalho erosivo do nosso clima úmido deve ser geralmente considerada ainda mais ampla. Comparar com a fotografia seguinte, que apresenta idêntica formação geológica trabalhada em clima árido.

Nas encostas das serras, onde afloram lençóis de lavas, temos, em planta, faixas estreitas e irregulares, de terras roxas legítimas. Onde afloram os arenitos, temos faixas concêntricas, igualmente caprichosas de solos do grupo 11. Mas o espaço entre as duas faixas, bem mais largo, apresenta os solos dos grupos 12 e 13. Morro abaixo, a erosão leva detritos de uma das rochas para a faixa de solos correspondentes à outra. Tais faixas dos quatro grupos de solos — 11, 12, 13 e 14 — são concêntricas apenas nas encostas das mesetas. Nas planícies espriam-se abrangendo grandes áreas, às vêzes de maneira irregular, que denuncia direções de erosão mais ou menos antiga.

No alto das mesetas temos geralmente um só grupo de solos, de preferência 11 ou 14, quando as camadas são bem horizontais. Quando estão inclinadas, temos no geral solos do grupo 14 na extremidade mais elevada do plano, e grupos 13 e 12 na extremidade de cota mais baixa. Mas, muitas das serras e mesetas do Estado de São Paulo, de inclinação quase imperceptível, apresentam camada de arenito no seu tôpo e, portanto solos do grupo 12 ou 11. Neste último caso a camada

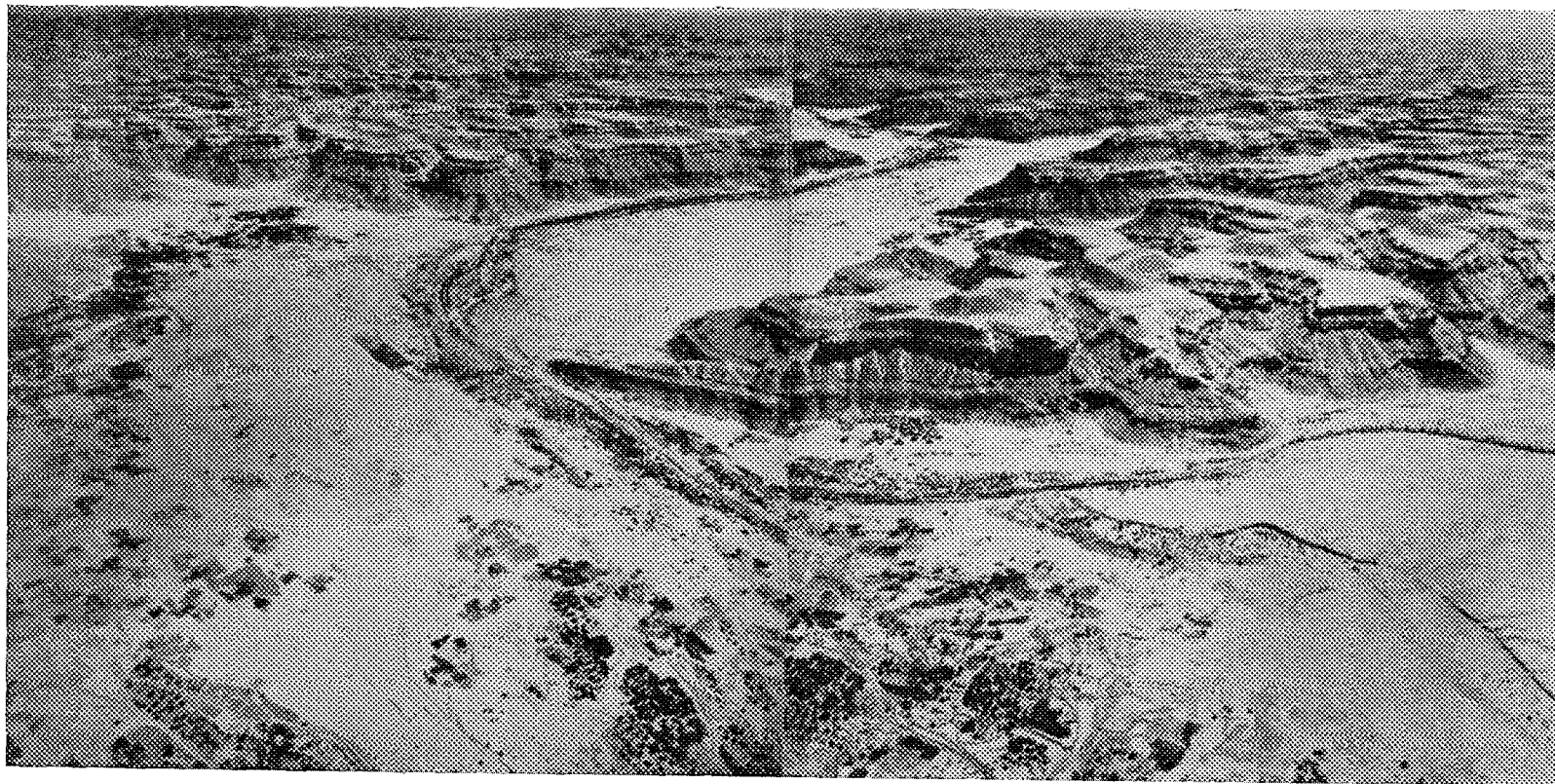


Fig. 12 — Formação geológica semelhante à nossa série São Bento (lençóis de lavas básicas intercaladas por espessas camadas de arenito eólico) existente ao norte de Aden, no sul da Arábia. O nível superior do planalto atinge a cerca de 350 m. acima da planície desértica. O curso d'água não é perene, não obstante a proximidade da costa. A diferença essencial para com a nossa série São Bento deriva do clima, que é árido, com erosão eólica a qual não alargou muito as fendas do platô, que se apresenta assim cortado por verdadeiro labirinto de "canyons", a perder de vista. Esta fotografia ilustra o magnífico trabalho de RUTWEN W. PIKE Land and Peoples of the Hadhramaut, Aden Protectorate, publicado no volume 30 da Geographical Review, págs. 627-648, com 22 figs., em outubro de 1940.

de arenito é geralmente de grande espessura. A figura n.º 13 esquemmatiza a relação entre a estratigrafia da série São Bento e a distribuição dos seus tipos de solos.

O fato de existirem dois tipos de solos do grupo 12, um deles formado de arenito Botucatu tingido de ferro e manganês e influenciado até certo ponto por material químico e coloidal que ascendeu das lajes basálticas subjacentes, e o outro constituído por detritos transportados das duas rochas da série São Bento, explica as diferenças, por vezes bem pronunciadas, entre os solos do grupo 12 e os do grupo 11, que aparecem na tabela n.º 2. Por isto algumas observações a essa tabela se tornam interessantes.

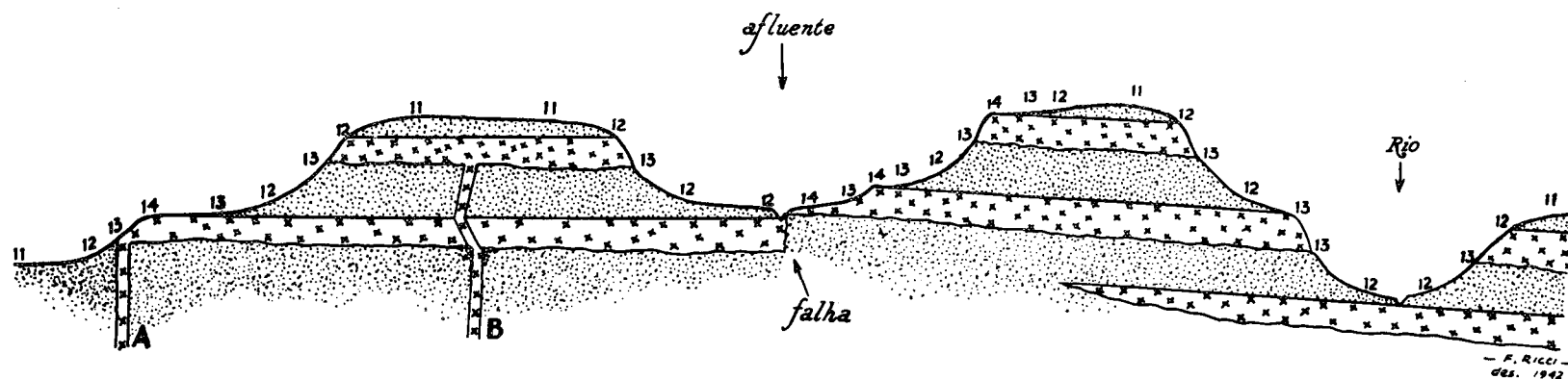
4 — Características quantitativas dos solos 11 e 12

Ao contrário do que fizemos em relação à tabela n.º 1, não damos aqui a profundidade do solo disponível às plantas cultivadas, isto é, o horizonte A, constituído de $A_0 + A_1 + A_2$, porque os solos dos grupos 11 e 12 não servem e não podem servir à agricultura nas condições atuais de economia rural (salvo o plantio de eucaliptais, que a nosso ver constituem o uso mais racional de tais terras). Preferimos, assim, indicar a espessura da capa humosa do solo, que é a soma dos seus horizontes $A_0 + A_1$. E' preciso observar, porém, que se trata de solos geralmente muito pobres em húmus, como mostram os teores totais de carbono, e que vestígios de matéria orgânica se encontram nestes solos mesmo na profundidade superior a um metro. Devido à cor escura dos solos do grupo 12, o seu teor de húmus não pode ser bem avaliado no campo.

Os valores químicos da tabela e mesmo os físicos não se referem entretanto, apenas ao horizonte A_1 , mas também ao A_2 , resultando, pois, da análise de uma profundidade do solo da ordem de 70 centímetros para o grupo 12, e quase de um metro para o grupo 11.

TABELA N.º 3
ÁREAS PRESUMÍVEIS OCUPADAS NO ESTADO DE SÃO PAULO POR ALGUNS GRUPOS DE SOLOS

N.º DO GRUPO DE SOLO	Rocha-máter	Nome popular	MILHARES DE Km2		
			No mínimo	Em média	No máximo
11	Arenito Botucatu.....	Terra arenosa.....	10	12	14
12	Idem, com influência de lavas básicas...	Terra roxa de campo.....	25	29	33
13	Lavas básicas com influência de sedimentos encaixantes.....	Terra roxa misturada.....	13	16	19
14	Lavas básicas, diabásios, meláfiros....	Terra roxa legítima.....	4	5	6
	<i>Total da série São Bento.....</i>		55	62	70
15	Arenito Bauru com cimento argiloso...	(Diversos nomes mal definidos).....	40	45	50
16	Arenito Bauru com cimento calcáreo...		22	25	28
	<i>Total da formação Bauru.....</i>		62	70	78
18p	Arenito conglomerático.....	Terra arenosa.....	0,5	0,6	0,7



Arenito eólico Botucatu, rocha mãe do solo n.º 11



Lençóis efusivos de lavas básicas, rocha mãe do solo n.º 14

Os solos 12 e 13 provêm dos detritos misturados das duas rochas. No solo 12 predominam os detritos do arenito eólico. No solo 13 predominam os detritos das lavas básicas.

J. Setzer

Fig. 13 — Esquema típico da estratigrafia da Série São Bento

Talvez não seja supérfluo observar aqui que horizonte A_0 num perfil comum de solo, significa a camada superficial que contém matéria orgânica ainda não humificada (percebem-se, então, mesmo a olho nu, restos de galhos, folhas, etc.); o horizonte A_1 que se lhe segue, só contém matéria orgânica humificada; o horizonte A_2 , que se vê logo abaixo, é pobre em matéria orgânica e por isto possui coloração nitidamente mais clara; seguem-se A_3 , A_4 , etc., que são camadas ainda bem acessíveis às raízes, até o horizonte B , constituído pela primeira camada densificada, de permeabilidade nitidamente menor em consequência de iluviação. Este horizonte, se possuir camadas física ou quimicamente diferentes, também pode ser dividido em B_1 , B_2 , etc. O horizonte C é aquele que guarda a estrutura da rocha-máter.

A diferença no *pêso específico real* entre os dois solos da tabela n.º 2 resulta da existência nas "terras roxas de campo" (solos do grupo 12) de uns 7 ou 8% de Fe_2O_3 de baixa hidratação (10 a 15% de água), cujo *pêso específico* é próximo de 4.

A *porosidade* é mais alta por ser mais alto o teor de argilas. Os sesquióxidos, apesar de possuírem relativamente baixa capacidade de sorção, contribuem nitidamente com poder de retenção d'água, fato este que impede aproximação das partículas condicionando assim maior porosidade.

O teor de *areia grossa* dos solos do grupo 12 é bem mais baixo que o do grupo 11, porque a maior parte daqueles solos se originou da mistura de detritos do arenito Botucatu com os do *trap*. Se somente os solos do grupo 12 "tingidos" fôsem considerados, a diferença para com os do grupo 11 seria bem menor.

Se calcularmos a relação porcentual entre as *argilas coloidalmente ativas* e o teor total de argilas, veremos que os solos do grupo 12 possuem tal índice ainda mais baixo que os do grupo 11. É que os sesquióxidos de ferro pouco hidratados são sortivamente ainda menos ativos que a caulinita e a hidrargilita.

Os valores de *permeabilidade* dos solos do grupo 11 são excessivamente altos, não podendo corresponder à realidade, por mais permeáveis que sejam tais solos. A razão disto é o mau funcionamento da fórmula que fornece tais valores em função da higroscopicidade Hy e da porosidade P :

$$\text{Permeabilidade} = 1,14 d^2 \cdot P^3,$$

$$\text{sendo } d^2 = d^2 \frac{P_0}{P} \quad \text{e} \quad d = \frac{3,0}{50 \frac{10 Hy^3}{P}}$$

onde d é o diâmetro médio dos poros do solo em mm e P_0 a diferença entre a porosidade P e 4,5 Hy .

Apesar de falhar nos solos do grupo 11, usamos essa fórmula (empírica, deduzida por VAGELER) e consideramo-la útil, porque dá bons resultados quando aplicada a outros solos, e também por que os exageros, para mais ou para menos, que fornece, são indicações valiosas quanto à natureza física do terreno. Enfim, os resultados de tais cálculos satisfazem plenamente, quando os consideramos qualitativos e não quantitativos. Vê-se que as permeabilidades dos solos não foram determinadas diretamente.

A composição total do complexo mineral desidratado supera ligeiramente o teor total de argilas, em virtude do ataque parcial dos grânulos algo maiores que 0,002 milímetros de diâmetro (*silt*). São êles, principalmente, limonita nos solos do grupo 12 e ortoclásio e microclínio nos do grupo 11.

Damos na tabela n.º 4 os dados quantitativos do clima de Ribeirão Preto. Estes dados podem ser considerados representativos do fator clima que condicionou as características dos solos das tabelas 1 e 2, bem como presidiu o tipo de decomposição de diabásios ilustrado nas figs. 10 e 8.

TABELA N.º 4
CONDIÇÕES CLIMÁTICAS DE RIBEIRÃO PRETO
(Latitude, 21°10'; Longitude, 47°48' W. de Greenwich; Altitude, 540 metros)

MESES E ESTAÇÕES	NORMAIS DE 31 anos DE 42 anos		PRECIPITAÇÃO EFETIVA (umidade do clima)		Classificação climática
	1901-24 1926-29 1932 1940-41	1901-29 1933-45	segundo THORNTWHAITE 10/9 $\left(\frac{2,8 \text{ P mm}}{1,8 \text{ T}^{\circ}\text{C} + 22} \right)$	segundo SETZER P mm 1,07 T°C	
	Temperatura média °C	Chuvas mm			
Setembro.....	21,5	65	3,4	15	Segundo W. KOEPPEN Cwa = clima sub-tropical de inverno seco (temperatura média do mês mais frio 18°C e a do mês mais quente > 22°C; total de chuvas do mês mais seco < 30 mm e constitui menos que 10 % do total do mês mais chuvoso.
Outubro.....	22,8	117	6,3	25	
Novembro.....	23,4	162	8,9	36	
Primavera.....	22,6	344	18,6	76	Segundo C. W. THORNTWHAITE BB'w = clima mesotermal úmido de inverno seco (precipitação efetiva e eficácia térmica entre 64 e 128; relação entre as precipitações efetivas do verão e do ano > 50 %
Dezembro.....	23,5	233	13,3	48	
Janeiro.....	23,5	274	15,8	55	
Fevereiro.....	23,9	188	10,4	37	Segundo J. SETZER: BB'w = por ser a temperatura anual < 22°C e a precipitação efetiva entre 260 e 520 (> 520 o clima seria super-úmido; entre 130 e 260 seria sub-úmido).
Verão.....	23,6	695	39,5	140	
Março.....	23,4	170	9,4	34	
Abril.....	21,9	86	4,7	20	
Maio.....	19,0	37	2,0	10	
Outono.....	21,4	293	16,1	64	
Junho.....	17,8	39	2,2	12	
Julho.....	17,6	20	1,0	6	
Agosto.....	19,2	24	1,3	9	
Inverno.....	18,2	83	4,5	27	
ANO.....	21,5	1 415	78,7	307	

Notas à tab. 4: Foram levados em consideração todos os dados existentes quanto às temperaturas médias e chuvas da localidade. A bibliografia climática a respeito da precipitação efetiva, que é medida da umidade do clima, é a seguinte:

SETZER, José. *Contribuição ao Estudo do Clima do Estado de São Paulo*. Dept. Estradas de Rodagem (Secret. da Viação), São Paulo, 1946. In-quarto com 239 págs., 130 tabs., 87 diagrs. e 23 mapas.

SETZER, José. "A new formula for precipitation effectiveness". *Geogr. Rev.* 36 : 247-263, 3 tabs. e 11 figs. e mapas. New York, 1946.

SETZER, José. "A precipitação efetiva deduzida da lei de VAN'T HOFF." *Rev. Bras. de Geogr.* 8: 317-350, 6 tabs., 8 figs. e 10 mapas. Rio de Janeiro, 1946.

5 — *A distinção entre os solos dos grupos 11 e 12*

Já o aspecto dêstes solos no campo permite a sua distinção pela côr. Entre as características obtidas no laboratório, são significativas as seguintes:

- o pêso específico real mínimo das terras roxas de campo supera o máximo encontrado nos solos gerados pelo arenito Botucatu;
- os valores de permeabilidade são no geral também completamente diversos;
- se o teor total de manganês dos solos 12, os mais pobres neste elemento, nem sempre supera os mais ricos dos solos 11, o teor trocável sempre mostra valores inconfundíveis;
- na composição do complexo mineral temos quase sempre mais Al_2O_3 nos solos 12 que nos do grupo 11, mas quanto ao teor de Fe_2O_3 , temos sempre muito mais, e ainda mais nitidamente temos maior teor do TiO_2 .

6 — *A distinção entre os solos dos grupos 11 e 15*

Quando os solos do grupo 15 (arenito Bauru sem cimento calcáreo) são dos mais arenosos e pobres quimicamente, não se encontra sinal algum no campo que permita distingui-los dos do grupo 11 (arenito Botucatu). Mesmo no caso de solos virgens, sua vegetação pode ser semelhante. Apenas no leito de estradas de rodagem, ao pé dos barrancos, pode-se notar pequenas concentrações de areia preta deixada pelas enxurradas nos solos do grupo 15. Entretanto, nos mais pobres dêstes, esta areia preta pode ser muito escassa, se bem que não possa faltar.

Infelizmente o nosso trabalho de campo se ressentiu da falta de estudos fitossociológicos, mas, parece-nos, devem existir plantas, ao menos em solos nunca utilizados, que permitam distinção em muitos casos.

No laboratório, entretanto, como se vê pela comparação das tabelas 1 e 2, a distinção é quase sempre possível. As características essenciais para isto são os teores de manganês trocável e de SiO_2 do complexo mineral das argilas, teores êsses que são mais altos nos mais arenosos e pobres dos solos do grupo 15, do que nos menos arenosos e pobres entre os do grupo 11. Mas quase sempre há diferenças nítidas no conjunto dos seguintes dados: teor total de argilas, permeabilidade, resistência à erosão, teor total do complexo mineral e teor de TiO_2 .

Cremos que um dos fatores da enorme extensão de Caiuá mapeada pelos Drs. JOVIANO PACHECO, GUILHERME FLORENCE e CHESTER W. WASHBURN foi a dificuldade de distinguir no campo êsses dois tipos de solos. Parece indubitável que o solo típico para a formação Caiuá foi tido o do arenito Bauru isento de cimento calcáreo (solos do grupo 15).

III — A INEXISTÊNCIA DA FORMAÇÃO CAIUÁ

As provas que possuímos a respeito da inexistência da formação Caiuá, introduzida pelos Drs. GUILHERME FLORENCE, JOVIANO PACHECO e CHESTER W. WASHBURNE, podem ser assim resumidas:

1) — Percorremos em tôdas as direções as regiões mapeadas na carta geológica do Estado de São Paulo de 1929 (47) com símbolos *Tbp* (Triássico, Botucatu-Pirambóia), *Jc* (Jurássico, Caiuá) e *Cb* (Cretáceo, Bauru) e não vimos, nem tivemos notícias de existência de arenito de natureza particular que merecesse denominação especial, diferente de Botucatu e Bauru. Os afloramentos de arenitos Caiuá, fotografados por WASHBURNE e apresentados no seu livro (47, figs. 71 a 75) assemelham-se muito às figs. 137 e 138 de *Principles of Stratigraphy* (12), em que GRABAU apresenta cruzamento de camadas típico de arenito eólico.

Damos na fig. 14 fotografia dos mesmos afloramentos das margens do Paraná e podemos afirmar que, a nosso ver, êsse arenito não se distingue do arenito Botucatu, considerando-se a natureza e tamanho dos grânulos, o tipo de estratificação, a freqüência desta, e a natureza e teor de argilas. A única diferença está na côr, que não é vermelha, mas isto se explica pela situação dessa camada em contacto com a água do rio, e em vista da permeabilidade suficiente do arenito para que nêle penetre água por capilaridade. De resto, são muito conhecidos afloramentos de arenito Botucatu que não são vermelhos: amarelados, rosados, creme e mesmo brancos acinzentados. Já publicamos (37) uma fotografia de arenito Botucatu obtida na estrada de rodagem perto da estação de Ipoméia, ao sul de São Sebastião do Paraíso, (MG), onde êste arenito se apresenta litològicamente em tudo idêntico ao das margens do Paraná.

2 — WASHBURNE (47) descreve os arenitos Botucatu e Caiuá de maneira idêntica, de modo que se não vê argumento em que se possa basear diferenciação entre os dois. Assim a única maneira de encontrarmos o arenito Caiuá residiria em considerações geográficas e não geológicas, isto é, repousaria no mapeamento dado pela carta geológica anexa ao seu livro. Mas mesmo êste critério, além de infundado, é impossível de ser seguido, visto que naquela carta se acham, mapeados como Caiuá, tanto terrenos do arenito Botucatu, como os do Bauru sem cimento calcáreo. Para que o leitor possa saber como usamos separar as regiões geográficas dêstes dois tipos de terreno, basta confrontar os mapas números 1 e 2, que acompanham o presente trabalho.

3 — Pela descrição de WASHBURNE (47), deveríamos igualar o arenito Caiuá ao Botucatu, mas, por ter sido muito esquemático o mapeamento e baseado na aparência dos solos, que não foram analisados, resultou que a maior parte da área Caiuá coincide com a dos arenitos

Bauru sem cimento calcáreo. Parece-nos indubitável que êsse mapeamento fôra baseado no aspecto dos solos, dada a raridade de afloramentos na parte noroeste do Estado de São Paulo, se não contarmos os basaltitos e diabásios. As nossas tabelas ns. 1 e 2, os comentários que as acompanham, bem como os critérios resultantes a fim de se poder distinguir entre si os vários tipos de solos daquela parte do Estado, provam que tal diferenciação só pode ser feita em base a análises pedológicas, as quais não foram feitas, senão pelo serviço de levantamento agro-geológico (33), cujos primeiros resultados foram publicados por VAGELER em 1936 (44).

4 — Pelos itens anteriores ficou claro que uma parte da área mapeada como Caiuá não passa de arenito Botucatu que se sedimentou após o último derrame de lavas básicas. Êsse arenito apresenta dois grupos de solos que denominamos pelos números consecutivos 11 e 12 (34, tab. 1), êste último constituído de solos tingidos de vermelho escuro com tonalidade marrom (terras roxas de campo) resultante da ascensão de ferro e manganês do lençol de lavas básicas subjacente, em profundidade reduzida, e na sua superfície submetido à decomposição em clima úmido e quente. A outra parte da área mapeada como Caiuá não passa de arenito Bauru, talvez com predominância de fácies terrígena sôbre a flúvio-lacustre, e isento de cimento calcáreo. A êste arenito correspondem os solos a que damos a denominação de grupo 15.

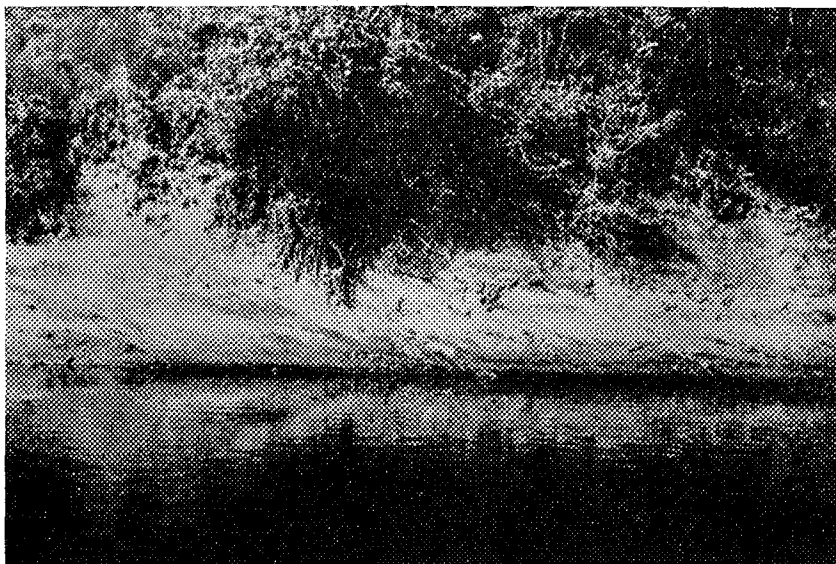


Fig. 14 — Afloramento de arenito Botucatu na margem esquerda do rio Paraná, cerca de 30 km. a jusante de Porto Tibiriçá. Fotografia tomada pelo Prof. VAGELER em maio de 1937. Afloramentos semelhantes encontram-se desde a desembocadura do rio Aguapeí até quase ao salto de Sete-Quedas. WASHBURNE fotografou diversos deles e apresentou 5 dessas fotografias (47, figs. 17 a 25) dizendo que se trata de arenito eólico Caiuá, sem explicar em que consistia a diferença entre êste e o arenito eólico Botucatu. É' nossa opinião que se trata de arenito Botucatu, pois não vemos razão alguma que justifique mudança de nome. Trata-se de arenito eólico que se sedimentou após o último dos derrames de lavas hoje visíveis. Não tendo havido mudanças sensíveis quanto ao ambiente de deposição e quanto à natureza do material depositado, não se justifica criação de nome especial, uma vez que nenhuma prova paleontológica foi achada. No máximo podemos adotar para êste arenito o nome proposto por MAACK (20) de "São Bento Superior". Preferimos, porém, "Botucatu Superior".

5 — A maior coincidência de mapeamento, não se considerando ausência de pormenores da referida carta geológica (47), consiste na identidade da formação Caiuá com o arenito Bauru isento de cimento calcáreo. Mas, como as camadas dêste arenito se revezam estratigraficamente com as do arenito Bauru com cimento calcáreo, como sugerimos na fig. 1, é claro que não constituem êles formação à parte, tratando-se tão somente de diferenciação de fácies de deposição.

6 — Não foi possível encontrar, e não se prevê o encontro de qualquer prova paleontológica de que o arenito Caiuá seja jurássico.

7 — WASHBURNE, que foi o primeiro a descrever (47, pág. 72) e, com FLORENCE e PACHECO, a mapear a formação Caiuá, e o único a reunir provas da sua existência, apresentou-as fracas e incertas, confessando, aliás, êste fato. A atribuição desta formação ao Jurássico é fragilíssima: "The time interval between the last lava-flow and the deposition of the first Cayuá sand must have been very short and it seems likely that both occurred during the same geological period, here tentatively referred to the Jurassic" (47, pág. 68). A possibilidade de boa parte da área, mapeada como Caiuá, não passar de arenito Botucatu, triássico superior, ou de arenito Bauru, cretáceo, foi frisada pelo próprio WASHBURNE (47, pág. 77): "That the areas mapped as Cayuá include some younger, as well as older formations is inevitable from the incomplete stage of exploration". Podemos assim pensar que a culpa da perpetuação de enormes áreas Caiuá nos mapas geológicos posteriormente editados não deve ser atribuída tanto a WASHBURNE, como aos autores dêstes mapas mais recentes, ou, melhor, à falta de explorações geológicas que lhes permitissem corrigir as inexatidões.

8 — Todos os autores, aliás (seria longo citá-los), que se referiram à formação Caiuá após a publicação da carta geológica do Estado de São Paulo de 1929, que acompanha o trabalho de WASHBURNE (47), puseram em dúvida a existência dessa formação. Julgamos que esta formação ainda não foi excluída da coluna geológica paulista por falta de reunião definitiva de provas de sua inexistência. Lembramos, porém, que tais provas são imprescindíveis afim de incluir uma nova formação na coluna geológica, e não para excluir. Esperamos, contudo, que sejam julgados suficientes os argumentos relatados no presente trabalho afim de que a exclusão da formação Caiuá seja finalmente efetivada.

9 — A denominação dada por MAACK (20) de "São Bento Superior" preferimos a de "Botucatu Superior" para não envolver o nome da série inteira. Da mesma maneira usamos os nomes de "Botucatu Intermediário" e "Botucatu Inferior" a fim de denominar as camadas de arenito Botucatu intercaladas entre os lençóis efusivos e a camada do mesmo arenito subjacente ao primeiro derrame, respectivamente. Ver fig. 6.

IV — APRECIACÃO DOS MAPAS GEOLÓGICOS

A — Carta geológica de São Paulo de 1929

Este mapa, que acompanha o livro de WASHBURN (47), possui ótima cartografia e impressão. Diversas das divisas geológicas estão exatas com aproximação de menos de 1 milímetro. Assim são surpreendentemente exatas as delimitações do Terciário, da divisa entre o Pré-Devoniano e a série Itararé-Tubarão, os contactos entre as diversas formações geológicas ao longo de estradas de ferro e importantes estradas de rodagem que naquele tempo já existiam. A grande virtude desse mapa é que ele incluiu, com o máximo critério, tudo o que se sabia na época, coisa que os mapas posteriores infelizmente não apresentam.

Quanto à parte noroeste do Estado de São Paulo, que reproduzimos no nosso mapa n.º 1, a carta de 1929 apresenta as seguintes inexatidões reveladas por trabalhos posteriores e pelo nosso Serviço de Levantamento Agrogeológico:

1 — Nas margens do rio Grande, desde a cachoeira do Marimbondó até a foz no Paraná, bem como ao longo deste rio até a ilha Comprida, o Triássico figura com uma largura de 20 a 30 quilômetros, ao passo que na realidade tais terrenos possuem apenas alguns quilômetros de largura e muitas vezes se restringem somente ao leito do rio, no qual afloram diabásios e basaltitos. A existência desses afloramentos deveria ser indicada também a jusante da ilha Comprida. O Triássico, localmente coberto por camadas neozóicas pouco profundas, acompanha o rio Paraná até o salto das Sete-Quedas, representado ao menos pelo arenito Botucatu. Isto não foi indicado, porque este arenito foi considerado também como Caiuá típico.

2 — Nos rios do Peixe e Aguapeí foram mapeadas extensas manchas de Triássico, ao passo que na realidade afloram meláfiros em uma só cachoeira de cada rio: Quatiara no rio do Peixe, e Carlos Botelho no Aguapeí. As outras cachoeiras, sem importância hidráulica, são condicionadas por arenitos que, ainda que fossem triássicos, poderiam deixar de ser mapeados, pois as margens são de solos Bauru pobres em cálcio. O mesmo se dá em diversos pontos do rio Tietê a jusante de Avandava, se bem que as cachoeiras sejam devidas a afloramentos de eruptivas.

3 — Se nas margens do Paraná e dos seus afluentes os terrenos cretáceos isentos de cimento calcáreo foram mapeados como Caiuá, este critério muda na parte central do Estado, onde Caiuá abrange o alto das serras de Itaqueri, São Pedro e Brotas, distribuindo-se profusamente pelas regiões de Jaú, Pederneiras, São Manuel, Itatinga e Bernardino de Campos, terrenos estes que apresentam ora arenito Botucatu posterior ao último derrame de lavas, ora terras roxas de campo. Parece-nos que todas estas regiões foram atribuídas ao Jurássico apenas pelo fato de haver localmente delgada cobertura de seixos conglomeráticos sobre alguns pontos das serras mencionadas. Pertencem eles provável-

mente à camada basal de Bauru, sem cimento calcáreo. As outras regiões mencionadas, caberia a denominação de "São Bento Superior", sugerida acertadamente por MAACK (20), mas neste caso nenhuma outra idade, senão a do Triássico Superior, pode ser justificada.

4 — No curso inferior do rio Jacaré-Pepira foi colocada, e com linha cheia em vez de pontilhada, uma mancha de Bauru que deve ser atribuída, sem dúvida, a um lapso.

Este mapa foi reeditado pelo Instituto Geográfico e Geológico de São Paulo em 1936 sem a mínima alteração. Essa última edição só foi feita na escala de 1:2 000 000, ao passo que a primeira, de 1929, foi feita nas escalas de 1:2 000 000 e 1:1 000 000.

B — Considerações a respeito dos diversos mapas geológicos posteriores

As observações que fizemos nos nossos trabalhos de campo podem, a nosso ver, contribuir com alguns comentários a respeito dos três mapas geológicos do Brasil editados após a carta geológica do Estado de São Paulo. Datam eles de 1933, 1938 e 1942.

Ao nos referirmos às suas indicações, fazemos naturalmente abstração de pormenores, seja pela escala que os não comporta, seja pelo tipo de trabalho cartográfico que não primou pela finura e exatidão do traço e da localização dos acidentes geográficos. Levamos também em consideração que, apesar da falta de declaração regulamentar, diversas formações não foram mapeadas com o propósito de mostrar o terreno que aflora, e sim para dar idéia da estrutura fundamental da região. Além disto, certas convenções englobaram várias rochas numa só côr, ao contrário de outros mapas, cujos autores quiseram distingui-las por meio de convenções especiais.

Apesar de sua má base geográfica (Jundiaí no lugar de Cabreúva, Juqueri no lugar de Jundiaí, "Sabará" em vez de Santa Bárbara, etc. etc.), o primeiro mapa editado é geologicamente o melhor. Data de 1933 e faz parte do atlas geológico do Brasil, organizado pelo Eng.^o JOSÉ FIÚZA DA ROCHA e publicado pelo Eng.^o EUSÉBIO PAULO DE OLIVEIRA. Entre os defeitos podemos citar fazendo abstração de minúcias: 1) extensão do Triássico muito exagerada na margem do rio Paraná e na do rio Grande até Guaraci, fazendo entradas muito profundas e largas pelos afluentes do Paraná, de modo que os espigões, que os separam, aparecem em boa parte como Botucatu em vez de Bauru com cimento calcáreo; 2) enorme extensão do Estado do Paraná foi mapeada como "Eruptivas" (*Trap*), enquanto o arenito Botucatu foi mapeado em forma de faixa estreita, de largura uniforme, apenas a leste das eruptivas da série São Bento, ao passo que, na realidade, grande parte da área mapeada como *trap* apresenta apreciáveis espessuras de arenito Botucatu, e no espigão entre os rios Paranapanema e Ivaí devem existir mesmo arenitos Bauru ainda que isentos de cimento calcáreo; 3) quanto à parte do Estado de Mato Grosso adjacente a São Paulo, achamos boa

a separação entre o arenito Botucatu e o *trap*, com a ressalva que as manchas de Bauru (sem cimento calcáreo) deveriam ocupar o alto de todos os espigões dos afluentes do Paraná, em substituição ao arenito Botucatu, e ao menos até o rio Vacaria, ao passo que o mapa só traz uma dessas manchas, situada na linha da E. F. Noroeste.

Em seguida foi editado o mapa geológico do Brasil da autoria do Eng.º AVELINO INÁCIO DE OLIVEIRA, datado de 1938, e que acompanha a grande *Geologia do Brasil*, escrita pelo mesmo autor em colaboração com o Eng.º OTHON HENRY LEONARDOS (26). Nesse mapa, fazendo abstração de pormenores, vemos: 1) diversos dos inconvenientes do mapa de 1929 com a agravante que quase todo o Triássico foi especificado como “eruptivas basálticas” (a exemplo do mapa de 1933) e o arenito Botucatu foi deixado apenas na parte limítrofe com a série Passa-Dois, parecendo assim que sob o nome “arenito de São Bento e Botucatu” é preciso subentender apenas o arenito, cuja deposição precedeu o primeiro derrame de lavas básicas; 2) apesar de citar no texto diversos autores que condenaram a formação “jurássica” Caiuá, e nenhum que lhe aprovasse a idade e o nome como indicativo de formação à parte, no mapa esta formação é apresentada com enorme área geográfica, estendendo-se ainda, profusamente, pelo sul de Mato Grosso e pelo oeste do Paraná; 3) o mapeamento do Cretáceo parece indicar que somente ao arenito com cimento calcáreo é adjudicada essa idade. Neste caso a sua área está suficientemente indicada, cobrindo os espigões um pouco melhor que no mapa de 1929. Mas desta maneira o Caiuá mapeado deve ser entendido como abrangendo conjuntamente o arenito Botucatu e o Bauru isento de cimento calcáreo. 4) Nos rios Aguapeí e do Peixe continuam as duas áreas enormes de eruptivas do mapa de 1929, quando na realidade se trata de apenas dois pequenos afloramentos de meláfiro, um em cada rio, como dissemos ao comentar o mapa apresentado por WASHBURN (47). O nosso mapa n.º 2 dá duas manchas de tamanho visível apenas para indicar que ali o lençol de lavas pode achar-se próximo da superfície, ainda que não aflore fora do leito do rio. Parece que as manchas extensas de eruptivas foram colocadas nesses dois rios pelos autores do mapa de 1929 devido ao simples exame de mapas topográficos: supôs-se que toda a parte encachoeirada devia sê-lo necessariamente por causa de afloramentos do *trap*. 5) As manchas de Caiuá das regiões de Jaú, Torrinha e São Manuel, muito recortadas no mapa de 1929, aqui aparecem cheias e grandes, cobrindo vastas zonas de terras roxas legítimas: não pretendendo separar ali o Triássico do “Jurássico”, era mais acertado figurar tudo como Triássico, principalmente atendendo às dúvidas exaradas no texto a respeito da existência da formação Caiuá.

Em 1942 foi editado um novo mapa geológico do Brasil, organizado pela Divisão de Geologia e Mineralogia do Departamento Nacional da Produção Mineral. Na parte que nos interessa aqui, há as seguintes modificações em relação aos mapas precedentes: 1) a formação Caiuá foi quase inteiramente banida de Mato Grosso, pois só foi

conservada ao longo do rio Paraná. 2) Como no mapa precedente, o Cretáceo deve significar arenito com cimento calcáreo. Mas neste caso não deveria aparecer a oeste de Três Lagoas (MT), mancha tão grande desse arenito, atingindo a cidade. Achamos que tem razão ARROJADO LISBOA (*Oeste de São Paulo e Sul de Mato Grosso*, mapa, 1909) restringindo-se à Serrinha. Mas arenito Bauru sem cimento calcáreo ocorre nos espigões dos afluentes do Paraná que atravessam a região. Vimo-los mesmo entre os rios Pardo e Ivinheíma. 3) No rio do Peixe e no Tietê as manchas de eruptivas do mapa anterior foram convertidas em arenito Botucatu. Se este arenito também pode ser posterior ao último derrame de lavas, então o arenito Caiuá só pode ser identificado com o Bauru sem cimento calcáreo. Neste caso não deveria ser estendido este último até as cidades de Botucatu e Pirambóia, bem como não deveria abranger toda a área compreendida entre os rios Tietê e Jacaré-Guaçu, incluindo as terras roxas de Jaú. 4) O “trap do Paraná” abrange todo o curso inferior do rio Aguapeí até o salto Carlos Botelho. Atravessamos este rio a jusante da cachoeira e podemos garantir que, se há ali eruptivas, não podem elas passar da foz do Aguapeí no Tietê. 5) A substituição do trap do leito do rio Tietê por arenito Botucatu não foi bem sucedida: o rio salta inúmeras vezes degraus de eruptivas desde a cachoeira de Avanhandava. O mesmo se deve dizer a respeito dos afluentes do Tietê na região de Ibitinga, Borborema, Itápolis e Tabatinga. 6) O curso inferior do rio Grande de fato só apresenta eruptivas no leito e não a dezenas de quilômetros das margens, como mostravam os mapas anteriores. É um melhoramento. Mas a mancha “Trap do Paraná” foi eliminada inexplicavelmente a partir de um dos afluentes do Triângulo Mineiro, o rio Verde, ao invés de seguir o rio Grande até o contacto com os quartzitos da série Minas, que é o certo, e assim foi sempre mapeado. 7) A eliminação do trap ao longo de alguns afluentes da margem direita do Paranapanema está certa, mas as eruptivas que na realidade só afloram em alguns pontos dos seus afluentes, rio Pardo e rio Novo, foram indicadas em forma de faixas largas e inteiriças até a cidade de Botucatu, o que não está certo. 8) As regiões das melhores terras roxas de São Paulo, que são as de Ribeirão Preto e Igarapava, por exemplo, figuram como arenito Botucatu. Isto não se justifica, uma vez que na série São Bento as suas duas rochas foram separadas. Aquelas manchas de terras roxas atingem 20 e mesmo 30 quilômetros de comprimento.

O recentíssimo mapa geológico da América do Sul, no qual vimos uma cópia ainda não colorida (40) e submetida democraticamente à crítica dos geólogos regionais, não passa, na parte de que aqui tratamos, de cópia do mapa de 1942, que é o mais recente mapa geológico oficial do Brasil.

Resumindo a análise dos vários mapas geológicos mais recentes (1929, 1933, 1938, 1942), todos de edição oficial, vemos, na parte que trata da série São Bento, Caiuá e Bauru, o seguinte aspecto:

1 — A formação Caiuá, cuja idade é indicada como Jurássico, quase sempre com ponto de interrogação entre parênteses, persiste, mas há tendência, a partir de 1942, de identificá-la com o arenito Bauru sem cimento calcáreo. Pelo contrário, na faixa central do Estado de São Paulo, a formação Caiuá apresenta expansão cada vez maior desde 1938, cobrindo extensas regiões de terras roxas muito argilosas, adjudicando-se assim erroneamente ao Jurássico vastas áreas do Triássico. A conclusão é que a confusão em torno da “formação Caiuá” ainda perdura.

2 — Desde 1938 passaram a separar-se, na área geográfica da série São Bento, as eruptivas do arenito Botucatu, mas isto foi realizado parcialmente. Rios que correm sobre derrames basálticos, mas cujas margens são de arenito Botucatu e mesmo Bauru sem cimento calcáreo, aparecem correndo em meio de faixas de dezenas de quilômetros de largura de eruptivas. No mapa seguinte toda a faixa pode aparecer mapeada como arenito Botucatu, desprezando-se as eruptivas que condicionam cachoeiras por vezes de alto valor econômico e sem dúvida muito importantes como ocorrências geológicas.

3 — Apesar de ter melhorado algo o mapeamento do arenito Bauru calcífero, os mapas mais recentes, o de 1942 e o norte-americano, podem ser considerados os menos exatos, pelos motivos que expusemos ao comentar o primeiro deles.

4 — Como mapas geológicos, os três mapas posteriores ao de 1929 deveriam ter sido algo mais exatos, pois não abrangeram os conhecimentos existentes na época da sua publicação.

C — O planalto de Pedregulho e Franca

Este planalto, a que até aqui deixamos de nos referir, apesar da sua situação em meio à série São Bento, é uma vasta meseta, típica para essa formação, mas capeada por uma camada de poucos metros de espessura de arenito conglomerático fluvial, quimicamente pobre, que nos pareceu diferente do Bauru basal sem cimento calcáreo.

Idêntico capeamento apresentam os espigões do Triângulo Mineiro pelo caminho de Franca a Araxá, independentemente da formação geológica subjacente. Os seixos, bem rolados, são provenientes das diversas formações existentes a nordeste.

Por isto e por alguns estudos de solos que fazem parte do livro *Os Solos do Estado de São Paulo* a ser editado pelo Conselho Nacional de Geografia, parece-nos que o capeamento do planalto de Pedregulho deve ser post-cretáceo, talvez terciário, mas litologicamente, e pela idade, diferente dos arenitos argilosos do vale do Paraíba. Como na série São Bento e no Bauru sem cimento calcáreo, nunca encontramos fósseis nas camadas conglomeráticas de Pedregulho.

Os mapas geológicos indicam Caiuá no planalto de Pedregulho, com exceção do atlas geológico de 1933, o qual não o distingue na série São Bento. Se se refere à sua constituição interna, e não ao capea-

mento, aliás muito delgado e interrompido, está sem dúvida exato. O Prof. OTÁVIO BARBOSA atribui o capeamento à "série Bauru" (1), mas só o encontro de provas paleontológicas dirá a verdade.

★

RESUMÉ

Grace à l'amplitude des travaux réalisés sur le champs par le Service Agro-Géologique de l'état de São Paulo, l'auteur peut présenter dans ce travail une contribution à la connaissance des sols dans la moitié Nord-Ouest de cet état. La topographie de la région est faible et les affleurements, hormis les éruptives de la Série de S. Bento qui se trouvent dans les lits des différents cours d'eau sont très rares. Ainsi la carte antérieure des sols a eu comme base l'aspect des terrains, lesquels seulement maintenant ont été analysés permettant par suite des points de vue plus concrets.

L'auteur présente deux cartes dans l'échelle de 1 : 2 000 000, l'une ayant publiée en 1929 dans le livre de WASHBURN, représente la conception antérieure et l'autre résulte des études réalisées par l'auteur. Dans celle-ci, la formation Caiuá a été éliminée laquelle signifie tantôt l'Arénite de Botucatú, postérieur au dernier épanchement visible des laves basaltiques (Rétique), ou bien l'Arénite de Baurú sans ciment calcaire (Crétacé).

Dans la carte sont mentionnés les deux types d'Arénites qui constituent la formation de Baurú: l'un avec ciment calcaire correspondant à des faciès fluvio-lacustre, et l'autre avec un ciment argileux très pauvre en calcium, correspondant à des faciès principalement terrigènes. Environ 50 caractéristiques quantitatives, physiques et chimiques des sols typiques sont données pour ces deux types du terrain Baurú, en indiquant les valeurs moyennes, maxima et minima rencontrées communément. Plusieurs de ces caractéristiques, présentées par un de ces deux types de sols, sont si différentes de celles présentées par l'autre, que les valeurs minima de l'un surpassent les valeurs maxima de l'autre, ce qui permet de faire une distinction entre les deux roches, en analysant les sols alluviaux auxquels elles donnent naissance. Les régions où apparaît l'Arénite Baurú sans ciment calcaire figurent dans la carte antérieure comme Caiuá, Jurassique.

Un tableau analogue des résultats des analyses faites des sols typiques est donné pour les sols provenant de l'Arénite Botucatú avec et sans l'influence des laves, dans ce dernier cas lorsque les épanchements sont situés à des profondeurs de une ou deux dizaines de mètres. Dans ce cas, en vertu de l'ascension et fixation du Fe_2O_3 à la surface, les sols se présentent avec une couleur violacée, mais continuent à être aussi sablonneux et chimiquement pauvres, que les sols qui ont comme roche-mère à peine l'arénite Botucatú. Beaucoup de régions ayant de tels sols violacés sablonneux et pauvres figurent aussi dans la carte antérieure comme Caiuá. Ces sols possèdent le nom populaire de "terras roxas de campo" (terres violacées des champs). Quelques uns de ces sols ont aussi comme origine le mélange des détritiques d'arénites avec des basaltes, mélanifères et diabasiques par transport aqueux, plus ou moins récent, et qui datent peut-être du Pliocène ou du Pleistocène. Dans ce mélange la contribution de l'arénite Botucatú prédomine largement sur les détritiques des laves basiques. Ces sols sont appelés "terras roxas misturadas" (terres violacées mélangées), quand les détritiques des laves prédominent ceux de l'arénite Botucatú; et "terras roxas legítimas" (terres violacées vraies) lorsque la roche-mère du sol est exclusivement constituée par de la lave basique.

Comme l'auteur a publié, au mois d'avril de 1941, une classification des sols de l'état de S. Paulo comprenant 22 groupes, numérotés consécutivement, à partir de la formation plus ancienne, aux sols mentionnés dans ce travail correspondent des numéros suivants: groupe 16, sols provenant de l'arénite Baurú avec ciment calcaire; groupe 15, sols provenant de l'arénite sans le ciment sus-mentionné; groupe 11, sols provenant de l'arénite Botucatú et groupe 12, sols provenant de cette roche lorsque influencée par la présence de laves basaltiques, appelées "terras roxas do campo". Les "terres violacées mélangées" ont reçu le numéro 13 et les "vraies" 14.

Au moyen d'un autre tableau des caractéristiques physiques et chimiques des sols l'auteur a établi un critérium pour faire la distinction entre les sols des groupes 11 et 12, ainsi que entre les sols des groupes 11 et 15, la confusion entre ces deux sols paraît être la cause de l'apparition de la formation "Caiuá"; on peut les différencier sur le terrain par le fait que les sols du groupe 15 possèdent des grains noirs de magnétite et ilménite, tandis que le sable des sols du groupe 11 est entièrement quartzeux. Ceci provient du fait que la formation de Baurú provient d'un remaniement des terrains de la Série S. Bento sous un climat sous-humide tandis que l'arénite Botucatú est un sédiment éolique de climat aride, qui ont converti les épanchements, ne pouvant posséder par conséquent les minerais lourds sus-mentionnés et typiques des éruptives basiques.

En ce qui concerne les laves basiques l'auteur présente quelques données sur sa décomposition en forme d'exfoliation concentrique. Les analyses des différentes couches de la roche décomposée des sols respectifs et des roches vives, montrent qu'il existe un point où la teneur en SiO_2 se réduit à zéro. L'humus de la surface du sol permet une stabilité à une certaine teneur en SiO_2 , lequel dans les terres violacées vierges est d'environ 10%. Cette teneur baisse rapidement avec la diminution de la teneur en humus dans la profondeur du sol. A partir de la couche d'exfoliation qui ne possède pas la couleur rouge la teneur en SiO_2 augmente jusqu'à atteindre les 49 ou 50% existant dans la roche vive, en même temps qu'apparaît le fer ferreux, élément qui au dessus du point mentionné ne se présente qu'à l'état ferrique. La nature du climat qui permet un tel type de décomposition est donnée quantitativement.

La question de la nature des argiles des sols sus-mentionnés est aussi discutée, elles sont kaoliniques dans des sols du groupe 11, kaoliniques et hydrargilitiques pour le groupe 12, hydrargilitiques pour le groupe 15 et des bentonites apparaissent pour le groupe 16. Ces derniers présentent des montmorillonites lorsqu'il y a concours d'arénites cinéritiques; cette question demande cependant des études supplémentaires pour devenir mieux éclairée — les travaux à ce sujet sont encore peu nombreux.

La question de la composition minérale des argiles du sol a servi de base à VAGELER pour établir un nouveau critérium pour la classification des sols minéraux et qui appartiennent aux climats tropicaux et sub-tropicaux. L'auteur présente le diagramme triangulaire SiO_2 — Al_2O_3 — Fe_2O_3 de VAGELER qui s'applique aux sols sus-mentionnés. La ligne qui passe par le centre du diagramme et relie le sommet du triangle (100% SiO_2) à la base du triangle (0% SiO_2) détermine la bissectrice qui représente la latérisation des sols, suivant la région du diagramme où se trouve la roche-mère.

La région en question se trouve d'autant plus près du sommet du triangle 100% Si O₂ que la teneur en silice est plus haute dans la roche-mère (dans le cas des arénites c'est la teneur en Si O₂ dans ses argiles qu'il faut considérer). La région qui correspond au sol vierge reste, dans la bissectrice, bien au-dessous de la région qui correspond à la roche. Le vieillissement du sol correspond à une approximation de cette région vers la base du triangle. L'alimentation chimique et physique des plantes par le sol, ainsi que la restitution de la fertilité du sol par l'emploi des engrais et des correctifs, est d'autant plus difficile que la région qui correspond au sol se trouve plus près de la base du triangle de VAGELER.

Une coupe de 370 km., faite dans la direction SE-NW, figure dans le travail de l'auteur et montre la stratigraphie probable de la Série de São Bento recouverte par les arénites Baurú. Une coupe hypothétique explique la conception de la formation Baurú. On constate que les arénites Baurú avec ciment calcaire, grâce à leur grande résistance à l'érosion, occupent aujourd'hui les hauts des colines, tandis que les pentes peu inclinées des vallées sont constituées par les arénites Baurú sans ciment calcaire. Les cours d'eau ont ainsi conduit leurs lits à travers les couches d'arénites pauvres en calcium, ce qui permet de déduire que le système hydrographique avait un aspect semblable au présent dès la fin de la période du Crétacé ou le commencement du Tertiaire.

Des photographies des deux types d'arénites Baurú figurent dans le travail de l'auteur, présentant des couches entre-croisées, des épanchements basaltiques décomposés, ainsi que des panoramas typiques de la Série São Bento située à l'Est de Cravinhos (de climat franchement humide) et d'une formation géologique identique existante dans le Sud de l'Arabie (de climat aride). L'arénite Botucatu qui se présente le long de la rivière Paraná a été aussi photographiée par l'auteur, c'est cet arénite qui a servi à WASHBURN comme exemple de l'arénite Caiuá, mais, suivant l'auteur c'est de l'arénite Botucatu. Et l'auteur suggère qu'on l'appelle "Botucatu Supérieur", réservant les noms de "Botucatu Intermédiaire" et "Botucatu Inférieur" pour les autres positions stratigraphiques.

Finalement, sont mentionnées les aires probables occupées par les différents terrains qui figurent dans la carte organisée par l'auteur, lequel fait quelques considérations au sujet des cartes géologiques qui ont été publiées après 1929, en ce qui concerne la moitié Nord-Ouest de l'État de São Paulo, car, à cause de la rareté des affleurements, plusieurs terrains ont été classifiés à peine par l'aspect des sols qu'ils présentent, lesquels seulement maintenant ont été analysés au point de vue pédologique.

RESUMEN

En virtud de la importancia que tuvieron los trabajos de campo del Servicio de Levantamiento Agrogeológico del Estado de San Paulo puede el autor ofrecer algunas contribuciones para el conocimiento de la mitad noroeste de aquel Estado. La topografía de la región es muy suave y los afloramientos, sin contar las eruptivas de la serie San Bento, que se halla en los cauces de diversos cursos de agua no son muy frecuentes.

Así el trazado del mapa anterior está basado en el aspecto de los suelos que sólo recientemente fueron analizados, dando lugar a puntos de vista más concretos.

El autor presenta dos mapas de la región en la escala de 1 : 2 000 000. De estos mapas, uno de ellos fué publicado en el libro de WASHBURN en 1929 y representa la concepción anterior, el otro es el resultado de los estudios hechos por el autor.

Fuó eliminada la formación "Caiuá", la cual significa ora la arenisca Botucatu posterior al último derrame visible de lavas basálticas (Rético), ora la arenisca Baurú que no contiene cemento calcáreo (Cretáceo).

El trazado del mapa de la formación Baurú muestra los dos tipos de arenisca que la constituyen : uno conteniendo cemento calcáreo y que corresponde a facies fluviolacustre, el otro conteniendo cemento arcilloso muy pobre de calcio y que corresponde a facies principalmente terrígena.

En estos mapas los dos tipos de terreno Baurú presentan cerca de 50 características cuantitativas, físicas y químicas de suelos típicos que indican los valores medios, máximos y mínimos que se encuentran con frecuencia. Muchas de estas características, presentadas por uno de estos tipos de suelo son tan diferentes de las presentadas por el otro que los valores mínimos de uno sobrepujan a los máximos del otro, lo que permite la distinción de las dos rocas através del análisis de los suelos aluviales que de ella se originan.

Las regiones de arenisca Baurú que no contiene cemento calcáreo, fueron en su gran parte mapeadas anteriormente como Caiuá, Jurásico.

Igual tabla analítica de suelos típicos es presentada para los suelos engendrados por la arenisca Botucatu sin la influencia de lavas y con su influencia en este último caso cuando los derrames están situados a la profundidad de mil a diez mil metros.

En este caso, en virtud de la ascensión y fijación de Fe₂O₃ en la superficie los suelos presentan el color de tierras rojas pero quedan casi tan arenosos y químicamente pobres como los que se originan apenas de la arenisca Botucatu. Muchas de las regiones de estas tierras rojas arenosas y pobres fueron también mapeadas anteriormente como "Caiuá". Poseen estos suelos el nombre popular de "tierras rojas de campo." Algunos de ellos tienen en su origen detritos de areniscas mezcladas a los de basaltitos, meláfidos y diabasas por transporte acuoso más o menos reciente, datando acaso del Plioceno o del Pleistoceno.

En esta mixtura la contribución de la arenisca Botucatu predomina ampliamente sobre los detritos de lavas básicas.

Son llamadas "tierras rojas mezcladas" cuando los detritos de lavas predominan sobre los de la arenisca Botucatu; y "tierras rojas legítimas" cuando la roca-mater es exclusivamente lava básica.

El autor publicó, el abril de 1941, una clasificación de los suelos del Estado de San Paulo en 24 grupos, numerados consecutivamente, a partir de la formación más antigua. En esa clasificación, los suelos mencionados en el presente estudio forman grupos numerados de la siguiente manera: grupo 16, relativo a los suelos que se originan de la arenisca Baurú, mezclada con cemento calcáreo; grupo 15 relativo a los oriundos de arenisca exenta de la arenisca calcárea; grupo 11 relativo a los suelos engendrados por la arenisca Botucatu y finalmente grupo 12 relativo a los suelos provenientes de esta roca cuando hace sentirse la presencia de lavas basálticas; estos suelos son llamados "tierras rojas de campo". Las "tierras rojas mezcladas" pertenecen al grupo 13 y las "tierras legítimas" al de número 14.

En otra tabla de características físicas de los suelos establece el autor el criterio en que está basada la distinción entre los grupos 11 y 12 así como entre los grupos 11 y 15. La distinción es más fácil entre los grupos 15 y 16. Los dos grupos de suelos, 11 y 15, cuya confusión parece haber sido la causa del apareamiento de la formación "Caiuá", pueden ser discernidos en el campo pues poseen los suelos del grupo 15 pequeños granos negros de magnetita e ilmenita en cuanto que la arena de los suelos del grupo 11 es completamente cuarzosa. Esto explica porque la formación Baurú es un "remanejamiento" de los terrenos de la Serie San Bento en clima subúmido, en cuanto que la arenisca Botucatu está constituida de sedimento de colito de clima árido que había cubierto los derrames y no pueden por ese motivo contener los minerales pesados y típicos de las eruptivas básicas.

Con relación a las lavas básicas, son presentados algunos datos de su decomposición en forma de exfoliación concéntrica. Los análisis de las varias capas de la roca decompuesta, de los respectivos suelos y de las rocas vivas muestran que existe un punto en donde la cantidad de SiO_2 se reduce a cero. El húmus de la superficie del suelo condiciona la estabilidad a una cierta cantidad de SiO_2 que en las tierras rojas y vírgenes está en el orden de 10%. Esta cantidad disminuye rápidamente con la disminución de la proporción de húmus en la profundidad del suelo.

A partir de la capa de exfoliación exenta de color rojo la proporción de SiO_2 sube de nuevo alcanzando a los 49 a 50% existentes en la roca viva al mismo tiempo que aparece hierro ferroso elemento que encima de aquel punto sólo se presenta en el estado férrico. La naturaleza del clima que condiciona tal tipo de decomposición está dada cuantitativamente.

Es también discutida la cuestión de la naturaleza de las arcillas de los suelos mencionados, caolínica en los del grupo 11, tipos caolínita e hidrargirita en aquéllos del grupo 12, hidrargirita en los grupos 15 y portadora de bentonitas en los suelos del grupo 16.

Estos presentan montmorillonita cuando concurren areniscas cineríticas. Esta cuestión no fué aún esclarecida debidamente a falta de estudios suficientemente numerosos.

La cuestión de la composición mineral de las arcillas del suelo sirvió a VAGELER para establecer un nuevo criterio para la clasificación de los suelos minerales de los climas tropicales y subtropicales.

El autor presenta el diagrama en triángulo SiO_2 — Al_2O_3 — Fe_2O_3 de VAGELER aplicado a los suelos tratados en regiones definidas

El centro de estas regiones unido al vértice 100% SiO_2 por línea recta prolongada hasta la base del triángulo (0% de SiO_2), define la directriz sobre la cual está representada la laterización de los suelos a partir de la región del gráfico en donde está localizada la roca máter.

Esta región está tan más próxima del vértice 100% SiO_2 cuanto más alta proporción de sílice de la roca viva (con relación a las areniscas debe considerarse la proporción SiO_2 de sus arcillas).

La región del suelo virgen que da en la recta definida muy abajo de la región de la roca. Cuando el suelo se envejece esta región aproximase de la base del triángulo.

La alimentación química y física de las plantas por el suelo y la restauración de éste con el empleo de abonos y correctivos son tan difíciles cuanto más próximo estuviere el suelo de la base del triángulo de VAGELER.

El trabajo ofrece un corte de 370 km., en la dirección SE-NW, mostrando la estratigrafía probable de la Serie San Bento cubierta por las areniscas Baurú. Muestra también un otro corte hipotético que explica la concepción de la formación Baurú. Verificase que las areniscas Baurú que contienen cemento calcáreo en virtud de su mayor resistencia a la erosión ocupan actualmente los espigones en cuanto los declives suaves de los valles presentan arenisca Baurú exenta de cemento calcáreo.

Así los cursos de agua condujeron sus cauces a través de los estratos de la arenisca pobre de calcio, lo que hace posible la idea que el sistema hidrográfico poseyera aspecto semejante al actual desde fines del período Cretáceo o comienzos del Terciario.

Acompañan el trabajo fotografías de los dos tipos de areniscas Baurú con estratos cruzados, otras presentando derrames basálticos decompuestos, y también aspectos típicos de la Serie San Bento al este de Cravinhos (clima francamente húmedo) y de idéntica formación geológica existente al sur de Arabia (clima árido). Fué también fotografiada la arenisca Botucatu que corre a orillas del río Paraná la cual sirvió a WASHBURNE como modelo de arenisca Caiuá, pero según la opinión del autor no es más que la arenisca Botucatu. Para esta arenisca propone el autor el nombre de "Botucatu Superior" dejando los nombres de "Botucatu Intermediario" y "Botucatu Inferior" para las demás posiciones estratigráficas.

Concluyendo, señala el autor las áreas presumibles ocupadas en el Estado de San Paulo por los diversos terrenos que constituyen el mapa presentado haciendo algunos comentarios en torno de los diversos mapas geológicos posteriores al de 1929 en la parte relativa a la mitad nordeste del Estado de San Paulo, pues siendo raros los afloramientos varios terrenos fueron mapeados tomando por base el aspecto de sus suelos cuyo análisis pedológico sólo recientemente ha sido hecho.

RIASSUNTO

Mercè l'ampiezza data ai lavori di campagna del servizio di rilevamento agro-geologico dello Stato di San Paolo, l'autore è in grado di presentare contributi alla conoscenza dei terreni della metà settentrionale-occidentale di codesto Stato. La topografia della regione è poco accidentata e gli affioramenti, ad eccezione delle rocce eruttive della Serie San Bento, che si trovano nei letti di vari corsi d'acqua, sono molto rari. I compilatori delle carte geologiche anteriori si erano basati soprattutto sull'aspetto dei terreni, che solo di recente furono sottoposti ad analisi atte a fornire conoscenze più solidamente fondate.

L'autore presenta due carte geologiche della regione, alla scala di 1 : 2 000 000 : una, conforme alle conoscenze anteriori, tratta dal libro di WASHBURNE del 1929, e l'altra, dedotta dalle rilevazioni che l'autore riassume. Risulta eliminata la formazione Caiuá, alla quale si sostituisce o l'arenaria di Botucatu, posteriore all'ultima effusione visibile di lave basaltiche (Retico), o l'arenaria di Baurú, priva di cemento calcareo (Cretaceo).

Nella rappresentazione della formazione Baurú sono distinti i due tipi di arenaria che la compongono : uno, con cemento calcareo, che corrisponde alla facies fluviale-lacustre, e l'altro con cemento argilloso poverissimo in calcio, che corrisponde ad una facies principalmente terrestre. Di questi due tipi di terreno Baurú sono indicati una cinquantina di caratteri

quantitativi, fisici e chimici, dei suoli tipici, rappresentati dai valori medi, massimi e minimi normalmente osservati. Per alcuni caratteri i due tipi di suolo divergono tanto, che i valori minimi relativi ad uno di essi superano i massimi relativi all'altro, sicchè riesce possibile trarre criterio da codesti caratteri per la distinzione fra le due rocce mediante l'analisi dei suoli eluviali cui esse hanno dato origine. Le regioni di arenaria Baurú priva di cemento calcareo figuravano, in gran parte nelle carte anteriori, come Caiuá, Glurassico.

Un'analoga tabella di risultati d'analisi di suoli tipici è data per quelli generati dall'arenaria Botucatu, senza e con influenza di lave, con riferimento in quest'ultimo caso ad effusioni situate alla profondità di una decina ad una ventina di metri. In questo caso, per l'ascesa del Fe_2O_3 e la sua fissazione nella superficie, i suoli presentano un colore rossastro, simile a quello delle "terras roxas", ma si mantengono arenosi e chimicamente poveri quasi altrettanto come quelli che hanno per roccia-madre la sola arenaria Botucatu. Molte zone di codeste terre rosse arenose e povere figuravano come Caiuá nelle carte anteriori; localmente esse sono chiamate "terras roxas de campo". Alcune hanno origine dalla mescolanza di detriti di arenarie e di basalti, melafiri e diabasi, per effetto di trasporto acqueo, che risale forse al Pliocene o al Pleistocene. Predomina, per lo più, nella mescolanza, l'arenaria Botucatu. Sono dette "terras roxas misturadas" quelle in cui predominano, invece, i detriti di lave basiche; e "terras roxas legítimas" quelle derivate esclusivamente da codeste lave.

Nella classificazione dei suoli dello Stato di San Paolo in 22 gruppi, numerati a partire dalla formazione più antica, che fu pubblicata dall'autore fino dal 1941, corrispondono ai suoli qui considerati i numeri di gruppo: 16, a quelli derivati dall'arenaria Baurú con cemento calcareo; 15 a quelli da arenaria priva di tale cemento; 11, a quelli da arenaria Botucatu; 12, a quelli provenienti da codesta roccia ma con presenza di detriti di lave basiche ("terras roxas de campo"); 13, alle "terras roxas misturadas", e 14, alle "legítimas".

Da un'altra tabella di caratteristiche fisiche e chimiche dei suoli, l'autore trae il criterio per la distinzione fra quelli dei gruppi 11 e 12, e fra quelli dei gruppi 11 e 15. Tra i gruppi 15 e 16 la distinzione riesce facile. I due gruppi di suoli, 11 e 15, la confusione tra i quali sembra abbia dato origine alla supposta formazione Caiuá, possono essere distinti facilmente perchè i secondi contengono granelli neri di magnetite e ilmenite, mentre la sabbia dei primi è totalmente quartzosa. Ciò deriva dalla natura stessa della formazione Baurú che costituisce un rimaneggiamento dei terreni della Serie San Bento in clima sub-umido, mentre l'arenaria Botucatu è un sedimento eolico, tipico d'un clima arido, che ha coperto le effusioni e non può, quindi, contenere quei minerali pesanti, caratteristici delle rocce eruttive basiche.

Quanto alle lave basiche, l'autore dà notizia sulla decomposizione cui vanno soggette, nella forma di sfogliamento concentrico. Le analisi delle parti superficiali della roccia decomposta, dei suoli corrispondenti e della roccia viva, mostrano che esiste un punto in cui il tenore di SiO_2 si riduce a zero. L'humus superficiale assicura stabilità ad un certo tenore di SiO_2 , che nelle terre rosse vergini è dell'ordine del 10% e che diminuisce rapidamente col ridursi della proporzione dell'humus, di mano in mano che si passa a profondità maggiori. A partire dallo strato di sfogliamento il tenore di SiO_2 aumenta di nuovo, fino a raggiungere il 49-50% nella roccia viva; e s'incomincia a trovare ferro allo stato ferroso, mentre più in su lo si trova soltanto allo stato ferrico. Indici quantitativi caratterizzano il clima col quale è connesso codesto tipo di decomposizione.

L'autore discute anche la natura delle argille di quei suoli, che sono caoliniche nel gruppo 11, caoliniche e idrargillitiche nel 12, idrargillitiche nel 15, e contengono bentonite nel 16. I suoli di quest'ultimo gruppo presentano montmorillonite quando concorrono a formarli arenarie cineritiche, ma quest'aspetto non è stato ancora sufficientemente chiarito dalle osservazioni eseguite.

La composizione minerale delle argille del suolo servi a VAGELER come base d'un nuovo criterio di classificazione dei suoli minerali tipici di climi tropicali e subtropicali. L'autore, riproducendo il diagramma a triangolo del citato autore, $\text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Fe}_2\text{O}_3$, lo applica ai suoli in esame, che corrispondono a determinate regioni del diagramma. Unendo il centro di tali regioni col vertice 100% SiO_2 , mediante una retta, e prolungando questa fino alla base del triangolo (0% di SiO_2), si ottiene la direttrice lungo la quale si rappresenta la laterizzazione dei suoli a partire dalla regione del diagramma ove figura la roccia madre. Tale regione rimane tanto più vicina al vertice 100% SiO_2 , quanto più alto è il tenore in silice della roccia viva (per l'arenaria devesi considerare il tenore delle argille in SiO_2). La regione del suolo vergine è situata sulla retta sopra definita, parecchio al di sotto della regione della roccia. L'invecchiamento del suolo consiste nell'avvicinarsi di questa regione alla base del triangolo. L'alimentazione chimica e fisica delle piante, attraverso il suolo e la reintegrazione della fertilità di questo mediante concimi e correttivi divengono sempre più difficili quanto più vicino è il suolo alla base del triangolo di VAGELER.

L'autore presenta una sezione dei terreni della lunghezza di 370 km., in direzione SE-NO, che mostra la probabile stratigrafia della Serie San Bento, alla superficie della quale si trovano le arenarie Baurú, ed una sezione ipotetica che mostra i caratteri della formazione Baurú. Le arenarie Baurú con cemento calcareo, mercè la maggiore resistenza all'erosione, occupano oggi le creste, mentre i moderati pendii delle valli presentano arenarie Baurú prive di cemento calcareo. I corsi d'acqua tracciarono i loro letti attraverso gli strati d'arenaria povera di calcio; il che convalida l'ipotesi che l'aspetto del sistema idrografico si sia poco modificato dalla fine del periodo Cretaceo o dal principio del Terziario ad oggi.

Alcune fotografie illustrano i due tipi di arenarie Baurú con strati incrociati; altre, le effusioni basaltiche decomposte; altre ancora, i panorami tipici della Serie San Bento ad Est di Cravinhos (clima nettamente umido) e dell'analoga formazione geologica esistente nell'Arabia meridionale (clima arido). Appare anche, in fotografia, l'arenaria delle sponde del Paraná, adottato da WASHBURN come tipo dell'arenaria Caiuá, mentre secondo l'autore è semplicemente arenaria Botucatu. Per questa arenaria egli propone il nome di Botucatu superiore, attribuendo le qualifiche d'intermedia e di inferiore alle arenarie in altre posizioni stratigrafiche.

Da ultimo sono indicate le aree che si stimano occupate dai diversi tipi di terreno nello Stato di San Paolo, e sono esposte considerazioni sulle varie carte geologiche posteriori a quella del 1929, con speciale riferimento alla metà settentrionale-occidentale dello Stato.

SUMMARY

The author presents a contribution to the geological knowledge of the northwestern region of the State of São Paulo given by the Soil Survey of the State. Not taking into account the Triassic eruptives the topography of the area is very gentle affording few outcrops.

Two maps are presented, one published by WASHBURN, 1929, and another representing the results of the authors research. The Caiuá formation has been ignored for it is considered to be constituted either of Botucatu sandstone deposited after the last basalt flow (Rhaetic) or of Bauru sandstone without calcareous cement (Cretaceous). For the former the A. proposes the name "Upper Botucatu Sandstone", as well as "Intermediate Botucatu" for the sandstones interbedded between lava flows and "Lower Botucatu" for the sandstone underlying the first lava flow.

Two facies are distinguished for the Bauru formation: a sandstone with calcareous cement (fluvio-lacustrine) and a sandstone with argillaceous cement (terrigenous) almost calcium free. In table I are listed about 50 physical and chemical characteristics of soil produced by the decomposition of calciferous (soil group N.º 16) and non-calciferous (soil group N.º 15) Bauru sandstones. The chemical differences between these two soils are so great that they may be used on analysis of the soil to distinguish the two facies. Table N.º 2 lists the analytical results of the study of typical soils produced from pure Botucatu sandstone influenced by basaltic lavas whose soils are known as "terras roxas de campo" (soil group N.º 12). Soil N.º 15, other than characteristics given in Table I, also contains magnetite and ilmenite as remnants of the basaltic lava. Soil N.º 11 is exclusively quartzose. The average characteristics of these groups of soils (N.º 11 to N.º 16) derived from analyses of about 200 typical soil profiles taken as deep as 1.5 to 3.5 meters.

Data are given regarding the decomposition of basaltic lavas by concentric exfoliation. The analyses of various layers of decomposed lavas, of their respective soils and of the fresh rock, indicate the existence of a point in the progress of decomposition at which the content of silica is reduced to zero. The humus at the surface of the soil provides stability (protective colloid) for a certain amount of SiO_2 , this being on the order of 10% in virgin "terra roxa". This amount diminishes rapidly as the amount of humus decreases in deeper soils. Beginning with the layer of exfoliation, free of red coloration, the amount of SiO_2 begins to increase reaching 49% to 50% in the fresh rock. With the increase of SiO_2 ferrous iron increases and ferric iron decreases. The nature of the climate causing this type of decomposition is determined quantitatively. The nature of the clays contained in the soils subjected to study are summarized as: kaolinitic in group 11, kaolinitic and hydrargillitic in group 12, hydrargillite in group 15, and bearing bentonites in group 16. The clays also have montmorillonite when sandstones possessing cineritic elements are present, this question however bears much study pending sufficient data.

A diagram of the triangular projection SiO_2 — Al_2O_3 — Fe_2O_3 used by VAGELER was applied to the mineral colloidal complex of the soils discussed, and as result it was found that they fall within definite regions of the projection. A straight line departing from the corner (Fig. 5a) SiO_2 and crossing the center of these regions to the opposite base (0% SiO_2) represents the progress of laterization of the soils of the area in relation to the position of the mother rock. The greater the amount of silica in the mother rock the closer that area is to 100% SiO_2 corner (in the case of sandstones, the amount of SiO_2 of its clays must be considered). The region of virgin soil is situated well below the original rock on the line defined above. The area of old soil appears close at the base of the triangle. During the decay of soils their mineral complex point moves downward along the mentioned straight line.

The closer to the base of the triangle, used by VAGELER, the greater the difficulty for the plants in that area to obtain raw materials from the soil, and for men to restore that soil through fertilizing. The distance the point moved downward along the straight line shows also the degree of laterization and senility of the soil.

Preceding mapping was made taking into account features of soils which were not analysed. Present concept is based on complete physical and chemical analysis of soils, thus throwing new light on such questions as distinguishing of geological formations and their mapping.

Due to differential resistance of Bauru sandstone with and without calcareous cement, the former occurs on the highest points and the latter on the slopes. Both are due to cretaceous reworking (in sub-humid climate) of the thactic São Bento series (eolic sandstone interbedded by basaltic lava flows, in arid climate).

Calcareous cement of fluvio-lacustrine Bauru sandstone derived from decomposition of augites and plagioclases of triassic lavas, and perhaps also from the permian Passa-Dois series (limestones, cherts and shales) and algonkian São Roque series (metamorphic limestones, phyllites, micaschists and quartzites), which region could also be reached by the cretaceous reworking of preceding formations.

All preceding geological maps dealing with the northwestern part of the State of São Paulo are discussed. The maps published after 1929 WASHBURN's map generally did not improve the geological understanding of the region, because while some uncorrect points of view have been corrected, some new errors have been introduced due to lack of systematic exploration and sufficient amount of analyses (paleontologic material was only found in the cretaceous sandstone with calcareous cement).

ZUSAMMENFASSUNG

Dank der Bedeutung, welche die Feldarbeiten zwecks der Erhebung des agro-geologischen Standes des Bodens des Staates S. Paulo erreichten, konnte der Verfasser einige Punkte zur besseren Kenntnisnahme des Bodens des Nord-östlichen Teiles dieses Staates erwähnen. Die Topographie jener Gegend ist sehr sanft und Waldungen sind selten, wenn man von denen der Gegend von S. Bento, welche sich in den verschiedenen Flussältern befinden, absteht. Daher fasste der vorherige Plan auf dem Stand des Bodens. Dieser wurde erst letzthin genauer untersucht und erlangte dadurch bessere Anhaltspunkte.

Der Verfasser zeigt zwei Landkarten der Gegend in der Grösse 1 : 2 000 000; die erste zeigt die alte, frühere Ansicht, welche in dem Buch von WASHBURN im Jahre 1929 veröffentlicht wurde, und die zweite zeigt die Resultate der von dem Verfasser veranstalteten Studien. Die Bildung Caiuá wurde eliminiert, dieses bedeutet entweder Arenit Botucatu zu einer späteren Zeit.

Die Karte "Bauru" unterscheidet die zwei Typen von Arenit, welche sich aus kalkhaltigem Zement zusammensetzen, der der Wasserfläche entspricht, und der zweite, aus kalkarmen Zement gebildet. Die Gegend des Arnits Bauru welche frei von kalkreichem Zement ist, wurde vorher wie Caiuá, Jurássico aufgenommen.

Eine ähnliche Tabelle von den analitischen Resultaten der typischen Böden wurde auch aufgestellt. Durch die Steigung von Fe_2O_3 auf der Oberfläche, werden die Böden lilafarbig, trotzdem sie weiterhin sandreich und arm an Chemiekallen sind; sie habe nals "rocha-mater" nur den Arenit Botucatu. Viele Gegende wurden vor Caiuá aufgenommen. Diese Gegenden werden im Volksmund "Lila Felder" genannt.

Einige dieser Felder haben als Ursprung auch die Mischung von überbleibsel von Arenit mit Basalt. In dieser Mischung überwiegt jedoch der Arenit von Botucatu den Basalt. Diese Art Felder werden "gemischte lila Felder" genannt.

Im April 1943 veröffentlichte der Verfasser eine Klassifizierung der verschiedenen Böden des Staates von S. Paulo von 22 Gruppen, aufgezählt in fortlaufenden Nummern, von der ältesten Bildung an, und die in diesem Artikel besprochenen Felder haben folgende Nummern: Gruppe 16 mit Ursprung von Arenit von Bauru zusammen mit kalkhaltigem Zement; Gruppe 15, die Arenit ohne Zement enthalten; Gruppe 11, mit Ursprung von Arenit von Botucatu und Gruppe 12, die die Felder umfassen, wo Basalt mit Arenit vorgefunden wird. Die gemischten lila Felder sind in der Gruppe 13 und die "wirklichen" in der Gruppe 14.

In einer anderen Aufstellung erwähnt der Verfasser die physischen und chemischen Eigenschaften die in den verschiedenen Feldern der Gruppen 11 und 12 enthalten sind, wie ihre Unterschiede, auch erwähnt er die Unterschiede der Gruppen 11 und 15. Der leichteste Unterschied ist zwischen den Gruppen 15 und 16. Die beiden Gruppen 11 und 15, deren Konfusion der Grund der Erscheinung der Bildung "Caiuá" war, können dennoch leicht erklärt werden, da die Felder der Gruppe 15 schwarze Körner von Magnetit und Ilmenit haben, während der Sand der Felder der Gruppe 11 vollständig Quarzhaltig ist. Der Grund davon ist in der Tatsache zu sehen, dass die Bildung Bauru eine Neubildung der Felder der Serie S. Bento ist, während der Arenit Bauru ein eolisches Sediment ist, wodurch das Fehlen jener schweren und typischen Mineralien zu erklären ist.

Im Bezug auf die basischen Laven werden einige Angaben ihrer Dekomposition gemacht. Die Analysen der verschiedenen Felder und Felsen zeigen dass ein Punkt da ist wo der Inhalt von SiO_2 sich auf Null reduziert. Der Humus der Oberfläche des Bodens bedingt Stabilität eines gewissen Inhalts von SiO_2 in den lila Feldern und mit der Verminderung des Humus in der Tiefe des Bodens. Von den Mantel der Exfoliation, welches von roter Farbe frei ist steigt der Inhalt von SiO_2 , bis er 49 bis 50% der Felsen einnimmt zur gleichen Zeit erscheinen Eisenhaltige Mineralien, welche sonst nur im Zustand des Eisens erscheinen. Die Art des Klimas, welche diesen Typ bedingen, wird angegeben.

Die Art der Argilen, die in diesen Flächen angetroffen werden, wird auch erwähnt; Kaolinit in der Gruppe 11; Kaolinit und Hydragilit in der Gruppe 12; Hydragilit in der Gruppe 15; und Träger von Bentoniten in dem Boden der Gruppe 16. Diese zeigen Montmorilloniten wenn Beistand von Cineritischen Arenit besteht; jedoch ist diese Frage noch nicht völlig geklärt, weil noch nicht genügend viele Studien in diesem Sinne gemacht wurden.

Das Problem der Komposition der Argilen lies VAGLER ein neues System zur Klassifizierung der mineralischen Böden der tropischen und sub-tropischen Klimas anwenden. Der Verfasser zeigt ein Diagramm im Triangulo SiO_2 — Al_2O_3 — Fe_2O_3 von VAGLER, welches auf die verschiedenen Böden angewandt wurde, die alle in bestimmten Regionen anzutreffen sind. Das Zentrum dieser Gegenden mit dem Vertik 100% (SiO_2) in gerader Linie vereint und dann verlängert bis zur Base des Triangulos (0% von SiO_2), bestimmt die Direktriz auf welcher sich die Representation der Laterisation der Böden vorstatten, abgehend von der Region der Graphik wo der Mutter-Felsen anzutreffen ist. Diese Gegend ist desto näher der Verrischen 100% SiO_2 , je höher der Inhalt der Silizischen in dem Felsen ist (im Falle des Arenits muss man den Inhalt von SiO_2 in den Argilen beachten). Die Region des jungfräulichen Bodens bleibt in der definierten geraden Linie, ziemlich unterhalb der Felsgegenden. Die Veränderung des Bodens ist eine Annäherung dieser Gegend an die der Base des Triangulos. Die chemischen und physischen Ernährungen der Pflanzen durch den Boden, wie auch die Wiedererlangung des Nährwertes desselben durch die Düngung und den Gebrauch von Chemikalien, sind etwas erschwert weil der Boden der Base des Triangulos von VAGLER in der Nähe ist.

Die Arbeit zeigt einen Schnitt von 370 Km., in der Richtung SO-NW, und zeigt dabei die wahrscheinliche Estratigraphie der Serie von S. Bento, von beiden Seiten durch die Arenite Bauru flankiert, wie auch einen hypotetischen Schnitt welcher die Formbildung Bauru zu erklären versucht. Dabei wurde festgestellt dass die Arenite Bauru kalkhaltigen Zement enthalten, den sie ihrer grösseren Widerstandskraft der Erosion gegenüber verdanken; in den Tälern findet man jedoch nicht diese Qualitäten des Zements vor. So führen die Wasserläufe in ihrem Laufe wenig Arenit mit sich.

Der Arbeit sind Photographien der beiden Typen des Arenit Bauru, mit gekreuzten Lägern beigefügt, wie auch Ansichten von den typischen Panorama der Serie S. Bento im Osten von Cravinhos (Klima: sehr oft feucht), und von ähnlicher geologischer Bildung, wie sie im Südarabien besteht (heisses Klima). Auch der Arenit Bauru wurde abgebildet, wie man ihn an den Ufern des Flusses Paraná antrifft und welcher WASBURN als Muster des Arenit Caiuá diente, welcher aber, nach der Meinung des Verfassers, doch nur Arenit Bauru ist. Für diesen schlägt der Verfasser den Namen: "Botucatu Superior" vor, dann gebraucht er die Namen "Botucatu Intermediário" und "Botucatu inferior" für die anderen estratigraphischen Stellungen.

Zum Schluss werden noch die mutmasslichen Flächen im Staate S. Paulo erwähnt, wo die Erde die Qualitäten zeigt die in dieser Arbeit erwähnt wurden; auch einige Kommentare über die verschiedenen geologischen Karten, die nach 1929 veröffentlicht wurden, wurden gemacht; denn verschiedene Flächen wurden mit ihrem Bodenantiltz aufgenommen, weil die Seitenheit der Waldungen einen andern Prozess erschwerte. Diese Gebiete wurden erst letzthin pedologisch analysiert.

RESUMO

Dank'al la graveco, kiun havis la kamplaboroj de la servo de kamp-geologia statistiko de Stato São Paulo, la aŭtoro povas prezenti kelkajn kontribuojn al la kono de la grundoj de la nordokcidenta duono de tiu ŝtato. La topografio de la regiono estas tre modera, kaj la elmontriĝoj, se oni ne enkalkulas la erupciajn rokojn de la Serio São Bento, kiuj troviĝas en la fluejoj de diversaj akvofluoj estas tre maloftaj. Tiel, la antaŭa mapigo baziĝis sur la aspekto de la grundoj, kiuj nur freŝdate estis analizitaj, ebligante pli konkretajn vidpunktojn.

La aŭtoro prezentas du mapojn de la regiono laŭ la skalo de 1 : 2 000 000, unu el kiuj reprezentas la antaŭan koncepton kaj estis publikigita en la libro de WASHBURN en 1929, kaj la alia rezultas de la studoj prezentitaj de la aŭtoro. Estis eliminata la formacio Caiuá, kiu signifas jen grejsojn Botucatu postan al la lasta videbla disverŝiĝo de bazaltaj lafoj (Retiko), jen la grejsojn Bauru liberan de kalka cemento (Kretaceo).

La mapigo de la formacio Bauru distingas la du tipojn de grejsoj, kiuj ĝin konsistigas: unu kun kalka cemento, respondantan al rivero-laga aspekto, kaj la alian kun argila cemento tre malrica je kalcio, respondantan al ĉefe terproduktita aspekto. Ĉirkaŭ 50 kvantaj, fizikaj kaj ĉemiaj karakterizaĵoj de la tipaj grundoj estas donitaj por tiuj ĉi du tipoj de grundo Bauru, kaj estas indikitaj la mezaj, maksimumaj kaj minimumaj, kiuj troviĝas ordinare. Diversaj el tiuj karakterizaĵoj, prezentitaj de unu el tiuj du tipoj de grundo, estas tiel malsamaj ol tiuj prezentitaj de la alia, ke la minimumaj valoroj de unu superas la maksimumajn de alia, tiel povante servi al la distingo de la du rokoj per la analizo de la eluviaj grundoj devenintaj de ili. La regionoj de grejso Bauru libera de kalka cemento estis grandparte mapigitaj antaŭe kiel Caiuá, Ĵuraso.

Egala tabelo de analizaj rezultatoj de tipaj grundoj estas donita por la grundoj produktitaj de la grejso Botucatu sen kaj kun influo de lafoj, en tiu ĉi lasta okazo kiam la disverŝaĵoj estas situaciantaj je la profundeĉo de nur unu aŭ du dekoj da metroj. En tiu ĉi okazo, pro la supreniro kaj fiksigo de Fe_2O_3 sur la surfaco, la grundoj prezentigas kolorigitajn kiel violkoloraj teroj, sed ili estas pli preskaŭ tiel sabloplenaj kaj ĉemie malriĉaj, kiaj estas tiuj, kiuj havas kiel naskintan rokon nur la grejsojn Botucatu. Multaj el la regionoj de tiaj violkoloraj teroj, sabloplenaj kaj malriĉaj, ankaŭ estis mapigitaj antaŭe kiel Caiuá. Tiuj grundoj havas la popularan nomon "violkoloraj teroj de kampo". Kelkaj el ili devenas ankaŭ de la miksiĝo de forĵetaĵoj de grejsoj kun tiuj de bazaltitoj, melafiroj kaj diabazoj per akva transporto pli malpli nova, kiu datigas eble de la plioceno aŭ de la pleistoceno. En tiu miksaĵo la kontribuo de la grejso Botucatu vaste superregas sur la forĵetaĵoj de bazaj lafoj. Ili estas nomataj "miksitaĵoj violkoloraj teroj", kiam la forĵetaĵoj de lafoj superregas sur tiuj de la grejso Botucatu; kaj "veraj violkoloraj teroj", kiam la roko produktinta la grundon estas ekskluzive baza lafo.

Ĉar la aŭtoro publikigis en aprilo 1943 klasigon de la grundoj de ŝtato São Paulo laŭ 22 grupoj, sinsekve numeritaj ekde la plej antikva formacio, la jenaj numeroj koncernis la grundojn traktitajn en tiu ĉi verko: grupo 16 aŭ tiuj devenintaj de la grejso Bauru kun kalka cemento; grupo 15 al tiuj devenintaj de la grejso libera de tia cemento; grupo 11 al tiuj produktitaj de la grejso Botucatu, kaj grupo 12 al la grundoj devenintaj de tiu roko, kiam ĝi estas influita de la ĉeesto de bazaltaj lafoj — grundoj, kiujn oni nomas "violkoloraj teroj de kampo". La "miksitaĵoj violkoloraj teroj" ricevis la numeron 13, kaj la "veraj" 14.

Per alia tabelo de fizikaj kaj ĉemiaj karakterizaĵoj de la grundoj starigas la aŭtoro la kriterion, sur kiu baziĝas la distingo inter la grundoj de la grupoj 11 kaj 12, same kiel inter tiuj de la grupoj 11 kaj 15. La distingo pli facila estas inter la grupoj 15 kaj 16. La du grupoj de grundoj, 11 kaj 15, kies konfuziĝo laŭŝajne estis la kaŭzo de la apero de la formacio Caiuá, povas esti distingataj sur la kampo pro tio ke tiuj de la grupo 15 havas nigrajn grajnetojn de magnetito kaj ilmenito, kaj male la sablo de la grundoj de la grupo 11 estas tute kvarca. Tio devenas de tio, ke la formacio Bauru estas remanipulo de la grundoj de la Serio São Paulo en submalseka klimato, kaj la grejo Botucatu estas eola sedimento de troseka klimato, kiu kovris la disverŝaĵojn, ne povante tiel enteni tiujn mineralojn pezajn kaj tipaj je la bazaj erupciaj rokoj.

Koncerne la bazajn lafojn, estas prezentitaj kelkaj donitaĵoj pri ilia dismetiĝo en formo de koncentra senskvamiĝo. La analizoj de la diversaj kovraĵoj de la roko dismetita, de la koncernaj grundoj kaj de la vivaj rokoj indikas, ke ekzistas iu punkto, kie la enhavo de SiO_2 reduktiĝas al nulo. La humo de la surfaco de la grundo kondiĉigas firmestarecon al certa enhavo de SiO_2 , kiu en la virgaj violkoloraj teroj estas laŭ la klaso de 10%. Tiu enhavo malaltiĝas rapide pro la malpliigo de la enhavo de humo en la profundo de la grundo. Ekde la kovraĵo de senskvamiĝo libera de ruĝa koloro la enhavo de SiO_2 releviĝas por atingi la 49 aŭ 50% ekzistantajn en la viva roko, samtempe kiel aperas ferhava fero, elemento kiu super tiu punkto nur prezentigas en la fereca ŝtato. La naturo de la klimato, kiu kondiĉigas tian tipon de dismetiĝo, estas donita kvante.

Estas ankaŭ diskutita la afero de la naturo de la argiloj de la menciitaj grundoj, kaolinita en tiuj de la grupo 11, kaolinita kaj hidrargilita tipoj en tiuj de la grupo 12, hidrargilita en tiuj de la grupo 15 kaj enhavanta bentonitojn en la grundoj de la grupo 16. Tiuj ĉi prezentas montmoriloniton, kiam konkuras kineritaj grejsoj, problemoj kiu ne estas antaŭe bone klarigita pro la manko de sufiĉe nombraj studoj.

La afero pri la minerala konsisto de la argiloj de la grundo servas al VAGELER por starigi novan kriterion por la klasigo de la mineralaj grundoj de la klimatoj tropikaj kaj subtropikaj. La aŭtoro prezentas la diagramon laŭ triangulo SiO_2 — Al_2O_3 — Fe_2O_3 de VAGELER aplikitan al la grundoj pritraktitaj, kiuj lokigas en ĝi en difinitaj regionoj. La centro de tiuj regionoj, ligita al la vertico 100% SiO_2 , per rekta linio kun plilongigo de tiu ĉi ĝis la bazo de la triangulo (0% de SiO_2), difinas la direktricon, laŭlonge de kiu okazas la reprezentado de la flankiĝo de la grundoj ekde la regiono de la grafiko, kie sidas la naskanta roko. Tiu regiono estas tiom pli proksima al la vertico 100 SiO_2 , kiom pli alta estas la enhavo de siliko de la viva roko (en la okazo de grejsoj devas esti konsiderata la enhavo de SiO_2 de iliaj argiloj). La regiono de la virga grundo estas sur la difinita rekto ĝuste malsupre de la regiono de la roko. La maljunio de la grundo estas la alproksimiĝo de tiu regiono al la bazo de la triangulo. La ĉemia kaj fizika nutrado de la plantoj per la grundo, same kiel la restarigo de la produkto de tiu ĉi per la sterkado kaj uzado de korektiloj, estas tiom pli malfaciligitaj kiom pli proksime estos trovata la grundo de la bazo de la triangulo de VAGELER.

La verko portas sekcon da 370 km. laŭ la direkto SE-NW montrantan la probablan stratigrafion de la Serio São Bento kovrita de la grejsoj Bauru, same kiel hipotezan sekcon, kiu klarigas la koncepton pri la formacio Bauru. Oni konstatas, ke la grejsoj Bauru kun kalka cemento, dak'al ilia pli granda rezisto al la erozio, okupas hodiaŭ la suproliniojn, kaj male la moderaĵ deklivoj de la valoj prezentas grejsojn Bauru libera de kalka cemento. Tiel la akvoŭoj kondukis siajn fluejojn tra tavoloj de grejso malriĉa je kalcio, starigante do la ideon, ke la hidrografia sistemo havis aspekto similan al nuna ekde la fino de la kretacea periodo aŭ la komenco de la terciara.

La verkon ilustras fotografiaĵoj de la du tipoj de grejsoj Bauru kun krucigitaj tavoloj, aliaj de bazaltaj disverŝaĵoj dismetitaj, same kiel tipaj panoramoj de la Serio São Bento oriente de Cravinhos (klimato klare malseka) kaj de sama geologia formacio ekzistanta sude de Arajujo (troseka klimato). Estis ankaŭ fotografita la grejso Botucatu, kiu aperas sur la bordoj de la rivero Paraná, kaj kiu servas al WASHBURN kiel normo de grejso Caiuá, sed, laŭ

la aŭtoro, estas nur grejso Botucatu. Por tiu ĉi grejso la aŭtoro proponas la nomon "Supera Botucatu", kaj uzas la nomojn "Intermeza Botucatu" kaj "Malsupera Botucatu" por la ceteraj stratigrafiaj pozicioj.

Fine estas donitaj la supozeblajn areojn okupitaj en ŝtato São Paulo de la diversaj grundoj. kiuj aperas sur la mapo prezentita de la aŭtoro, kaj estas faritaj kelkaj komentarioj pri la diversaj geologiaj mapoj postaj al tiu de 1929 en la parto rilata al la nordokcidenta duono de ŝtato São Paulo, tial ke, pro la malofteco de elmontriĝoj, diversaj terspacoj estis mapigitaj pro la aspekto de siaj grundoj, kiuj nur freŝdate estis analizitaj pedologie.

★

BIBLIOGRAFIA MENCIONADA

- 1 — BARBOSA, Otávio. O arenito Caiuá e a Série Bauru. *Mineração e Metalurgia* (n.º 16) 3:212. Rio, nov.-dez. de 1939.
- 2 — CAMARGO, Teodoreto de, e PAULO VAGELER. Análises de Solos. I. Análise Física. *Bol. Técn. Inst. Agron. do Est. de S. Paulo*, 24, 79 págs. 4 diagrs. Campinas, SP, 1936.
- 3 — CAMARGO, Teodoreto de, e PAULO VAGELER. Os Solos do Estado de São Paulo. I. Problemas Gerais da Ciência dos Solos Tropicais e Sub-Tropicais. *Bol. Técn. Inst. Agron. do Est. de S. Paulo*, 40. 35 págs., 6 fotos. Campinas, SP, 1938.
- 4 — CLARK, Frank W. The Data of Geochemistry. 5th edition. *U. S. Geolog. Survey Bull.* 770; 841 págs. Washington, DC, 1924.
- 5 — ENDELL, Kurd. Sobre a pesquisa radioscópica de argilas e sua importância técnico-econômica. *Bol. Técn. Inst. Agron. do Est. de S. Paulo*, 31:23-40, figs. 2-15. Campinas, SP, 1937.
- 6 — ENDELL, K., U. Hoffmann und D. Wilm. Ueber die Natur der keramischen Tone. *Berichte der Deutschen Keramischen Gesellschaft*, 14:407-438, 19 figs. 6 tabs. Berlin, 1933.
- 7 — ENDELL, K., U. Hoffmann und E. Maegdefrau. Ueber die Natur des Tonanteils in Rohstoffen der Deutschen Zement-Industrie. *Zement*, 24:625-632, 16 figs. e 1 tab. Berlin, 1935.
- 8 — FELICÍSSIMO Jr., Jesuino. O poço de Araquá. *Bol. Inst. de Engenharia*, 27:235-237 (n.º 136). S. Paulo, 1938.
- 9 — FLORENCE, Guilherme. Notas geológicas sobre o rio Tietê em o trecho estudado pela turma de exploração do referido rio em 1905. In *Exploração do Rio Tietê (Barra do Rio de Jacaré-Guaçu ao Rio Paraná)*. Comissão Geogr. e Geológica do Est. de S. Paulo, 3.^a edição, S. Paulo, 1930, ilustr.
- 10 — FARIA, Antônio. Coletânea de análises químicas executadas no período de 1889 a 1935. *Bol. Inst. Geogr. e Geológico*, n.º 24, 52 págs. São Paulo, 1939.
- 11 — GONZAGA de Campos, L. F. *Reconhecimento da zona compreendida entre Bauru e Itapura*, 40 págs. mapas. Tipogr. Ideal. S. Paulo, 1905.
- 12 — GRABAU, Amadeus W. *Principles of Stratigraphy*. 3d. edition, 1185 págs. ilustr. A. G. Sellen, New York, 1932.
- 13 — GRIM, Ralph E. Relation of the Composition to the Properties of Clays. *Journ. Amer. Ceram. Soc.* 22: 141-151, 2 tabs. e 127 cit. bibliogr. Urbana, Ill., May, 1939.
- 14 — GUIMARÃES, Djalma. Província Magmática do Brasil Meridional. *Bol. Inst. Geol. e Mineral do Brasil*, 64; 78 págs., 10 figs. Rio, 1933.
- 15 — GUTMANS, Marger e PAULO VAGELER. Contribuição para o conhecimento das anomalias magnetométricas do Brasil Central. *Bragantia*, 1:441-451, 2 des. *Bol. Técn. Inst. Agron. do Est. de S. Paulo*, Campinas, SP, maio de 1941.
- 16 — GUTMANS, M. Rochas-máter da "terra roxa". *Bragantia*, 3:271-322, 10 figs. *Bol. Técn. Inst. Agron. do Est. de S. Paulo*, Campinas, SP, setembro de 1943.
- 17 — HATCH, F. H., Rastall, R. H. and MAURICE BLACK. *The Petrology of the Sedimentary Rocks*. 3d. edit., 383 págs. G. Allen and Unwin Ltd., London, 1938.
- 18 — HOLMES, Artur. *The Nomenclature of Petrology*. 2d. edit., 284 págs. The Murby and Co., London, 1938.
- 19 — LANG, W. B. e outros. Clay investigations in the Southern States. *U. S. Geological Survey Bull.* 901, 346 págs., 9 mapas. Washington, 1940.
- 20 — MAACK, Rheinhard. Algumas observações a respeito da existência e da extensão do arenito superior S. Bento ou Caiuá no Est. do Paraná. *Arquivos do Museu Paranaense*, 1:107-129, 4 estampas e 12 figs. Curitiba, PR, 1941.
- 21 — MILNER, H. B. *Sedimentary Petrography*. 3d. edit., 606 págs., 51 estampas. Th. Murby and Co., London, 1940.
- 22 — MORAIS Rêgo, Luís F. A Geologia do Petróleo. *Bol. Serv. Geol. e Mineral. do Brasil*, 46; 110 págs. ilustr. Rio, 1930.

- 23 — MORAIS RÊGO, Luís F. Camadas cretáceas do sul do Brasil. *Anuário da Escola Politécnica*, Univers. de S. Paulo, 1935:: 231-274, ilustr., mapa. São Paulo, 1936.
- 24 — MORAIS RÊGO, Luís F. *A Geologia do Estado de São Paulo*. Depart. de Estradas de Rodagem (Secret. Viação); 153 págs. ilustr. S. Paulo, 1940-41.
- 25 — MORAIS RÊGO, L. F. e Tarcísio D. Sousa Santos. Contribuição para o Estudo dos Granitos da Serra da Cantareira. *Bol. Inst. de Pesquisas Tecnológicas de S. Paulo*, 18; 162 págs., 50 figs. e 6 des. e mapas anexos. S. Paulo, junho de 1938.
- 26 — OLIVEIRA, Avelino Inácio, e Othon Henry Leonardos. *Geologia do Brasil*, 2.^a edição, 813 págs. ilustr., mapa, 1938. Serv. Informação Agrícola, Rio de Janeiro, 1943.
- 27 — OLIVEIRA, Eusébio de. Solos. *Anais da Academia Bras. de Ciências*, 2:227-230. Rio de Janeiro, dezembro de 1930.
- 28 — OPPENHEIM, Victor. Rochas Gondwânicas e Geologia do Petróleo do Brasil Meridional. *Bol. Serv. Fomento da Produção Mineral*, 5:129 págs., 32 estampas e 29 desenhos. Rio de Janeiro, 1934.
- 29 — PACHECO, Joviano. Notas sobre a geologia do vale do rio Grande a partir da foz do rio Pardo até a sua confluência com o rio Paranaíba. In *Exploração do Rio Grande e Seus Afluentes*. Comissão Geogr. e Geológica, págs 33-38 com mapa geológico. S. Paulo, 1913.
- 30 — PAIS LEME, Alberto Betim. *História Física da Terra*. F. Briguiet & Cia. 1 020 págs. ilustr. Rio de Janeiro, 1943.
- 31 — PAIVA NETO, J. E. Argilas do tipo montmorilonítico nos solos do Estado de S. Paulo. *Mineração e Metalurgia*, 6:87, 4 figs. Rio, julho, 1941.
- 32 — PAIVA NETO, J. E. A "fração argila" dos solos do Est. de S. Paulo e seu estudo roentgenográfico. *Bragantia*, 2: 355-432, 5 figs. e 79 roentgenogramas. *Bol. Técn. Inst. Agron. do Est. de S. Paulo*, Campinas, SP, outubro de 1942.
- 33 — SETZER, José. O levantamento agro-geológico do Est. de S. Paulo em execução pela Secção de Solos do Inst Agron. de Campinas. *Revista Politécnica*, 36:211-216, 3 tabs. S. Paulo, janeiro de 1941.
- 34 — SETZER, José. As características (quantitativas) dos principais solos do Est. de S. Paulo. *Bragantia*, 1: 255-359, 2 tabs., 6 figs. e 56 diagrs. *Bol. Técn. Inst. Agron. do Est. de S. Paulo*, Campinas, SP, abril de 1941.
- 35 — SETZER, José. Diretrizes modernas para um levantamento agro-geológico. *Bol. Socied. Bras. de Agronomia*, 4:388-400. Rio, dezembro de 1941.
- 36 — SETZER, José. Os solos da Noroeste. *Bol. de Agricultura*, 1941: 453-465, com 2 mapas. *Diret. Publicid. Agrícola*, São Paulo, 1942.
- 37 — SETZER, José. Os solos dos grupos 11 a 14. *Bol. de Agricultura*, 1942: 268-312, mapa e 9 figs. *Diret. Publ. Agrícola*, S. Paulo, 1943.
- 38 — SETZER, José. O problema dos cafêzais novos em terras roxas cansadas. *Bol. Cursos de Aperf. e Especialização Min. Agric.* 3: 72 págs., 26 tabs. e 15 figs. Rio de Janeiro, 1945.
- 39 — SETZER, José. Noções Gerais de Pedologia. *Bol. Geográfico*, 2: 1904-1922 com 4 mapas. Rio de Janeiro, março de 1945.
- 40 — STROSE, George W. Geologic Map of South America (prepared under the direction of a Committee of the Geol. Soc. of America). Preliminary edition. Special papers N.º 61. New York, 1945.
- 41 — TWENHOFEL, William H. *Treatise on Sedimentation*. 2d. edit. 926 págs. Williams & Wilkins, Baltimore, 1932.
- 42 — TWENHOFEL, William H. *Principles of Sedimentation*. 2d. impression, 610 págs. McGraw-Hill Co., New York, 1939.
- 43 — URBAIN, Pierre. Introduction a l'Étude Pétrographique et Géochimique des Roches Argileuses. *Actualités Scientifiques et Industrielles*, n.º 499 et 500. Hermann & Cie., Paris, 1937.
- 44 — VAGELER, Paul. Relatório da Secção de Solos. Separata do relatório anual de 1935 do *Inst. Agron. do Est. de S. Paulo*. 32 págs. com 3 tabs. e 3 diagrs. Campinas, SP, 1936.
- 45 — VERNADSKY, W. J. *Geochemie in ausgewählten Kapiteln*. Tradução do Dr. E. Kordes, 370 págs. e 834 cit. bibliogr. (do russo). Akademische Verlagsgesellschaft, Leipzig, 1930.
- 46 — WANDERLEY, Alberto. Estudos geológicos e paleontológicos na variante Araçatuba-Jupia. In *Relatório Anual do Diretor do Serv. Geol. e Mineralógico*, 1935: 103-110. Rio de Janeiro, 1936.
- 47 — WASHBURNE, Chester W. Petroleum Geology of the State of S. Paulo, Brazil. *Bol. Comissão Geogr. e Geológica do Est. de S. Paulo*, 22:282 págs., 117 figs., 10 des. e 3 mapas. S. Paulo, 1930.
- 48 — WELLS, Roger C. Analysis of Rocks and Minerals from the Laboratory of the U. S. Geological Survey, 1914-36. *U. S. Geol. Survey Bull.* 878, 134 págs., Washington, 1937.