

## ANÁLISE ESTRUTURAL DA COBERTURA PEDOLÓGICA E A EXPERIMENTAÇÃO AGRONÔMICA

R. BOULET<sup>(1)</sup>

### RESUMO

A análise tridimensional da cobertura pedológica, primeira etapa da análise estrutural, pode servir de suporte às experimentações agronômicas e avanço na compreensão da relação solo x cultura. Dois exemplos são apresentados: o primeiro corresponde a um sistema de transformação de solo ferralítico – podzol, sobre sedimento marinho areno-argiloso, no qual estudou-se o comportamento da soja em dois cultivos sucessivos. O segundo concerne à comparação do desenvolvimento de limoeiros sobre os dois principais tipos de cobertura pedológica da Guiana Francesa Setentrional, que diferem entre si principalmente pelo modo de circulação da água, vertical e profunda, num caso, e superficial e lateral, no outro. A relação entre a diferenciação lateral da cobertura pedológica e o comportamento das culturas é evidente, porém é preciso avançar principalmente na direção da adaptação da escala da análise tridimensional à diferenciação do comportamento vegetal, assim como no método de interpretação dos resultados agronômicos.

### SUMMARY

#### The soil mantle structural analysis and the agronomical experimentation

*The three-dimensional analysis of the soil mantle, first stage in structural analysis, may become useful to agronomical experimentation and an improvement on the comprehension of the soil crop relation. Two examples are presented: the first one refers to a transforming system of ferrallitic-podzol soil on sand-clayey sea sediments on which it has been studied the behaviour of soybean plantations in two consecutive crops; the second one refers to a growing comparison of lemon trees on the two main kinds of soil mantle in the Northern French Guiana. These two kinds of soil mantle are different in the way of water circulation, deep and down in one case and, superficial and lateral in the other. It is evident the relation between the lateral differentiation of the soil mantle and the crop behaviour. It is necessary however, to progress in terms of adapting the three-dimensional analysis scale to the vegetal behaviour differentiation as well as in the interpretation of the agronomical results.*

### INTRODUÇÃO

Os métodos experimentais habitualmente utilizados pelos agrônomos consistem em comparar diversos tratamentos culturais, segundo dispositivos que permitam uma análise estatística dos resultados. Para tanto, procura-se ao mesmo tempo um solo representativo de vastas superfícies utilizáveis para a agricultura, numa dada região climática, e uma área de ensaios suficientemente homogênea, para que as variações do solo não mascarem os efeitos dos tratamentos. Estas variações, que sempre existem e podem ser mais ou menos acentuadas, são então tomadas como variações aleatórias.

O princípio das pesquisas repousa, então, sobre a ocorrência de tais áreas homogêneas e sobre a possibilidade de extrapolar os resultados experimentais, particularmente graças às cartas pedológicas que delimitam as superfícies correspondentes aos solos testados.

Há bastante tempo, as pesquisas pedológicas mostram que, em numerosos casos, a cobertura pedológica não é homogênea, mas apresenta variações ordenadas de características, variações que podem ser progressivas ou rápidas. O conceito de catena, devido a Milne, desde 1937, já exprime esta realidade.

A análise tridimensional da cobertura pedológica, que constitui a primeira fase de análise estrutural, tem por objetivo reconstituir, por aproximação geométrica, a organização espacial da cobertura pedológica na escala do interflúvio elementar ou de uma parte representativa deste. Aplicada em regiões muito diversas, na Guiana Francesa, no Brasil (Amazônia e Estado de São Paulo), em Cuba, na Costa do Marfim e na França, ela mostra, em todos os casos estudados, que as coberturas pedológicas apresentam uma organização mais complexa do que se imaginava. Constatou-se então que era impossível reduzir essas coberturas a uma combinação de superfícies contíguas, caracterizadas cada qual por uma superposição vertical de horizontes, representada por perfil ou pedon, com o risco de empo-

(1) Centro ORSTOM de Cayenne – C.P. 165 Cayenne Cedex – Guiana Francesa.

breçar e deformar a realidade e, sobretudo, impedir a compreensão de sua organização, sua dinâmica e sua gênese.

Na ótica do agrônomo, estas considerações podem apresentar duas ordens de conseqüências. Por um lado, a procura de áreas suficientemente homogêneas, quando ocorrem, podem ser verificadas através de testes de homogeneidade; com isso ficam eliminadas da experimentação as variações da cobertura pedológica, que podem representar áreas nunca desprezíveis, com riscos para a extrapolação dos resultados da experimentação. Por outro lado, a análise tridimensional mostrou que as coberturas pedológicas com variações contínuas são muito mais freqüentes que o previsto. Ora, o agrônomo procura meios de compreender o comportamento das plantas cultivadas em função dessas variações; ele precisa ter uma imagem objetiva da cobertura pedológica, como termo de referência para suas observações. Esta imagem deve ser compatível com as conseqüências da ação dos fatores e processos pedológicos. O estudo morfológico, levando em consideração a organização da cobertura pedológica (Boulet, 1988 neste volume) permite deduzir a ação desses fatores e processos, inclusive através de medidas; esse procedimento é análogo ao de um anátomo-fisiologista em Biologia. A organização da cobertura pedológica assim obtida é projetada horizontalmente, constituindo a carta de curvas de isodiferenciação, necessariamente acompanhada de cortes verticais explicativos, e que devem servir de apoio à experimentação agrônômica.

Experimentações com base na organização tridimensional da cobertura pedológica empreendidas na Guiana, onde serão tomados os exemplos nesta exposição.

O primeiro exemplo concerne a experimentação com soja sobre um sistema de transformação de solo ferralítico-podzol das barras pré-litorâneas, sobre sedimento marinho areno-argiloso (Boulet et al., 1984). O segundo exemplo, com limoeiros, diz respeito a solos que com regimes hídricos diferentes, sobre embasamento xistoso (Brunet & Boulet, 1985).

### EXPERIMENTAÇÃO NA BARRA PRÉ-LITORÂNEA

#### .. Descrição morfológica da área de experimentação e implicações hidrodinâmicas

A cobertura pedológica das barras pré-litorâneas da planície costeira antiga da Guiana cons-

titui um sistema de transformação cujos estádios foram esquematizados na figura 1. A cobertura inicial, estágio I, constitui um solo ferralítico areno-argiloso de cor amarelo-avermelhada, permeável e com variação textural vertical progressiva. No estágio II, nos locais onde a drenagem externa é muito pequena, a partir da superfície, desenvolvem-se horizontes fortemente empobrecidos em argila acarretando uma variação rápida da textura. No estágio III, o empobrecimento progride lateralmente, enquanto que nos locais onde se iniciara o empobrecimento instalou-se, ao nível da variação textural rápida, uma frente de transformação dos horizontes subjacentes por perda de argila. A textura dos horizontes empobrecidos fica cada vez mais arenosa; quando os teores de argila tornam-se inferiores a cerca de 20%, aparece a areia branca, ao mesmo tempo em que, na altura da frente de transformação, ocorrem acumulações de matéria orgânica e de um pouco de ferro. É o início da podzolização (estádio IV), que progride lateralmente até invadir toda a barra (estádio V). Esses processos acarretam um rebaixamento importante por evacuação geoquímica, seguido de uma ascensão relativa do lençol freático que invade o podzol. Turenne (1975) pôde estimar a velocidade de propagação lateral da podzolização: teria sido de 1 m entre 600 e 2000 anos.

O local da experimentação foi escolhido porque cobre todos os aspectos da transformação da cobertura inicial ferralítica ao podzol de lençol (Figura 2). Esse fato deve permitir a extrapolação dos resultados ao conjunto das barras pré-litorâneas. Observa-se na borda da barra, a cobertura inicial com horizonte B vermelho-amarelo areno-argiloso (Figura 2 - Corte A-B). A seguir, observa-se uma modificação da cor, que torna-se bruno-amarelada, ao mesmo tempo em que os teores de argila diminuem, como mostra o Corte A-B com os isovalores de argila (Figura 3). Em seguida, aparece a frente de transformação, que deixa subsistir relíquias do B subjacente. Enfim, desenvolvem-se acumulações organo-ferruginosas e depois areia branca. Estas variações estão assinaladas no plano, pelas curvas de isodiferenciação, às quais pode-se dar um significado físico ou mesmo pedoclimático, graças às análises e observações qualitativas da dinâmica da água.

Assim, a curva 1 delimita o pólo mais argiloso (Figura 2). A partir da curva 5, constata-se, em período chuvoso, um umedecimento mais acen-

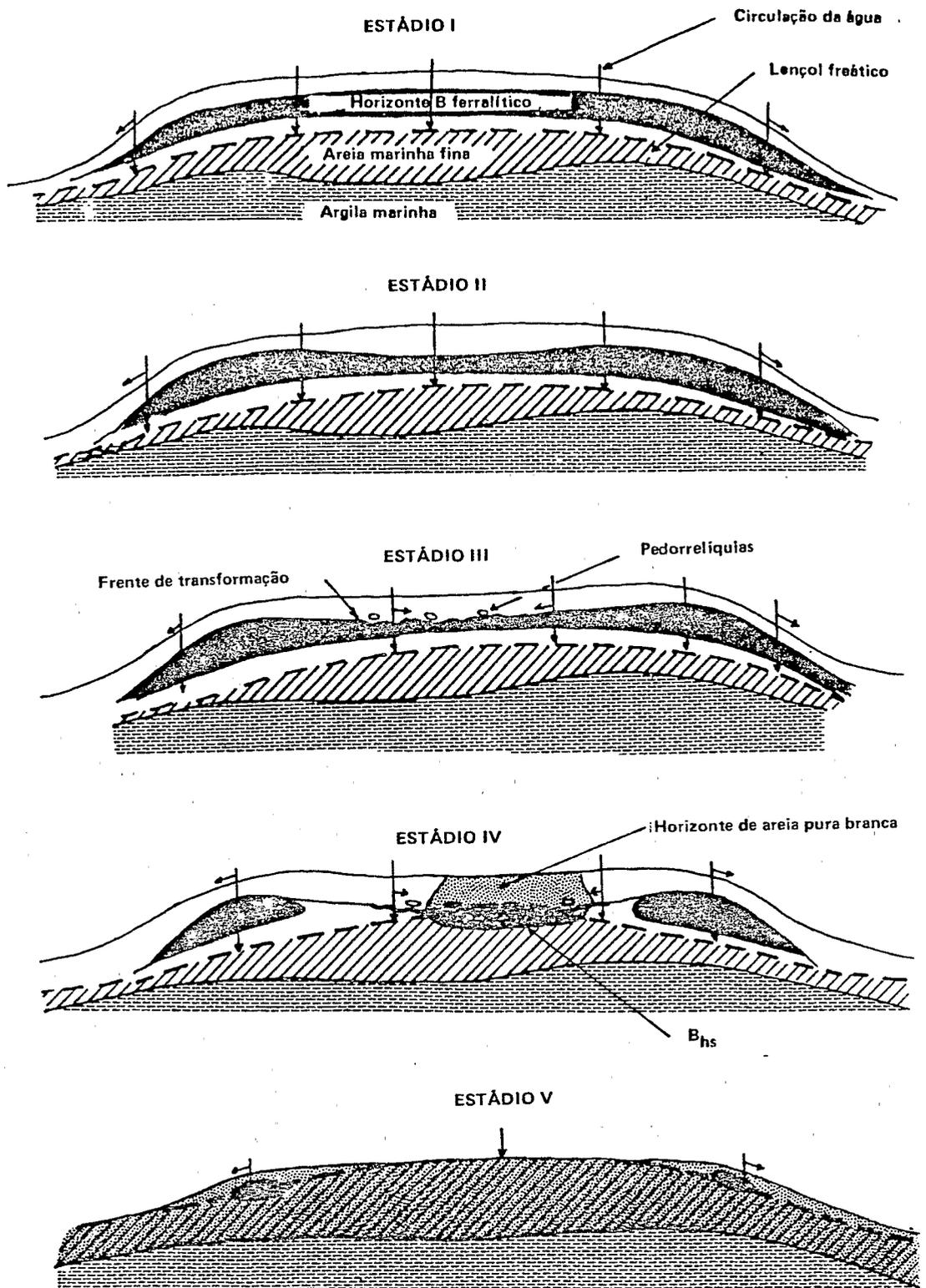


Figura 1. Estádios de transformação da cobertura pedológica das barras pré-litorâneas. O traçado indica o limite superior da influência do lençol freático.

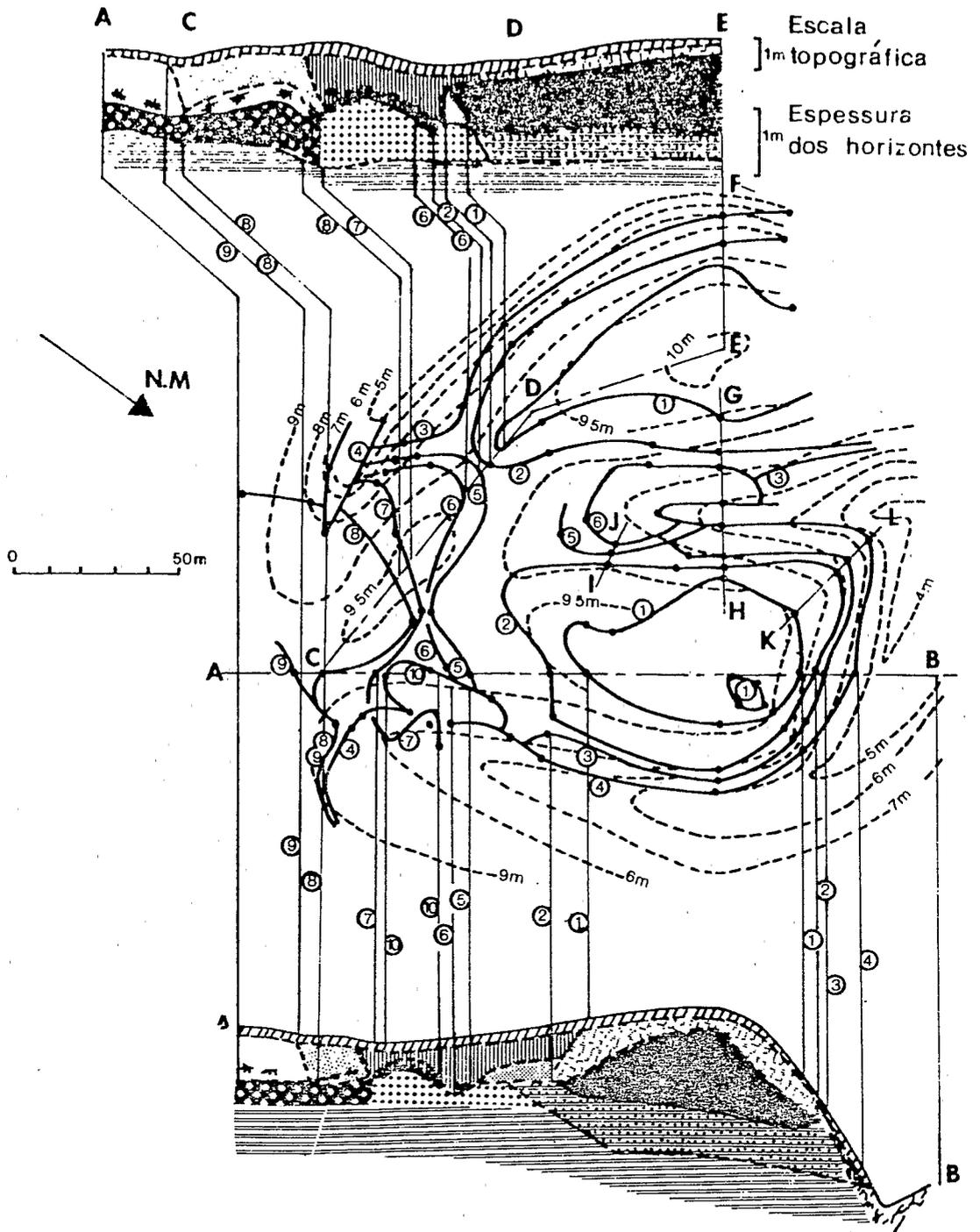


Figura 2. Representação tridimensional de experimentação sobre a barra pré-litorânea. O corte topográfico A-B corta longitudinalmente a área experimental.

LEGENDA DOS CORTES

Limite do horizonte progressivo: - - - -, rápido: ———, plânico: ———

(a) Horizonte humífero, arenoso.

(b) Bruno vivo, arenoso a arenos-argiloso.

Continua

Figura 2. (Continuação)

- (c)  Amarelo-vermelho, areno-argiloso.
- (d)  Bruno vivo com volumes centimétricos, vermelhos: (o) teor em argila diminui para baixo.
- (e)  Amarelo claro com volumes centimétricos vermelhos, arenoso.
- (f)  Bruno-amarelo escuro, arenoso a areno-argiloso.
- (g)  Bruno-amarelo com penetração profunda da matéria orgânica.
- (h)  Bruno-amarelo vivo, arenoso a areno-argiloso.
- (i)  Amarelo com volumes centimétricos vermelhos mais ou menos endurecidos arenoso a areno-argiloso.
- (j)  Transição entre (g) e (i) por interpenetração e volumes relíquias de (i) em (g).
- (k)  Bruno-amarelo escuro tornando-se mais pálido em profundidade arenoso.
- (l)  Cinza claro até branco, arenoso.
- (m)  Amarelo com traços orgânicos bruno-preto, areno-argiloso.
- (n) ..... Volumes pedorelíctuais mais ou menos endurecidos.
- (o) oo Pedorelíquias friáveis.
- (p) \* Volumes orgânicos cinzas.
- (q) // Manchas amarelas ao longo dos poros.

## LEGENDA DAS CURVAS DE ISODIFERENCIAÇÃO:

## Diferenciação centrífuga:

- 1 Passagem de 7,5YR em 10 YR 18-20 cm.
- 2 Desaparecimento do (b).
- 3 Aparecimento de pedorelíquias (n).
- 4 Aparecimento de manchas amarelas em 18-25 cm (q).

## Diferenciação centrípeta:

- 1 e 2 Idem acima.
- 5 Aparecimento de pedorelíquias friáveis (o) na base do (g).
- 6 Aparecimento de volumes orgânicos (p).
- 7 Aparecimento de um limite plânico.
- 8 Aparecimento da areia branca.
- 9 Desaparecimento do material bruno-amarelo (k).
- 10 Adelgaçamento do conjunto empobrecido (g) (< 40 cm).
- ! Ponto onde foi localizada a curva de isodiferenciação.

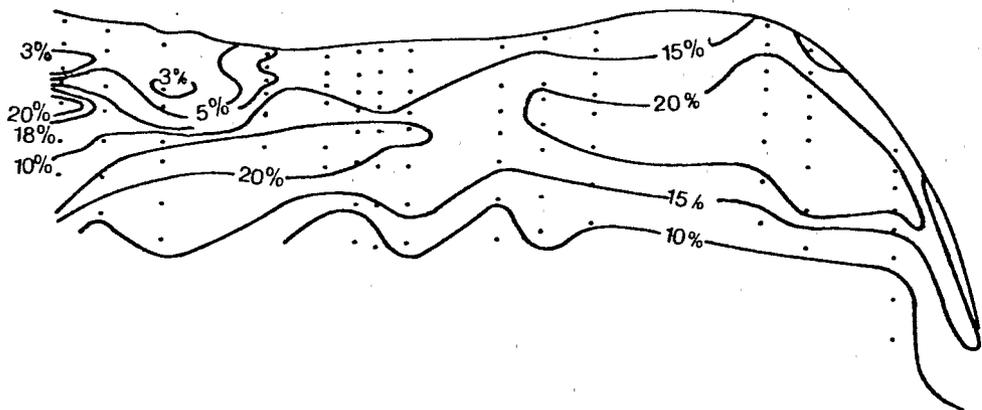


Figura 3. Representação de isovalores de argila do corte A-B (Figura 2). Os pontos de amostragem (•) estão assinalados na figura.

tuado acima da frente de transformação, que funciona então como zona de diminuição da drenagem. A partir da curva 7, o empobrecimento dos horizontes superiores se acelera e observam-se lençóis suspensos fugazes, acima da frente de transformação marcada pela acumulação orgânica. Enfim, a curva 8 marca o aparecimento da areia branca no contato do Bh, com horizonte exclusivamente quartzosos. A partir da curva 8, e sobretudo da 9, a permeabilidade da superfície diminui por compactação superficial, devido à energia cinética da água. Efetivamente, a fração arenosa é muito fina e bem selecionada em torno de 0,1 mm. Numerosas poças d'água se instalam em período chuvoso.

Uma avaliação rápida das propriedades químicas iniciais (Figura 4) — pH, capacidade de troca catiônica, valor de saturação em bases, alumínio trocável — mostra que a distribuição dos valores não apresenta relação evidente com a estrutura morfológica, materializada pelas curvas de isodiferenciação. Por outro lado, esses resultados foram modificados pelos aportes de fertilizantes, como mostram os valores de pH medidos em julho de 1984, que variaram apenas entre 5,25 a 5,81 contra 4,2 a 6,0 após o desmatamento. O nível de toxicidade do alumínio trocável em julho de 1984 não foi atingido em nenhum lugar. A análise dos resultados agrônômicos deverá, além disso, mostrar qual é o fator preponderante no comportamento da soja: a fertilidade química ou as propriedades físicas.

Como foi assinalado anteriormente, a implantação dos ensaios procurou cobrir o conjunto das variações pedológicas (Figura 5a). Os dados experimentais da área que vai até o charco central do sistema (Figura 5b), instalada nos podzóis que ficam saturados de água na estação das chuvas, não foram levados em consideração porque foram quase nulos.

O primeiro ano de experimentação correspondeu a dois cultivos sucessivos de soja. O desenvolvimento das plantas foi acompanhado nas diversas etapas: índice de germinação, número de vagens por pé e rendimento em grão. Foi feito um parcelamento com reticulado métrico, de modo a que cada parcela apresentasse populações numericamente equivalentes.

#### Primeiro cultivo da soja

A germinação ocorreu em boas condições de pluviosidade. Os melhores resultados se situam numa área que vai da cobertura inicial que abrange a curva 1 de isodiferenciação (pólo

ferralítico) até as curvas 5 e 6 que correspondem ao espessamento dos horizontes arenosos (Figura 6). Os índices de germinação diminuem entre as curvas 5, 6 e 7, onde os horizontes são muito arenosos, com espessura maior que 50 cm, e fraca capacidade de retenção d'água. Os menores índices ocorrem além da curva 8, onde se inicia uma estagnação superficial de água.

O número de vagens por pé mostra, entretanto, uma distribuição bastante diferente. O máximo se situa entre as curvas 8 e 9, isto é, antes do aparecimento da areia branca em superfície, mas já com diminuição acentuada de drenagens em profundidade. Pode-se pensar que os pés que sobreviveram nesta área com germinação mínima foram favorecidos nos períodos de seca pelas reservas de água acumulada em profundidade, acima da frente de transformação. Aqui, o enraizamento atingiu efetivamente essa profundidade, ao passo que era mais superficial nos outros lugares. Aquém da curva 7, o número de vagens por pé não ultrapassou 22. Além da curva 9, observa-se um resultado mínimo, sem dúvida porque a estagnação de água superficial continuou a perturbar o crescimento da soja.

O rendimento depende do número de plantas em cada parcela, portanto do índice de germinação, e da quantidade de grãos por pé, portanto do número de vagens. Constatou-se que o número elevado de vagens por planta, entre as curvas 8 e 9, compensou largamente as deficiências na germinação e permitiu um rendimento de 1.400 kg/ha, o mais elevado do ensaio. O rendimento diminuiu na direção das curvas 7, 6 e 5, sem dúvida em consequência do suplemento insuficiente de água. Finalmente, o rendimento mínimo (700 kg/ha) situa-se na área onde a areia branca delimitada pela curva 9, atinge a superfície e onde a germinação e o número de vagens por pé foram mínimos.

#### Segundo cultivo de soja

A germinação se deu em más condições, com chuvas excessivas, portanto, em solo muito úmido. Constatou-se, com relação ao primeiro ciclo, um nítido deslocamento dos maiores índices de germinação para o pólo melhor drenado, delimitado pela curva 1. Mas esses resultados correspondem a apenas 23 plantas por metro quadrado, contra 41 plantas no primeiro cultivo. A localização dos piores resultados ficou inalterada.

No que diz respeito aos rendimentos, os resultados foram perturbados por um aconteci-

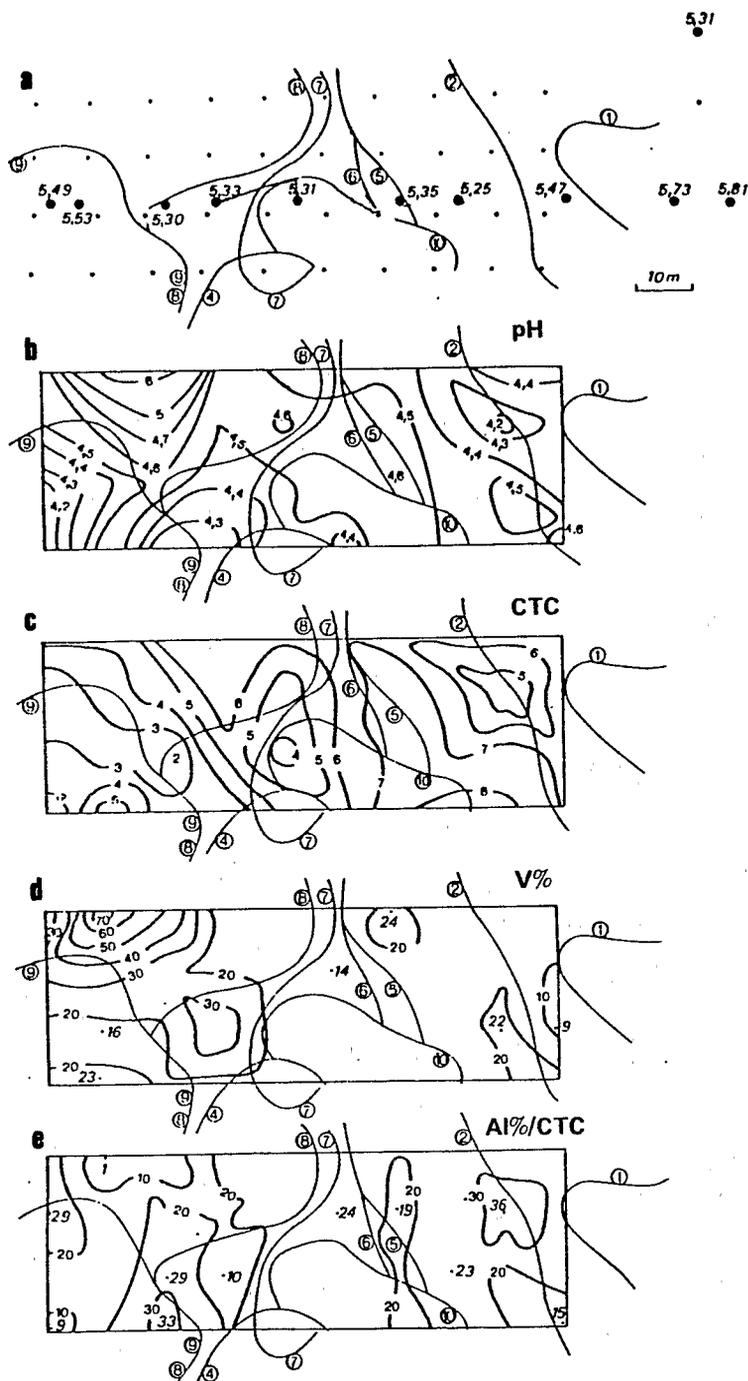


Figura 4. Características analíticas de uma parte da área experimental, depois do desmatamento. (a) localização das amostras: ● Novembro de 1980 ● Julho de 1984 e pH medido em julho de 1984, após 4 anos de cultivo e adubação; (b) pH; (c) CTC (meq/100g); (d) saturação em bases; (e) saturação em Al. Os dados (b), (c), (d), (e) antes da aplicação de fertilizantes (novembro de 1980).

mento de origem desconhecida, no momento da maturação, daí a discordância parcial com as curvas de isodiferenciação. A distribuição dos pesos de resíduos de colheita permite, no entanto, corrigir esta distorção (Figura 6e). Constatou-se, também, a discordância entre rendimento máximo e a germinação. Os melhores resultados (2.100 kg/ha) localizaram-se na zona intermediária, porém estendendo-se mais do que no primeiro cultivo e deslocando-se na direção do

pólo melhor drenado, o que pode ser relacionado com a pluviosidade mais forte e melhor repartida.

### Conclusões

Estes resultados nos mostram, em primeiro lugar, a estreita relação entre o comportamento da soja e a diferenciação pedológica lateral, materializada pelas curvas de isodiferenciação.

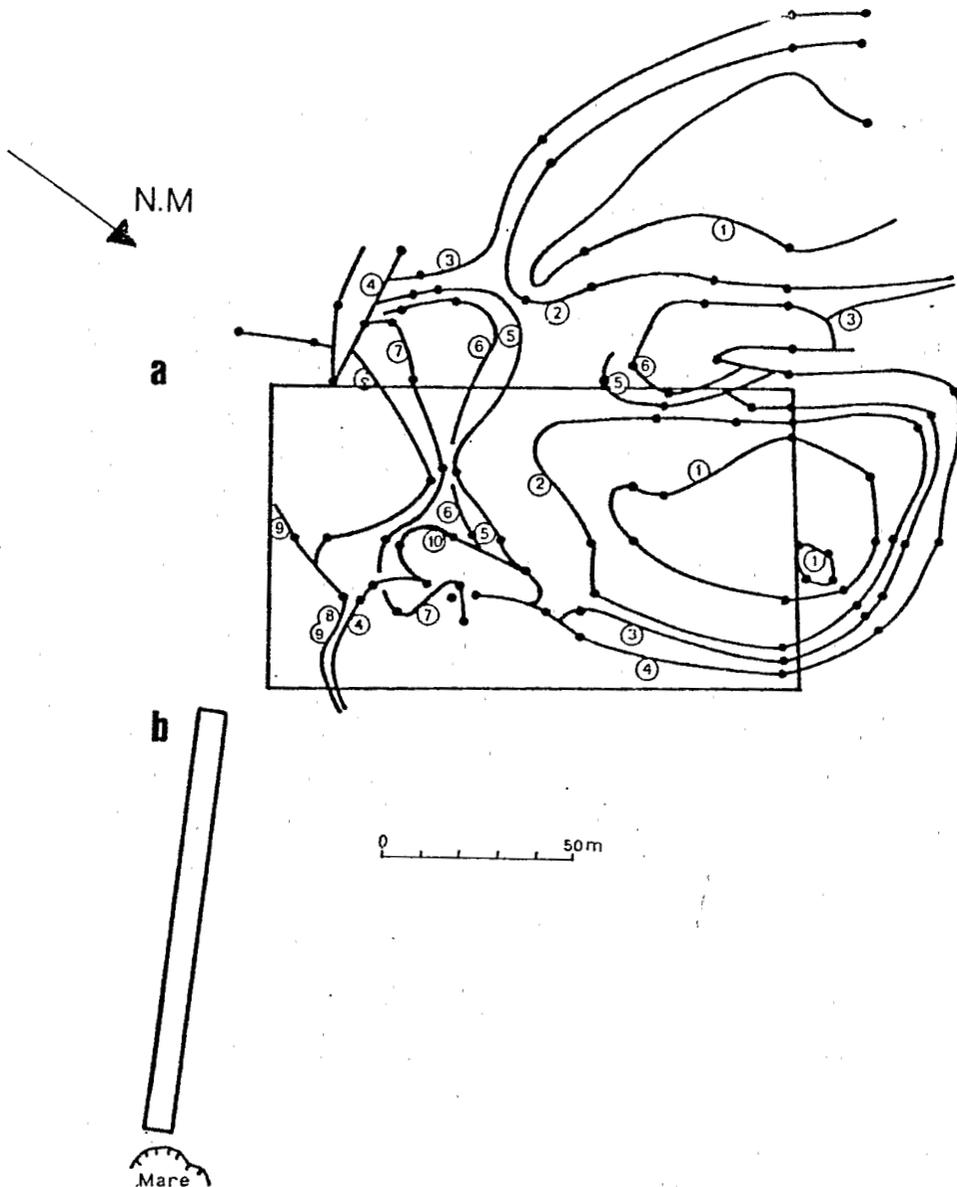


Figura 5. Dispositivo experimental. (a) cobrindo o conjunto de variações pedológicas, (b) sobre podzóis.

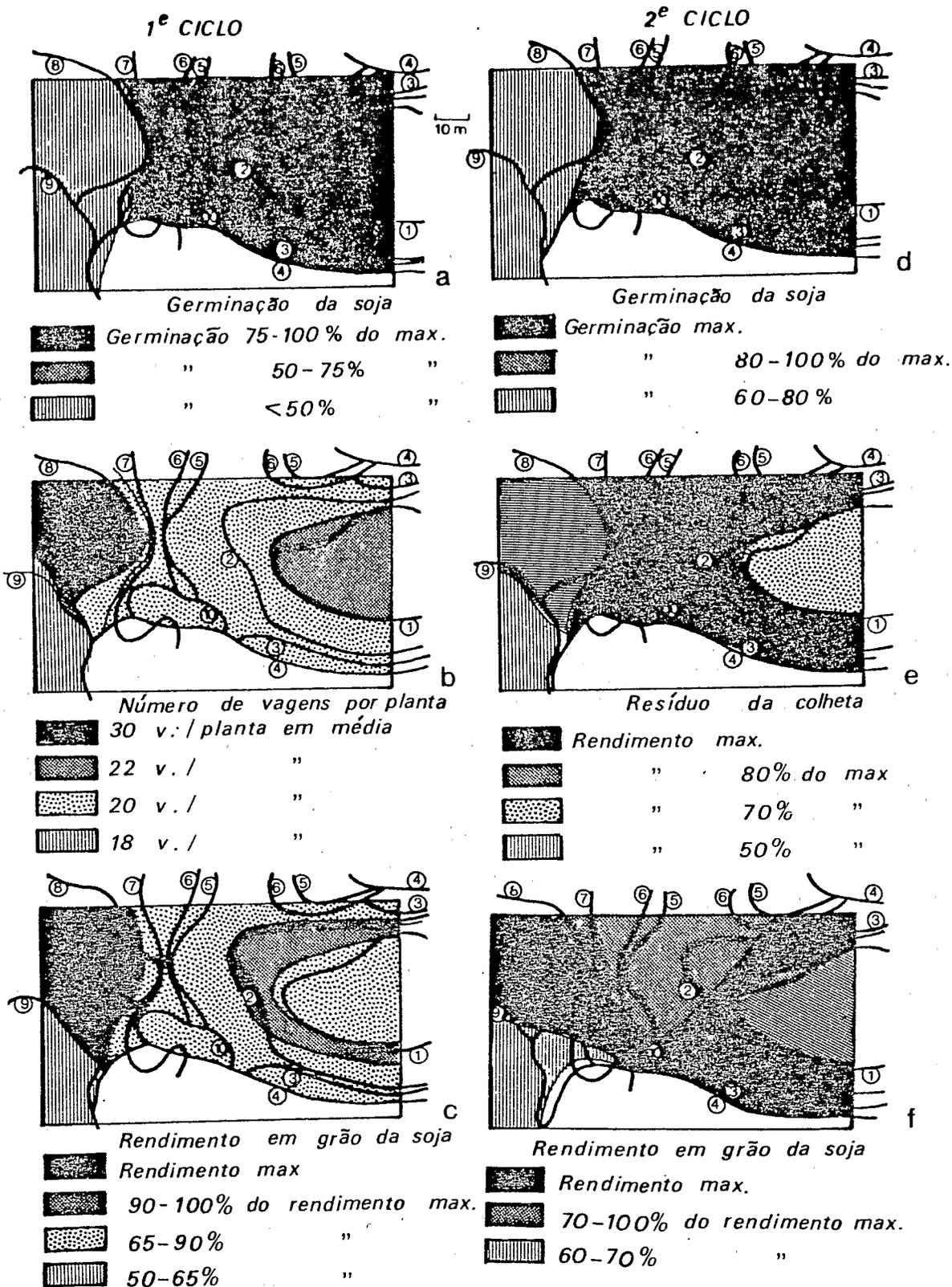


Figura 6. Índice de germinação (a, d), número de vagens por planta (b), rendimentos em grãos de soja (c, f) e resíduo da colheita (e), (a), (b), (c) referem-se ao primeiro cultivo de soja. (d), (e), (f) referem-se ao segundo cultivo de soja.

Todavia, somente as curvas que têm uma acentuada importância física ou pedoclimática, aparecem como limitantes do comportamento, conforme observado precedentemente. Estas curvas assinalam o aparecimento ou desaparecimento de caracteres morfológicos. São, portanto, fáceis de cartografar e poderiam ser tomadas como limites para a cartografia agropedológica do conjunto das coberturas pedológicas das barras pré-litorâneas. Elas permitem, também, uma interpolação confiável dos resultados da experimentação agrônômica. No entanto, seus significados deverão ser interpretados em função da pluviosidade, como foi observado anteriormente.

Por outro lado, a reação da planta à diferenciação pedológica varia muito em função do desenvolvimento vegetativo. O rendimento, que integra o conjunto destes comportamentos, aparece como um dado complexo, que somente pode ser compreendido levando-se em conta esses comportamentos diferenciais sucessivos.

Enfim, a influência do clima através do solo, interpretada aqui em termos hidrodinâmicos, pode ser analisada graças à variação dos resultados a cada estágio de desenvolvimento da cultura. Percebe-se que um estudo de frequência das chuvas deveria permitir um prognóstico dos rendimentos, também expressos em frequência, e referenciados às curvas de isodiferenciação.

### EXPERIMENTAÇÃO AGRONÔMICA SOBRE EMBASAMENTO XISTOSO

#### Descrição morfológica das áreas de experimentação

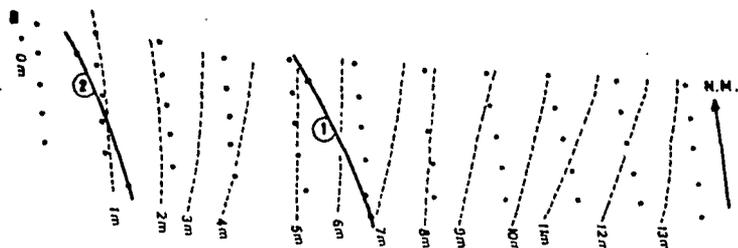
As duas áreas experimentais, instaladas na estação do Instituto de Pesquisa de Frutas e Plantas Cítricas (Institut de Recherche sur les Fruits et Agrumes - IRFA), diferem pelo seu regime hídrico. A primeira apresenta, na maior parte, uma dinâmica da água vertical e profunda. A segunda, ao contrário, comporta solos onde a dinâmica da água é principalmente superficial e lateral. Este tipo de regime hídrico é o mais frequente sobre o embasamento da Guiana Francesa setentrional.

A primeira área comporta, a montante, um solo argiloso microagregado, cuja cor passa de bruno em superfície a vermelho em profundi-

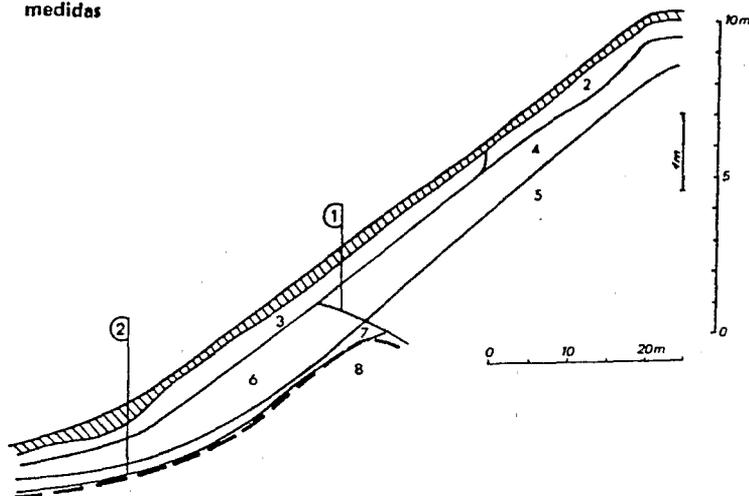
dade (Figura 7). O material de alteração isovolume situa-se a 1 m de profundidade, provém do pegmatito, tem cor amarelo-avermelhada, textura areno-argilosa com areia grossa e rica em muscovita. O solo apresenta-se regularmente úmido até mais de 2 metros de profundidade. Para o terço inferior de encosta, a substituição do pegmatito por micaxisto fino introduz a principal variação lateral da parcela. A cor do solo torna-se mais amarela, mas a característica importante é o aparecimento em profundidade de um material de alteração pouco permeável, seco ao tato, assinalado pela curva 1. Este comportamento é devido a uma porosidade dominante muito fina, onde a água fica fortemente ligada. Este material, pouco permeável, somente mais a jusante se aproxima da superfície, a menos de 1 m de profundidade (curva 2).

A segunda área é mais complexa (Figura 8). A montante, observa-se um solo sobre micaxisto fino com horizonte húmifero pouco espesso, passando a um horizonte bruno vivo, argilo-arenoso, bem úmido, com ou sem nódulos ferruginosos litorreliquiaes, podendo ou não apresentar um horizonte intermediário com manchas ocres. A aproximadamente 1 m de profundidade, atinge-se um horizonte vermelho vivo, argiloso, com porosidade muito fina dominante, pouco permeável, seco ao tato. O limite superior dos materiais secos ao tato é representado pela linha tracejada (Figura 8b). Para jusante, aparecem horizontes mais arenosos, mais amarelos, onde observa-se uma desferruginização de nódulos e o aparecimento de concreções. O surgimento, em bisel, de argila marinha antiga (Figura 8b — volumes 14 e 15) marca a mudança de material na baixa vertente. O solo torna-se mais argiloso, com manifestação de hidromorfia acentuada num horizonte húmifero espesso. Os materiais secos ao tato desaparecem pouco acima do bisel argiloso sedimentar.

A projeção sobre o plano horizontal da organização da cobertura pedológica mostra dois grandes tipos de curvas de isodiferenciação. As que correspondem aos horizontes intermediários e profundos, são mais ou menos concordantes com as curvas de nível (curvas 5, 6, 7 e 8); e as outras, que correspondem aos horizontes superficiais e contém as características hidromórficas e são discordantes com relação às curvas de nível (curvas 1 e 2); essa disposição é provavelmente devida aos efeitos de fenômenos de redução ou da compactação por causa do desmatamento.



Mapa das curvas de isodiferenciação e localização das árvores medidas



Corte esquemático com localização das curvas de isodiferenciação

Figura 7. Representação tridimensional da parcela com drenagem vertical e profunda. (a) mapa de curvas de isodiferenciação e localização dos limoeiros medidos; (b) corte esquemático com localização das curvas de isodiferenciação.

#### Legenda do corte

-  Horizonte de superfície, freqüentemente pouco marcado pela matéria orgânica, amarelo-bruno, bastante escuro – 10YR 6/6 a 3/6 – com quase sempre manchas amarelas. Argilo-arenoso. Este horizonte desaparece localmente.
  - 2 Horizonte bruno – 7,5YR 4,5/6 – com ainda alguns volumes com manchas amarelas (hidromorfia ligada ao desmatamento). Argiloso, microagregado.
  - 3 Mesmas características que acima, mas mais amarelo: bruno amarelado escuro – 10YR 4/6 a 4/8.
  - 4 Horizonte vermelho amarelado – 5YR 5/6 – Argiloso, com ou sem nódulos vermelho-roxo. Microagregado.
  - 5 Material de alteração da pegmatite, amarelo-vermelho – 5YR 5/8 – a bruno vivo – 7,5YR 5/8 – Areno-argiloso com areia grosseira e grandes muscovitas.
  - 6 Horizonte bruno vivo – 7,5YR 5/8 – Microagregado, argiloso, contendo nódulos vermelho-roxo.
  - 7 Horizonte de transição para o material de alteração do xisto.
  - 8 Material de alteração de xisto fino com pequenas muscovitas, amarelo claro a branco, com volumes vermelho-roxo. Areno-limo-argiloso.
  - Limite do material "seco ao toque".
- Legenda das curvas de isodiferenciação:
- 1 Aparicimento do material de alteração do xisto em profundidade (2 m).
  - 2 Material "seco ao toque" a menos de 1 m de profundidade.
  - Curva de nível.
  - Ponto onde foi localizada a curva de isodiferenciação.

N.B. A definição das curvas de isodiferenciação foi redigida para um observador que as atravesse indo ao lado do número.

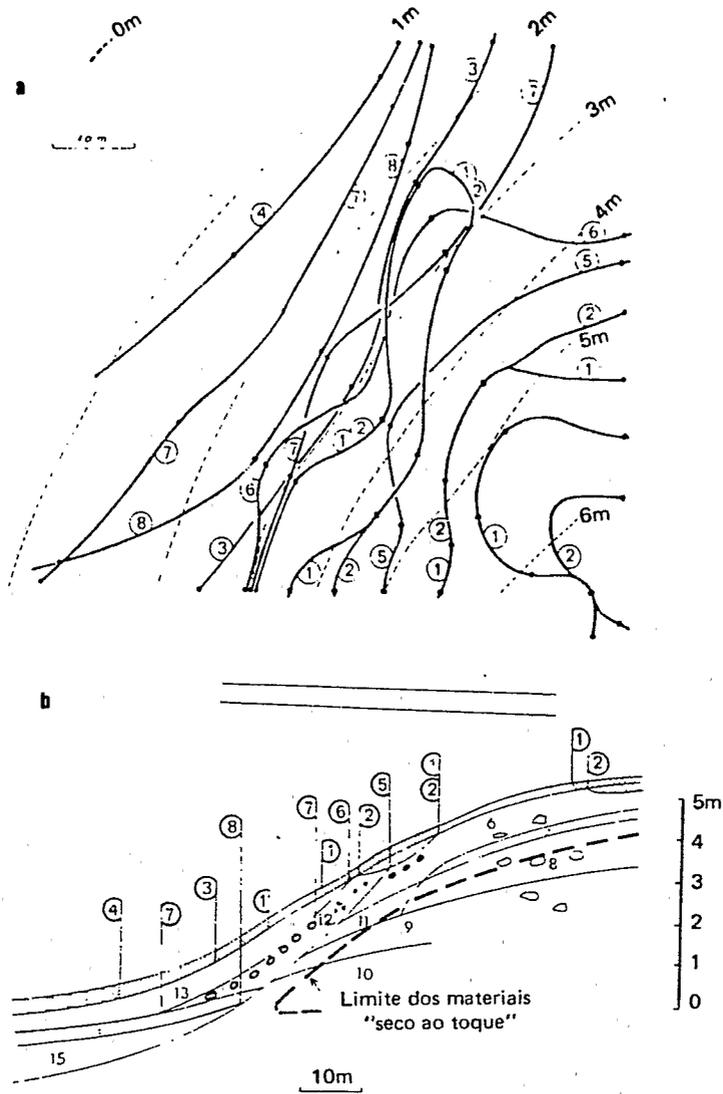


Figura 8. Representação tridimensional da parcela com drenagem superficial e lateral. (a) mapa das curvas de isodiferenciação; (b) corte esquemático com localização das curvas de isodiferenciação.

**Legenda do corte:**

- 1** Horizonte húmifero bruno-amarelo escuro – 10YR 4/4 – sem manchas, areno-argiloso.
- 2** Idem ou mais escuro – 10YR 4/4 a 3/3 – com manchas amarelas ao longo dos poros, areno-argiloso.
- 3** Horizonte localizado abaixo do precedente, heterogêneo, com justaposição de volumes bruno amarelado escuro – 10YR 4/5 – e bruno amarelado – 10YR 6/8 – com manchas amarelas ao longo dos poros, areno-argiloso a argilo-arenoso.
- 4** Horizonte húmifero jusante, bruno escuro – 10YR 3,5/3,5 – com manchas ou rede bruno-amarelo na base, arenoso a areno-argiloso.
- 5** Horizonte húmifero bruno muito escuro – 2,5Y 3/2 – orgânico, lmo-areno-argiloso.

Continua

- 6 Horizonte bruno vivo — 7,5YR 4,5/6 e 5/8 — argilo-arenoso com ou sem nódulos ferruginosos ou volumes litorrelictuais friáveis vermelhos.
- 7 Horizonte de transição entre (6) e (8). Constituído por uma rede milimétrica vermelha mais ou menos contrastada sobre um fundo bruno-amarelo. Cor geral vermelho amarelado — 5YR 5/8 . Presença ou não de litorrelictuais friáveis ou de nódulos. Argilo-arenoso e argiloso.
- 8 Horizonte vermelho — 2,5YR 4/8 — mais ou menos rico em finas muscovitas e em volumes litorrelictuais vermelho-roxo com mosqueadas brancas, endurecidos ou não.
- 9 Horizonte de transição entre (8) e (10).
- 10 Horizonte de alteração, fundo amarelo-bruno — 10YR 6/8 — com volumes brancos e vermelhos — 10R 3/6 e 5YR 5/8 — Argilo-limo-arenoso.
- 11 Variação a jusante de (7), de cor mais clara, comportando volumes litorrelictuais vermelhos.
- 12 Horizonte bruno amarelado — 10YR 5/5 — com volumes nodulares vermelhos — 10R 4/8 — pouco endurecidos, apresentando ou não um centro mais duro litorrelictual (na parte da montante). Estes volumes vermelhos são de tamanho variável, os menores tendo o aspecto de pontuações mais ou menos difusas. Areno-argiloso.
- 13 Horizonte bruno esverdeado claro — 2,5Y 5/4 — com rede amarela pouco contrastadas mais ou menos contínua, milimétrica. Torna-se mais escuro para a jusante — 2,5Y 4/3,5 — Areno-argilos.
- 14 Horizonte de transição para a argila marinha. Fundo bruno esverdeado claro — 2,5Y 5/4 — com volumes vermelhos — 2,5YR 4/8 — com periferia bruno vivo.
- 15 Argila marinha. Fundo bruno muito claro — 10YR 7/4 —, volumes vermelhos com periferia bruno vivo.
- Volume litorrelictual mais ou menos ferruginoso e endurecido.
- Nódulo ferruginizado com superfície envernizada.
- # /// Volume vermelho friável ou pouco endurecido com ou sem centro litorrelictual.
- Nódulo ferruginoso com córtex espesso e superfície amarela (concreção).

#### Legenda das curvas de isodiferenciação

- 1 Aparecimento de manchas amarelas ao longo dos poros no horizonte superior (0-10 cm).
- 2 Aparecimento de manchas amarelas além de 10 cm de profundidade.
- 3 Aparecimento do horizonte (4)      4 Aparecimento do horizonte (5)
- 5 Aparecimento do horizonte (12)      6 Aparecimento do horizonte (13)
- 7 Aparecimento dos nódulos com cortex espesso (19)
- 8 Aparecimento da argila marinha (15).

#### Dados experimentais

As medidas efetuadas pelo IRFA — circunferência do porta-enxerto e do enxerto, altura das árvores e larguras das copas — concernem exclusivamente ao crescimento dos limoeiros que ainda não estavam em idade de frutificar. Os resultados globais, apresentados sob forma de histogramas (Figura 9), mostram diferenças significativas entre as duas parcelas para todas as medidas, com vantagens para os solos com dinâmica da água vertical e profunda. As diferenças entre as médias são importantes, variando de 20% para a altura e 40% para a circunferência do enxerto e o diâmetro da copa. Estes resultados globais não permitem, no entanto, precisar

sua natureza ou os fatores pedológicos intervenientes na limitação do crescimento das árvores. No entanto, é possível avançar nessa direção, comparando a repartição espacial dos resultados com a diferenciação pedológica, materializada pelas curvas de isodiferenciação. Essa comparação foi feita pelo traçado das curvas isovalores para cada tipo de medida. Serão examinados, para não alongar o texto, apenas os resultados referentes à circunferência dos porta-enxertos (Figura 10).

**Solos com dinâmica da água vertical e profunda** — A distribuição dos resultados das medidas dos limoeiros não mostra nenhuma relação com a diferenciação pedológica, na escala onde

A IMPORTÂNCIA DO CONHECIMENTO DA ORGANIZAÇÃO DE COBERTURA  
PEDOLÓGICA: A ANÁLISE ESTRUTURAL

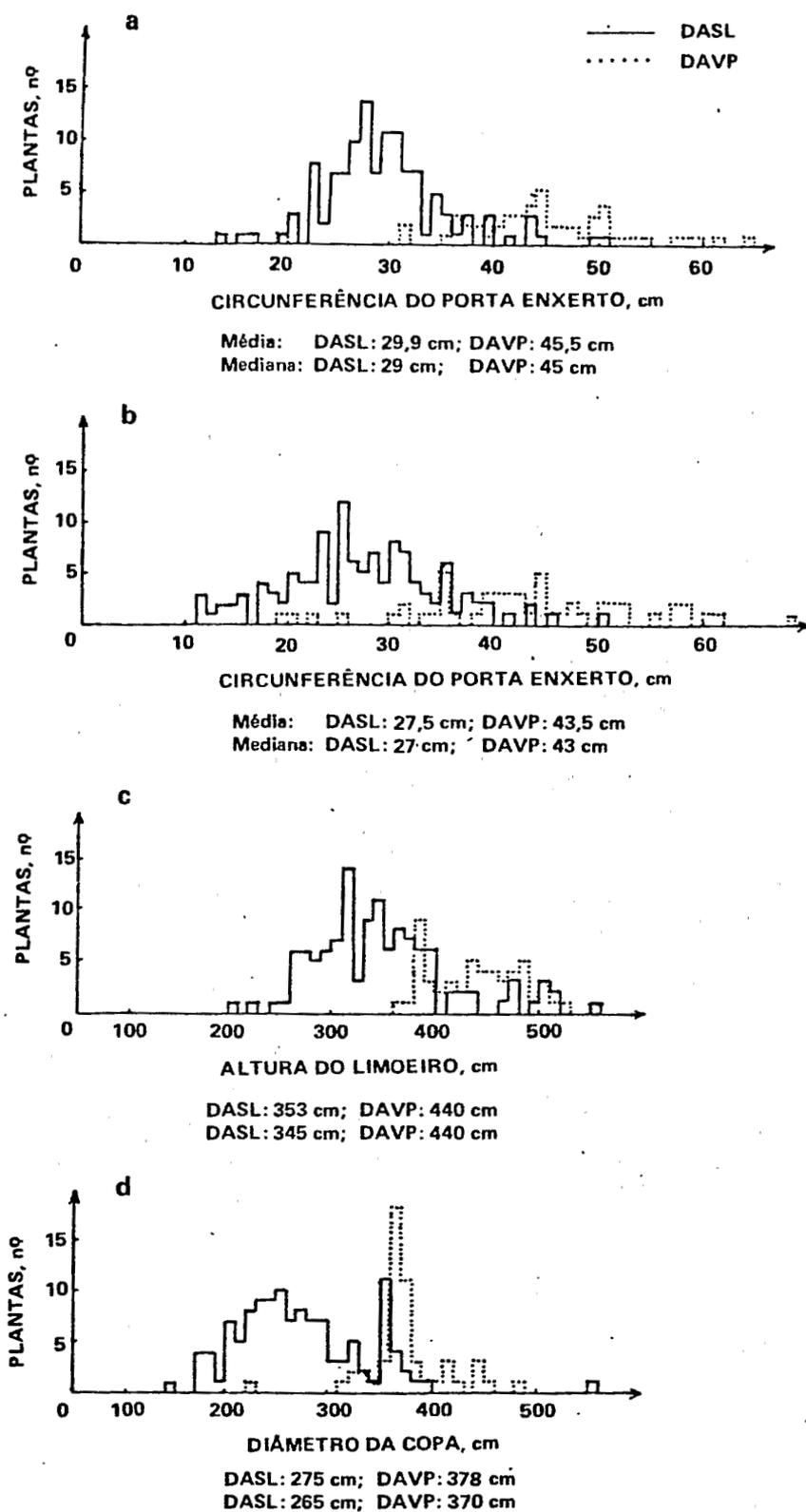


Figura 9. Histogramas com valores médios e medianos da (a) circunferência do porta-enxerto; (b) circunferência do enxerto; (c) altura do limoeiro; (d) diâmetro da copa.

esta foi observada, o mesmo ocorrendo em relação à topografia. Podemos, portanto, deduzir que, nesta categoria de solo, não foi detectado nenhum fator que possa ser considerado limitante para o crescimento das árvores. Estudos pedológicos mais detalhados, orientados pela diferenciação vegetativa, deveriam permitir analisar a eventual relação solo-vegetação, na escala revelada pela diferenciação do comportamento das árvores.

**Solos com dinâmica da água superficial e lateral** – O traçado das curvas de isovalores do porta-enxerto (Figura 10a) e de isodiferenciação pedológica (Figura 8a), são muito diferentes. Isso indica que devem intervir outros fatores de diferenciação espacial do comportamento das árvores, além daqueles indicados pela análise tridimensional. É possível também que tenham ocorrido fenômenos de compensação, análogos aos observados com a soja. Na verdade, só foi

possível levar em conta o desenvolvimento vegetativo global durante 1 ano. Quando as árvores atingirem o estágio da produção, todas as medidas dos diversos estádios de desenvolvimento (floração, número e peso de frutos etc.), deverão permitir esclarecer esses eventuais fenômenos de compensação. No entanto, é possível assinalar uma diferenciação muito nítida no conjunto: os melhores resultados se situam na baixa encosta, essencialmente além da curva de isodiferenciação 4, que delimita a hidromorfia máxima (Figura 8a).

Esse resultado era previsível, já que os limoeiros são conhecidos por sua sensibilidade ao excesso de água. Assim, num primeiro diagnóstico, o pedólogo assinalaria como pouco favorável a área com excedente temporário de água, induzido pela impermeabilidade do horizonte intermediário deste tipo de cobertura. Ao contrário, verificou-se, que os piores resul-

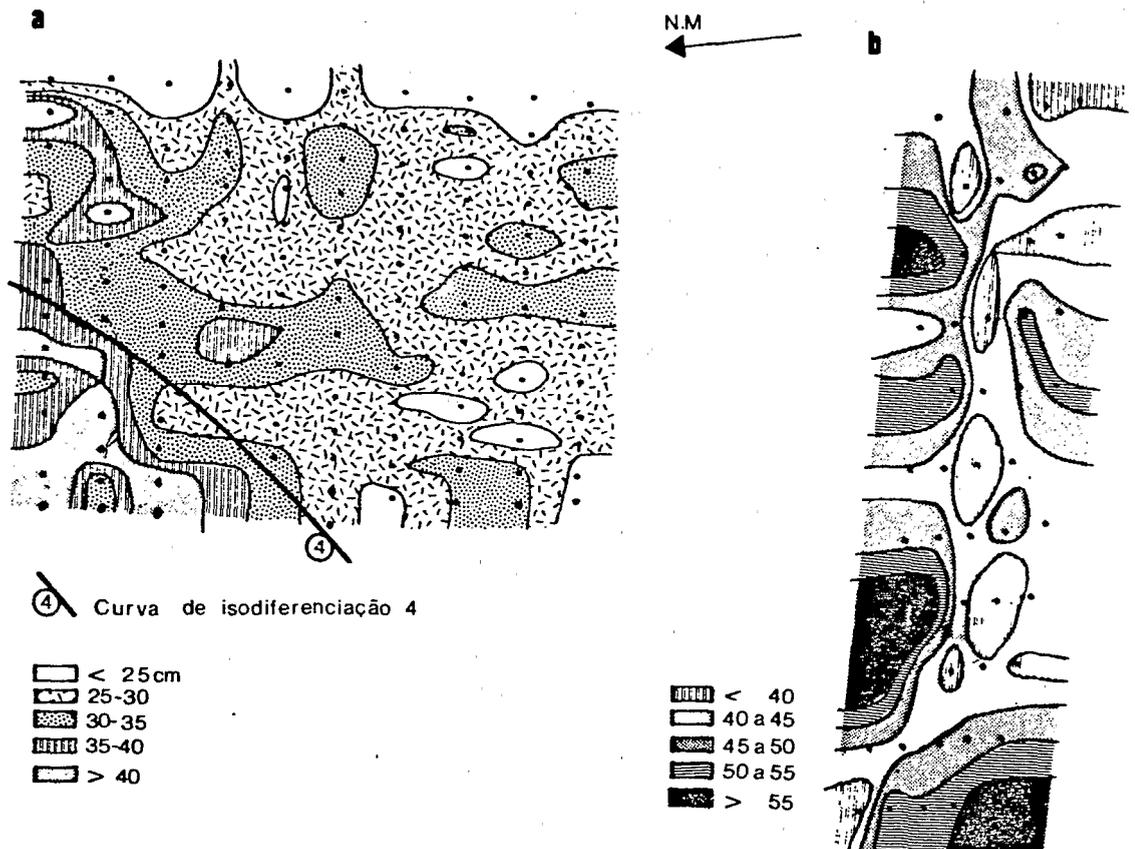


Figura 10. Circunferência do padrão de enxerto da parcela com solos com dinâmica da água (a) superficial e lateral; (b) vertical e profunda.

tados foram observados a montante e na encosta, nas partes que apresentavam melhor drenagem externa. Parece, assim, que a seca edáfica é que mais penaliza o crescimento das árvores.

Comparando esses resultados com os da primeira parcela, dos solos com drenagem vertical e profunda, constata-se que os melhores resultados desta segunda parcela, correspondem à classe inferior da primeira. Portanto, o fator limitante excesso de água é concreto, mas por essa comparação é possível classificá-lo, por ordem de importância, depois da seca edáfica, nos solos com dinâmica da água superficial e lateral, apesar da pluviosidade média anual de 3.500 mm por ano.

### CONCLUSÕES GERAIS

Estas primeiras experiências agrônômicas, inseridas sobre uma análise tridimensional da cobertura pedológica, constituem ainda resultados preliminares, cujo principal mérito é mostrar que é possível, nos casos estudados, relacionar o comportamento das culturas à diferenciação lateral do solo e às suas propriedades. Elas mostram, ainda, que a desconsideração dessa relação não permite identificar a natureza real dos fatores que limitam o crescimento ou a produção das culturas. É possível supor que os principais avanços a serem alcançados digam respeito aos seguintes aspectos:

1. A informação fornecida pela diferenciação do comportamento das culturas, pode ser utilizado para localizar e analisar diferenciações pedológicas, intervindo eventualmente em escala mais fina que aquela da análise tridimensional utilizada. O exemplo da experimentação com limoeiros mostra particularmente o eventual interesse dessa observação.

2. No domínio da fertilidade física, o conhecimento da organização espacial da cobertura pedológica, associada ao indicador mais sensível, ou seja, a própria planta, deve permitir situar os pontos-chaves onde as medidas hídricas (piezometria, umidade neutônica, tensiometria, etc.) e estrutural (estudo qualitativo da porosidade) poderão explicar mais precisamente o comportamento diferencial do vegetal.

3. A análise do comportamento fisiológico e nutricional da planta deve permitir igualmente estudar a relação da diferenciação da fertilidade

química no seio da cobertura pedológica. Esse problema ainda não foi abordado na Guiana, uma vez que, nessa região, os fatores limitantes mais importantes dependem do pedoclima. Em outras regiões, a diferenciação da fertilidade química poderia, ao contrário, ter uma influência muito maior.

4. Enfim, espera-se progredir na interpretação dos resultados agrônômicos pela utilização da geoestatística. Aplicada aos resultados da experimentação com limoeiros, ela confirmou a interpretação proposta em função das curvas isovalores. Mas é possível esperar resultados ainda mais positivos.

5. Para terminar, é possível ressaltar que, se a análise tridimensional leva a abordar o meio solo em toda a sua complexidade espacial, a experiência mostra que essa complexidade aparece no seio de uma mesma família de coberturas pedológicas de maneira muito repetitiva ou, pelo menos, com variações que podem ser identificadas e compiladas em quadro de seqüências genéticas relativamente simples, análogas àquelas apresentadas no início desta exposição, para as barras pré-litorâneas. O fato de se levar em conta esta complexidade, longe de complicar a tarefa do agrônomo prático, que se situa na parte terminal da pesquisa, deve, ao contrário, facilitá-la fornecendo-lhe critérios de extrapolação mais precisos, mais ricos de informações e mais confiáveis.

### AGRADECIMENTOS

Ao Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup> A. Attilas de W. Miklos e Prof<sup>a</sup> Selma S. Castro pela revisão do texto em Português.

### LITERATURA CITADA

- BOULET, R.; GODON, Ph.; LUCAS, Y. & WOROU, S. Analyse structurale de la couverture pédologique et expérimentation agronomique en Guyane Française. Cah. ORSTOM, 1984. (Sér. Pédol. XXI, 1)
- BRUNET D. & BOULET R. Analyse des mesures des limes sur deux parcelles expérimentales de l'IRFA à Quesnel (Guyane Française) em 1984 et 1985. 8p. et. annexes. Rap. ORSTOM Cayenne, cote p.227. 1985.
- TURENNE J.F. Modes d'humification et différenciation podzolique dans deux toposéquences guyanaises. 1975. 173p. (Thèse Sc. Strangourg et Mém. 84)