



Tecnologia do solo

• Terminologia:



- Conhecimento técnico e científico e aplicação deste conhecimento através de ferramentas e processos

↓
Sensoriamento Remoto
Geoprocessamento

• Objetivo

- Fazer associações entre as disciplinas fundamentais (física, gênese, biologia, adubos, química, fertilidade, geologia) para aplicação prática

- Mapeamento do Solo
- Erosão do solo
- Poluição
- Avaliação de terras
- Manejo



Levantamento e Mapeamento de solos



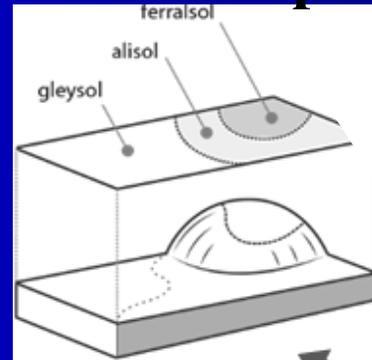
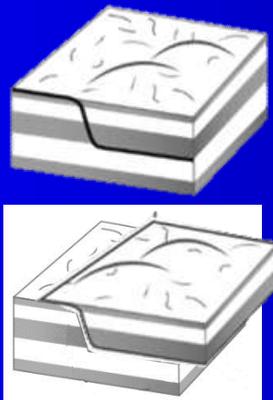
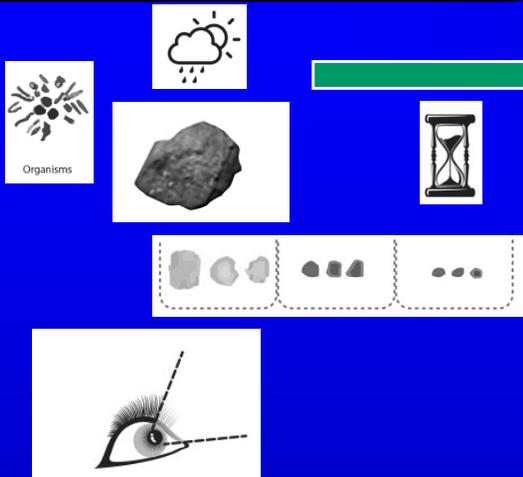
Jose alexandre dematte
jamdemat@usp.br

Formação e Visualização do solo

$$\text{Jenny: } S = f(c, o, r, p, a)$$

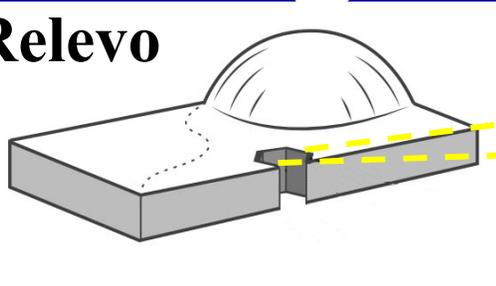
$$\text{Mcbratney: } S = f(s, c, o, r, p, a, n)$$

Visão 5: Espacial

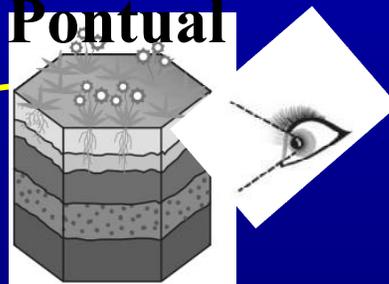


Visão 1: Micro

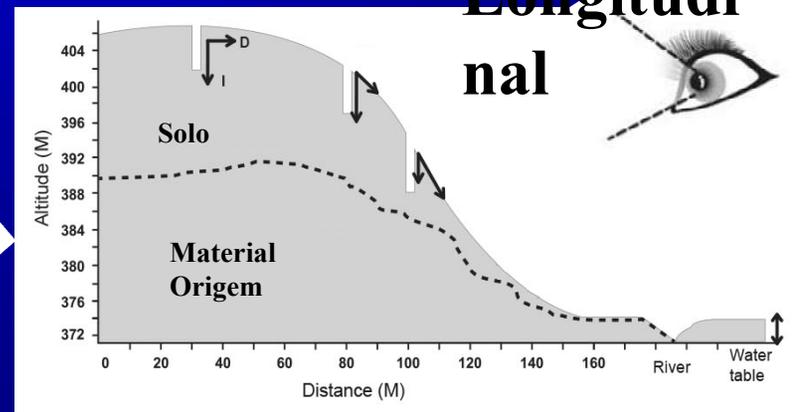
Visão 3: Relevo

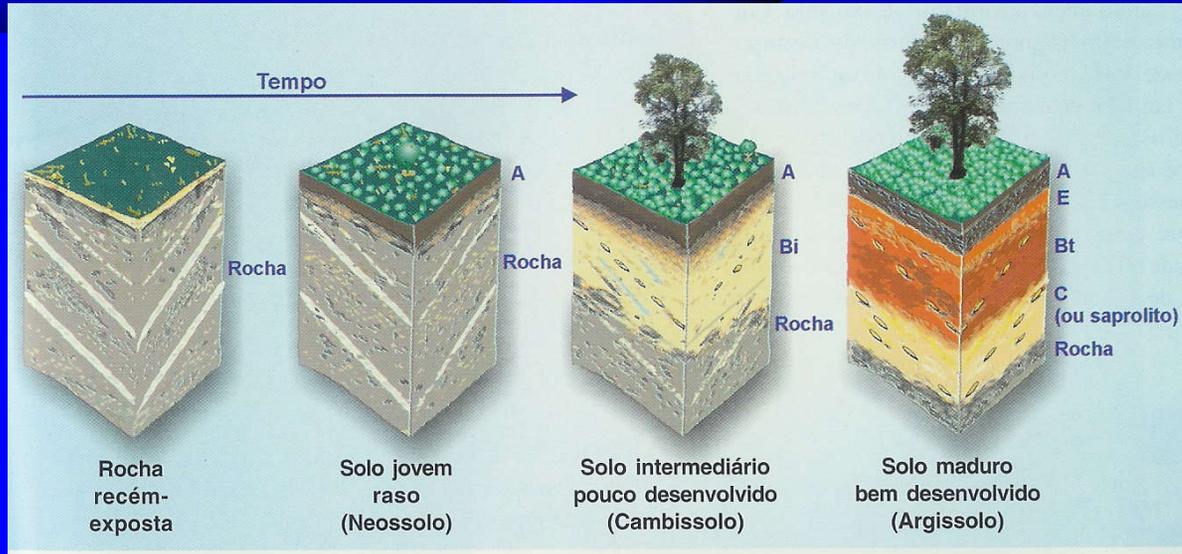
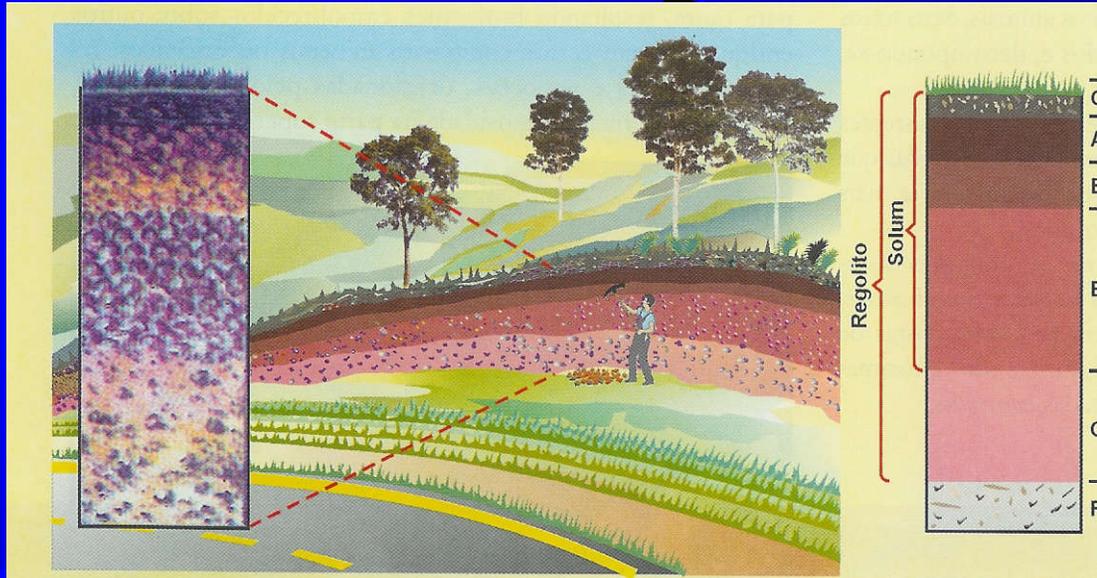


Visão 4: Pontual



Visão 2: Longitudi- nal





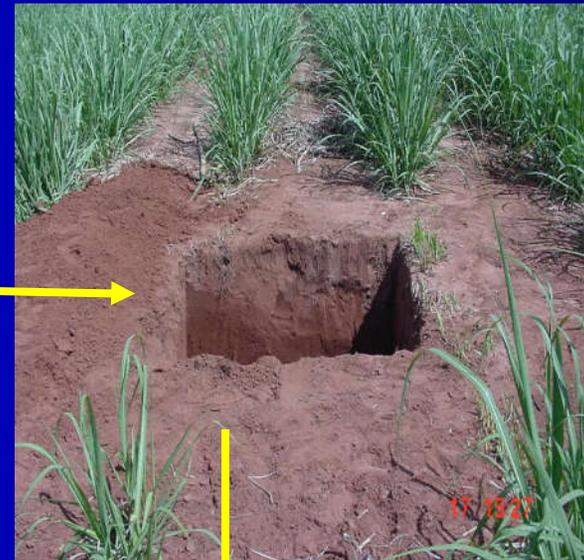


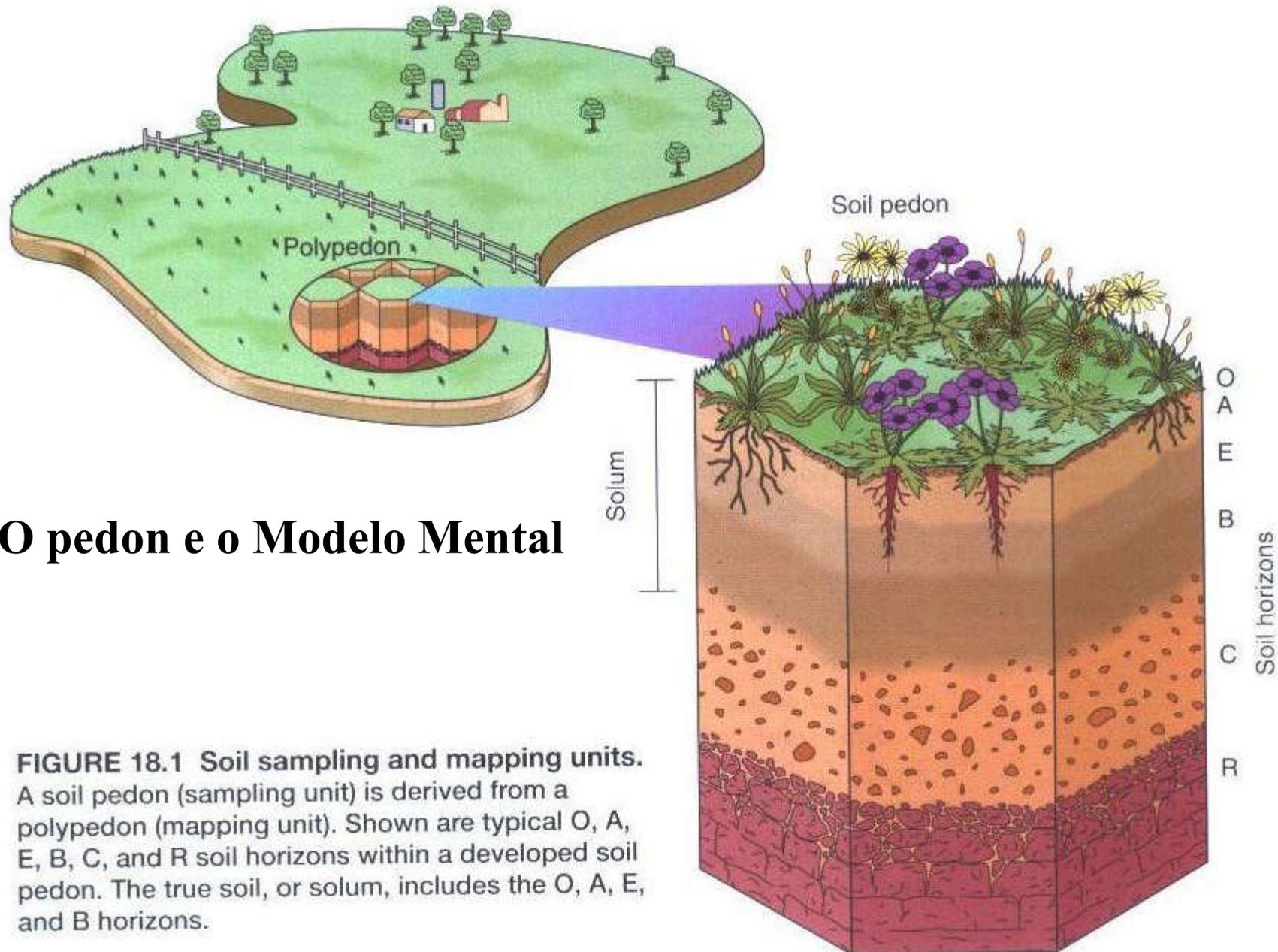
LEVANTAMENTO DE SOLOS

**Objetivo: agrupar solos pedologicamente semelhantes, gerando
Uma informação cartográfica que representa a distribuição especial
dos solos**

Solo com características A = Manejo A

Solo com características B = Manejo B

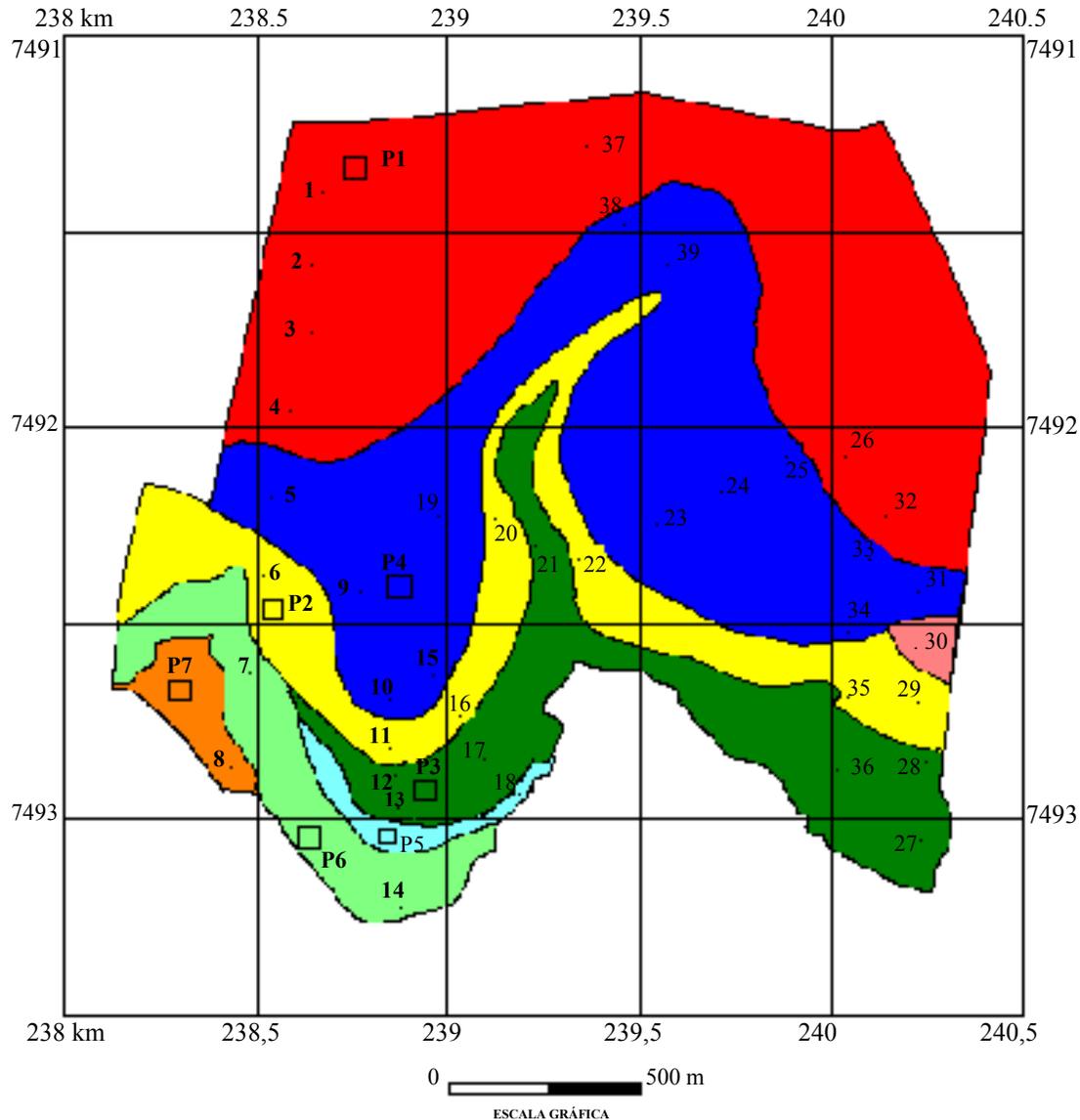




O pedon e o Modelo Mental

FIGURE 18.1 Soil sampling and mapping units. A soil pedon (sampling unit) is derived from a polypedon (mapping unit). Shown are typical O, A, E, B, C, and R soil horizons within a developed soil pedon. The true soil, or solum, includes the O, A, E, and B horizons.

Entendendo o mapa Pedológico



MAPA PEDOLÓGICO DETALHADO

LEGENDA

SOLOS

- LATOSSOLO ROXO Distrófico, A moderado, textura argilosa
- LATOSSOLO VERMELHO-ESCURO Álico, A moderado, textura argilosa
- LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico, A moderado, textura média
- PODZÓLICO VERMELHO-AMARELO Álico, A moderado, textura média/argilosa
- PODZÓLICO VERMELHO-ESCURO Álico, A moderado, textura argilosa/ m. argilosa
- HIDROMÓRFICO + ALUVIAL Distrófico, A moderado, textura arenosa a média
- LITÓLICO Distrófico, A moderado, textura argilosa
- CAMBISSOLO Distrófico, A moderado, textura argilosa

SÍMBOLOS

.2,39 - PONTOS DE TRADAGENS NA ÁREA

LOCALIZAÇÃO DOS PERFIS NA ÁREA (P1,...P7)



LABORATÓRIO DE SENSORIAMENTO REMOTO

ESALQ / USP - 2000

Coordenador: Prof. Dr. José Alexandre M. Demattê

Equipe Técnica:

Rogério C. Campos

Peterson R. Fiorio

Marcos R. Nanni

Importância do mapeamento

- Planejar as áreas de reforma, de plantio e dar a sequência de safra;
 - Programas de fertilização e correções químicas dos solos;
 - Alocação de variedades;
 - Programas conservacionistas;
 - Transferência de tecnologia;
 - Seleção de áreas para experimentação;
 - Banco de dados. Neste caso as unidades de mapeamento de solos associados a outros dados, como produtividade, variedades, número de cortes, área por variedade, etc., constituem-se de células para estocagem e análise do histórico da lavoura.
-
- Ganhos na margem de contribuição devido a alocação adequada de variedades e época de plantio e de colheita;
 - Racionalização de uma série de atividades entre elas: do uso de corretivos e fertilizantes; nas operações de preparo do solo e plantio; planejamento conservacionista, onde se inclui os traçados de talhões, etc.



Conceitos básicos

Atributos Diagnóstico

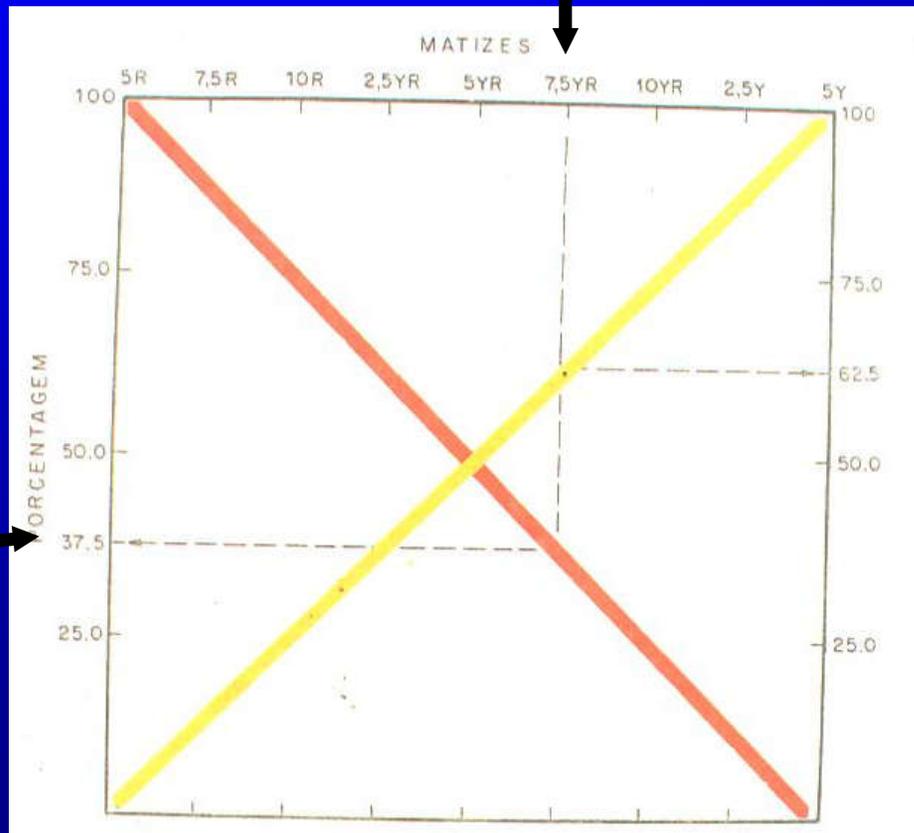


Cor : sensação visual que se manifesta na presença da luz

7,5YR indica 62,5% de amarelo e 37,5% de vermelho

Valor 2 indica que a cor branca contribui com 20% e a preta com 80%

Croma zero indica por exemplo que a cor é neutra não há contribuição do amarelo nem do vermelho



Matiz (ou pigmento)



Croma (ou intensidade)

☞ **Textura:** refere-se a composição granulométrica. Solos de textura arenosa (menos que 15% de argila); solos de textura média (15% a 35% de argila e mais que 15% de areia); textura siltosa (15 a 35% de argila e menos que 15% de areia); solos argilosos (35% a 60% de argila); muito argiloso (mais que 60% de argila).

☞ **Saturação por bases:** proporção de cátions básicos trocáveis em relação a capacidade de troca de cátions (CTC a pH 7). A saturação por base de maneira geral é expressa em porcentagem e é representada pelo símbolo V%:

☞ $V(\%) = (\text{Soma de bases} / \text{CTC}) * 100$

☞ Soma de bases (SB) = $\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2} + \text{K}^{+} + \text{Na}^{+}$

☞ $\text{CTC} = \text{SB} + \text{Al}^{+3} + \text{H}^{+}$

☞ Assim também o solo pode ser denominado: **Eutrófico** ($V\% \geq 50$) ou **Distrófico** ($V\% < 50$); **Álico m** $\geq 50\%$



☞ **Caráter ácrico:** refere-se a solos que apresentam CTCefetiva menor que $1,5 \text{ cmol}_c/\text{kg}$ de argila e que preencha uma das seguintes características:

pH KCl igual ou superior a 5 ou

ΔpH positivo ou nulo ($\Delta \text{pH} = \text{pH}_{\text{KCl}} - \text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$)

Atividade da fração argila: corresponde a CTC da fração argila do solo é dada por: $T * 1000/\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ de argila.

Atividade Alta (T_a) $\geq 27 \text{ cmol}_c/\text{kg}$ de argila.

Atividade Baixa (T_b) $< 27 \text{ cmol}_c/\text{kg}$ de argila.



Teor de óxidos de ferro: refere-se ao teor de Fe_2O_3

Hipoférricos : < 8 %

Mesoférricos: 8 a 18 %

Férricos: 18 a 36 %

Perférricos: $\geq 36\%$

Solos com teores maiores que 18 % apresentam atração magnética a campo.

Gradiente Textural : gradiente de teor de argila entre horizonte A ou E e horizonte B.

Mudança Textural Abrupta: quando a mudança de gradiente textural se dá em uma distância menor que 7,5 cm no horizonte.



- ☞ **Índice ki:** indicativo do grau de intemperismo dos solos, uma vez que solos mais intemperizados tem diminuídos seus teores de SiO_2

$$K_i = (\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3) * 1,7$$

Índice ki	Minerais predominantes
< 1,0	Óxidos
1,0 a 2,0	Óxidos e 1:1
2,0	Predomina 1:1
2,0 a 3,0	1:1 e 2:1
> 3,0	Predomina 2:1



- ☞ **Btextural**: horizonte de incremento de argila.
- ☞ >7,5 cm e >10% da espessura da soma dos horizontes subjacentes
- ☞ Relação textural B/A: solos com mais 40% de argila >1,5; solos 15 a 40 % de argila >1,7; solos com menos 15% de argila >1,8
- ☞ Pode apresentar cerosidade

- ☞ **B latossólico(Bw)**: horizonte de avançado intemperismo.
- ☞ Mínimo 50 cm de espessura
- ☞ Relação silte/argila baixa
- ☞ Não apresenta relação textural alta
- ☞ CTC < 17 cmolc/kg de argila
- ☞ Ki < 2,2
- ☞ Menos 5% do volume mostre rocha original

- ☞ **B incipiente (Bi)**: horizonte de baixo desenvolvimento físico químico.
- ☞ > 10 cm espessura
- ☞ Até 50% de seu volume ser material de origem
- ☞ Não atender requisitos para Bt, Bn, Bw, Bplânico, Bespódico, horizonte plíntico.
- ☞ Pode apresentar semelhança a Bw diferindo em CTC maior que 17cmolc/kg de argila, ki da fração argila maior que 2,2, relação silte/argila maior que 0,7 em textura arenosa ou maior que 0,6 em textura argilosa



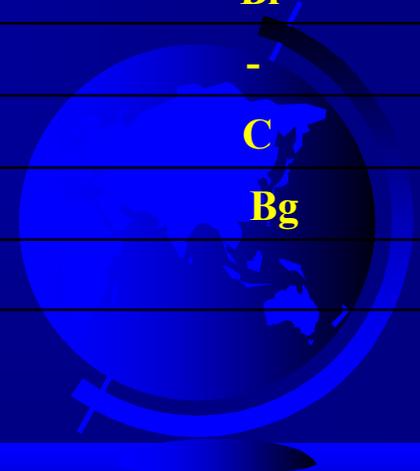
- ☞ **Bnítico (Bn):** textura argilosa ou muito argilosa
- ☞ Relação textural B/A não atende requisitos para Btextural
- ☞ Presença de cerosidade
- ☞ 30 cm ou mais a não ser que solo apresente contato lítico nos primeiros 50 cm.

- ☞ **Horizonte Glei:** saturado com água.
- ☞ 15 cm ou mais
- ☞ Menos que 15% de plintita
- ☞ Matiz dominante neutra ou mais azul que 10Y
- ☞ Qualquer matiz, os valores <4 e cromas ≤ 1



Sistema de classificação

<u>CAMARGO et al. 1987</u>	<u>Atual (Embrapa 2006)</u>	<u>B Diag.</u>
Latossolo Roxo (LR)	Latossolo Vermelho férrico (LVf)	Bw
Latossolo Vermelho escuro (LE)	Latossolo Vermelho (LV)	Bw
Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA)	Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA)	Bw
Latossolo Amarelo (LA)	Latossolo Amarelo (LA)	Bw
Terra Roxa Estruturada (TR)	Nitossolo Vermelho férrico (NVf)	Bn
Areia Quartzosa (AQ)	Neossolo Quartzarênico (RQ)	C
Podzólico Vermelho escuro (PE)	Argissolo Vermelho (PV)	Bt
Podzólico Vermelho-Amarelo (PVA)	Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA)	Bt
Podzólico Amarelo (PA)	Argissolo Amarelo (PA)	Bt
Cambissolos (C)	Cambissolo Háptico (CX)	Bi
Solo litólico ou Litossolo (Li)	Neossolo Litólico (RL)	-
Aluvial (Al)	Neossolo Fluvico (RY)	C
Hidromórficos (Hi)	Gleissolos Hápticos (GX)	Bg



Termos básicos:

Unidade taxonômica

Unidade de mapeamento



Passo a passo do mapeamento de solos



Escolha do mapa base



Exemplos

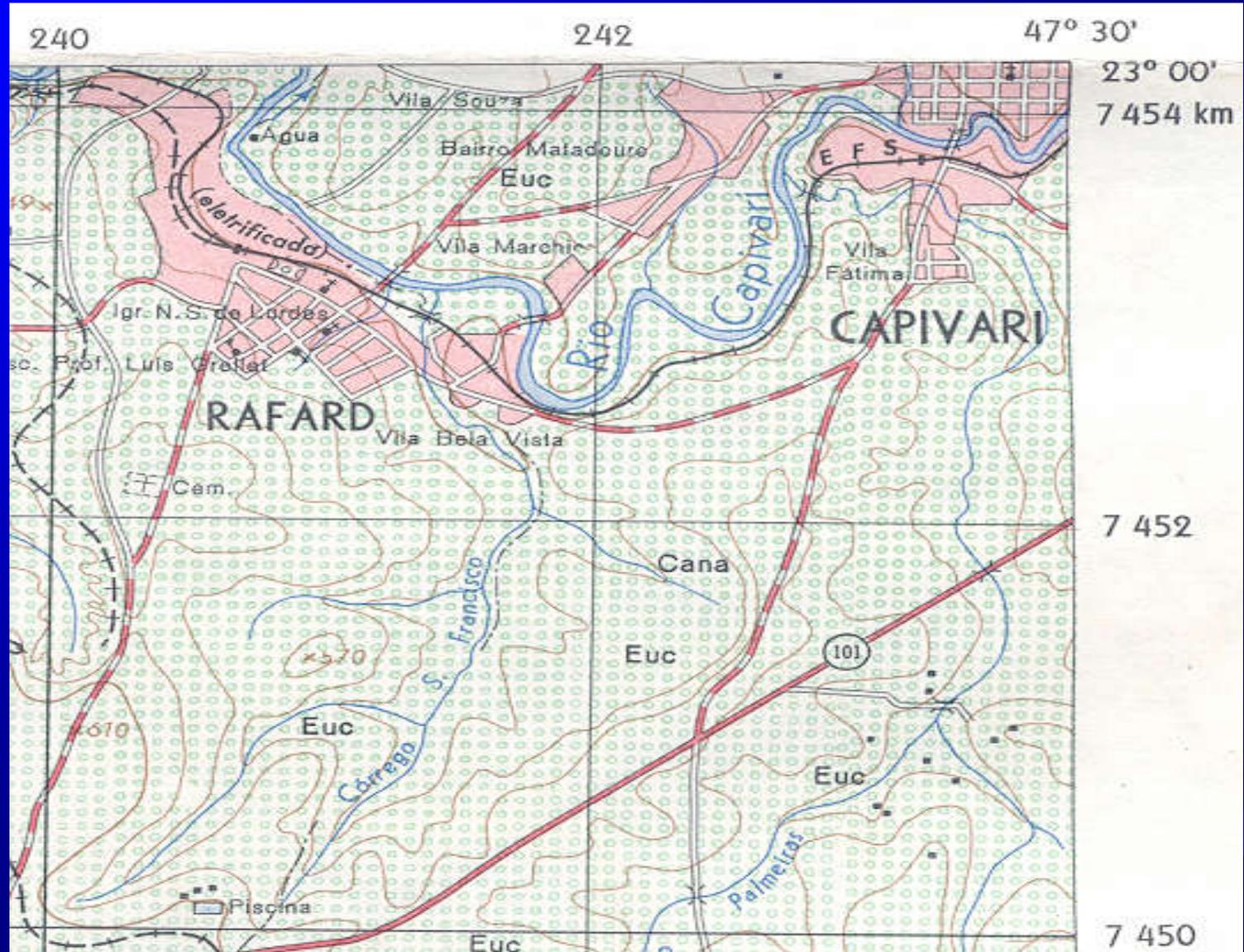
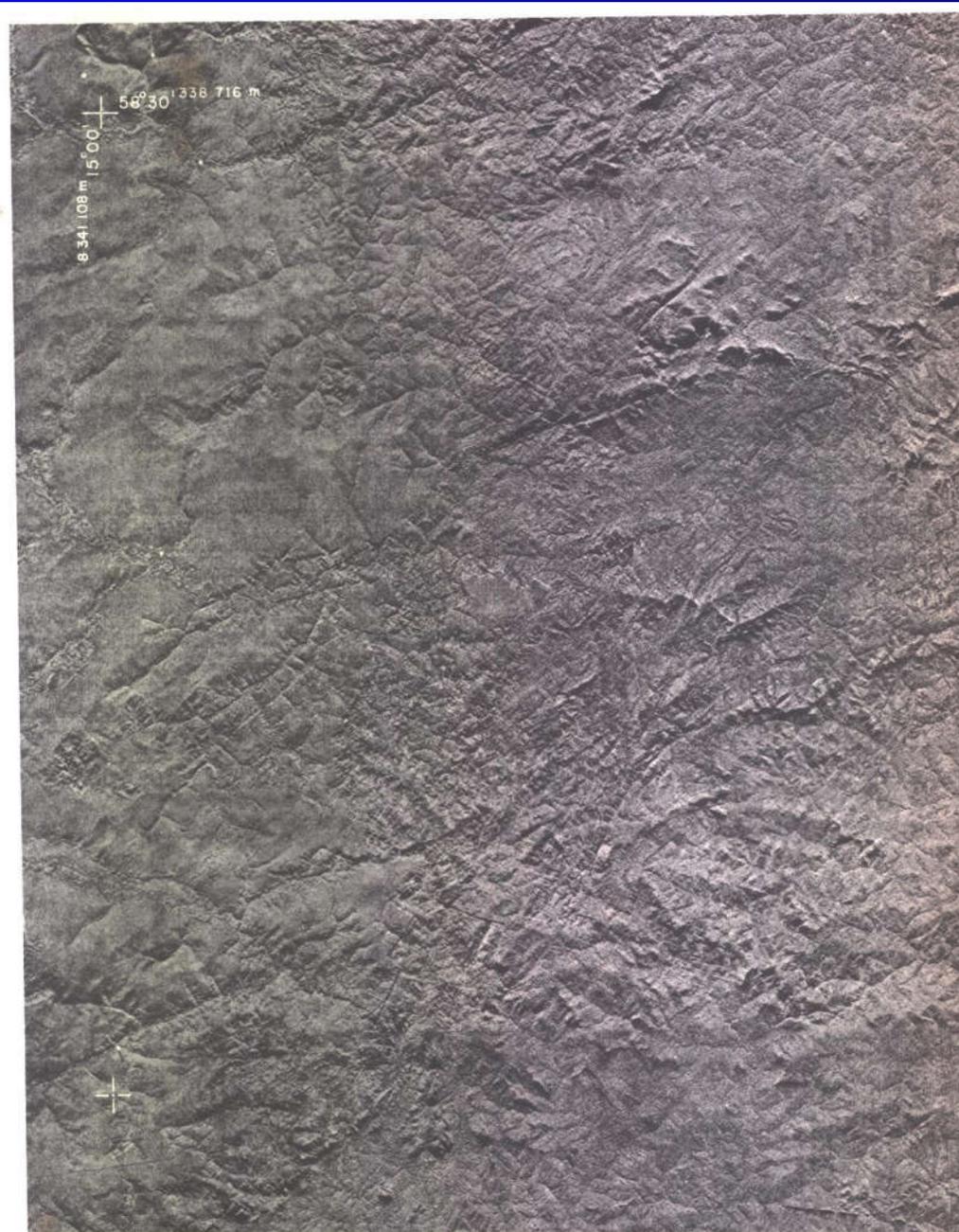


Imagem de radar



**Imagem satélite
Ikonos**



Imagem Quickbird

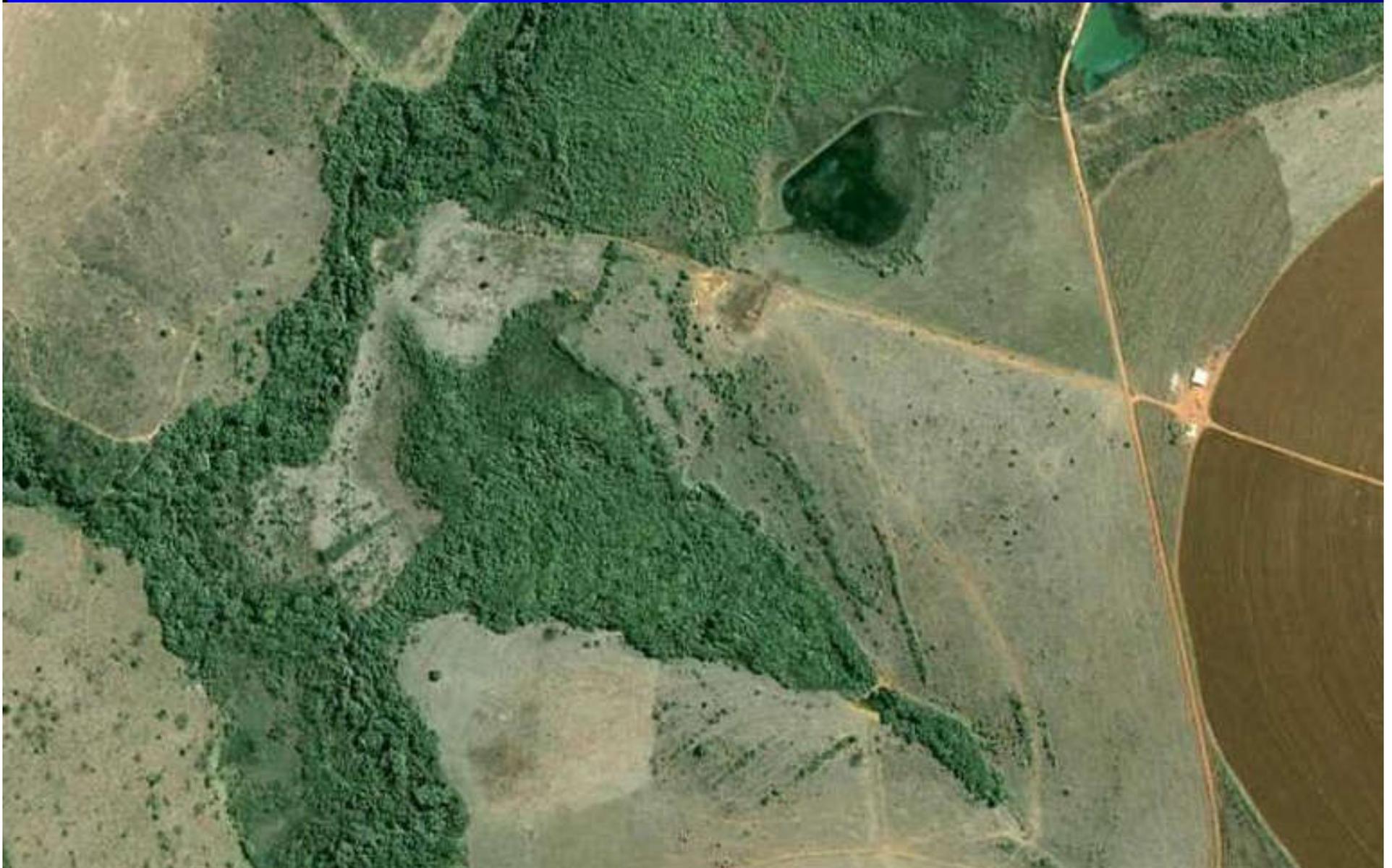
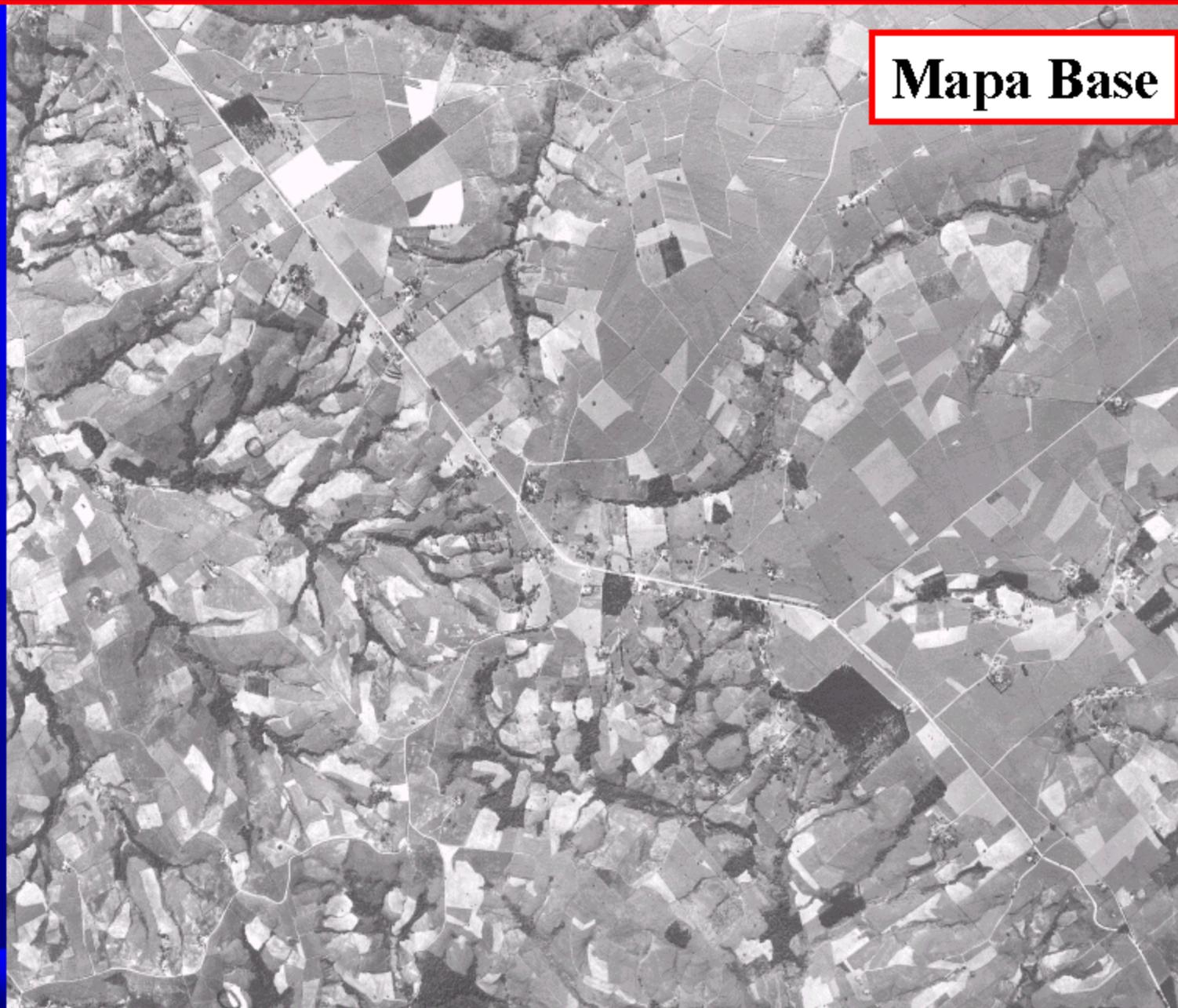


Foto aérea colorida



Observação da paisagem correlação campo (Fotografia aérea)



Mapa Base

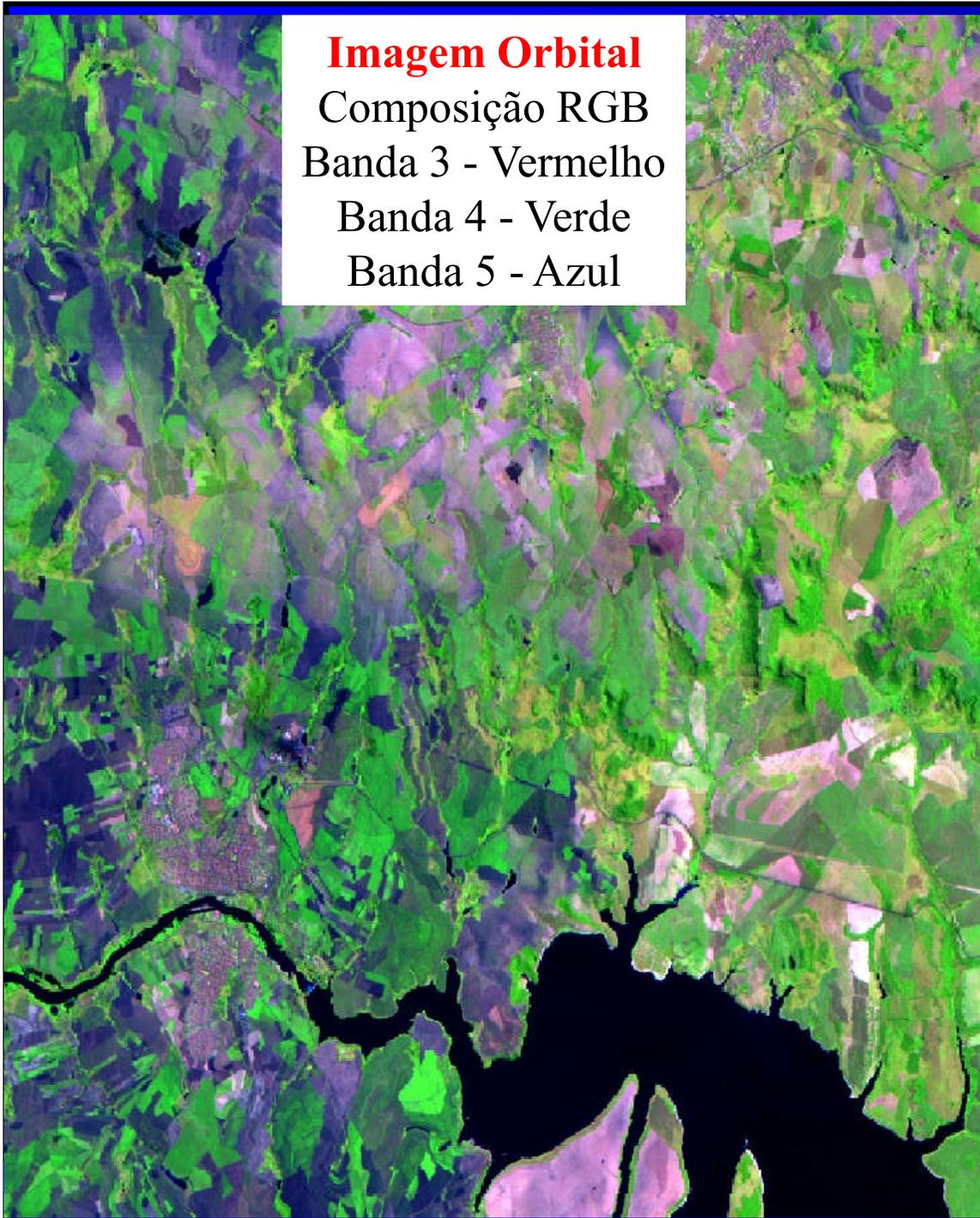


Imagem Orbital

Composição RGB

Banda 3 - Vermelho

Banda 4 - Verde

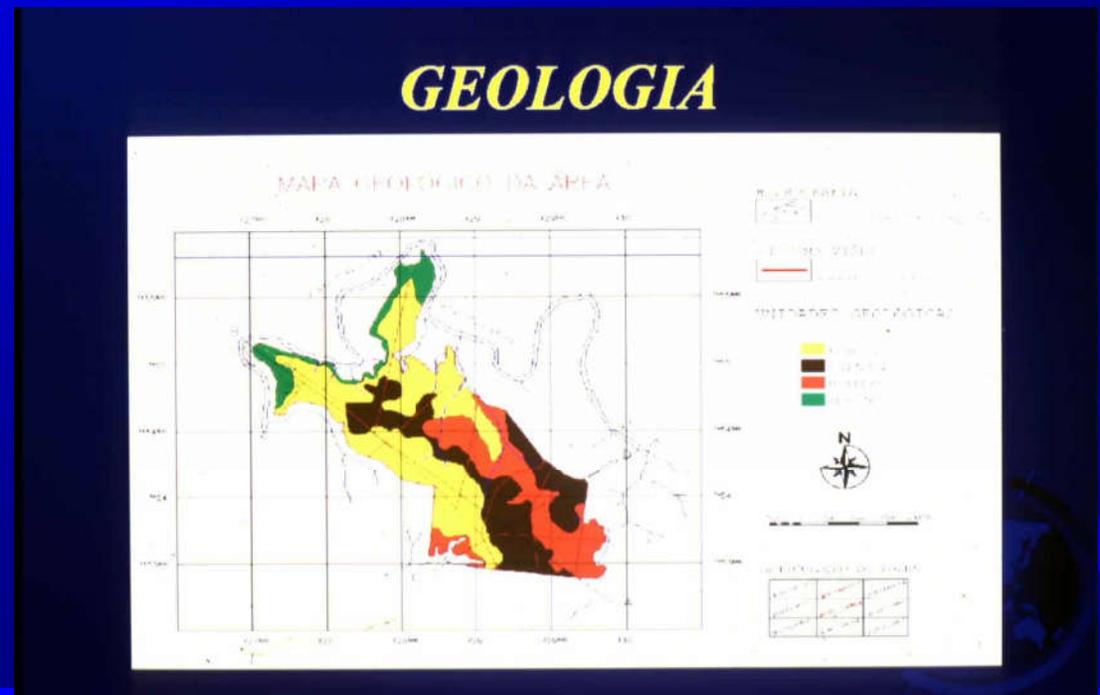
Banda 5 - Azul

TM - LANDSAT 5 -7

- Lançamento 05/03/84
- Altitude 705 km
- Resolução temporal
 - 16 dias
- Resolução espacial
 - 30 m (pixel 0,09 ha)
 - 120 m (banda 6)
 - **15 m (pan. Landsat 7)**
- Imagem inteira
 - 185 km x 185 km
- Bandas (microns)
 - 1 (0,45-0,52) Azul
 - 2 (0,52-0,60) Verde
 - 3 (0,63-0,69) Vermelho
 - 4 (0,76-0,90) I. Próximo
 - 5 (1,55-1,75) I. Médio
 - 6 (10,4-12,5) I. Termal
 - 7 (2,08-2,35) I. Médio
 - **Pancromática (0,52-0,90)**

Material Básico do Histórico da Área

- Mapas de solos pré-existent
- Mapas Geológicos
- Mapas Geomorfológicos
- Imagens satélite
- Outros



Perfil de solo (descrição morfológica)

MANUAL DE DESCRIÇÃO E COLETA DE SOLO NO CAMPO



SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
SERVIÇO NACIONAL DE LEVANTAMENTO E CONSERVAÇÃO
DE SOLOS

2ª Edição
(2ª Impressão)
Campinas
1984

Sistema Brasileiro de Classificação de Solos



Embrapa

Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa 1999)

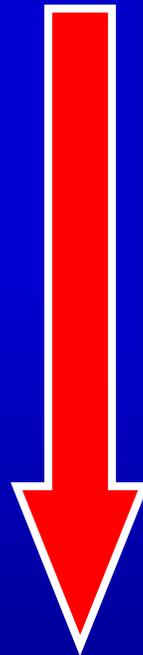
- ⇒ 1º Nível Categórico Ordem (LATOSSOLOS)
- ⇒ 2º Nível Categórico Subordem (VERMELHO-AMARELOS)
- ⇒ 3º Nível Categórico Grandes grupos (Eutróficos)
- ⇒ 4º Nível Categórico Subgrupos (argissólicos)
- ⇒ 5º Nível Categórico Família (textura argilosa)
- ⇒ 6º Nível Categórico Séries (uso e manejo dos solos,
estruturas)

**LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS Eutróficos argissólicos
textura argilosa.**



NÍVEIS DE LEVANTAMENTO

- ⇒ Esquemático
- ⇒ Exploratório
- ⇒ Reconhecimento
 - Baixa
 - Média
 - Alta
- ⇒ Semidetalhado
- ⇒ detalhado
- ⇒ Ultradetalhado



> Informação
> N° observações
> Escala



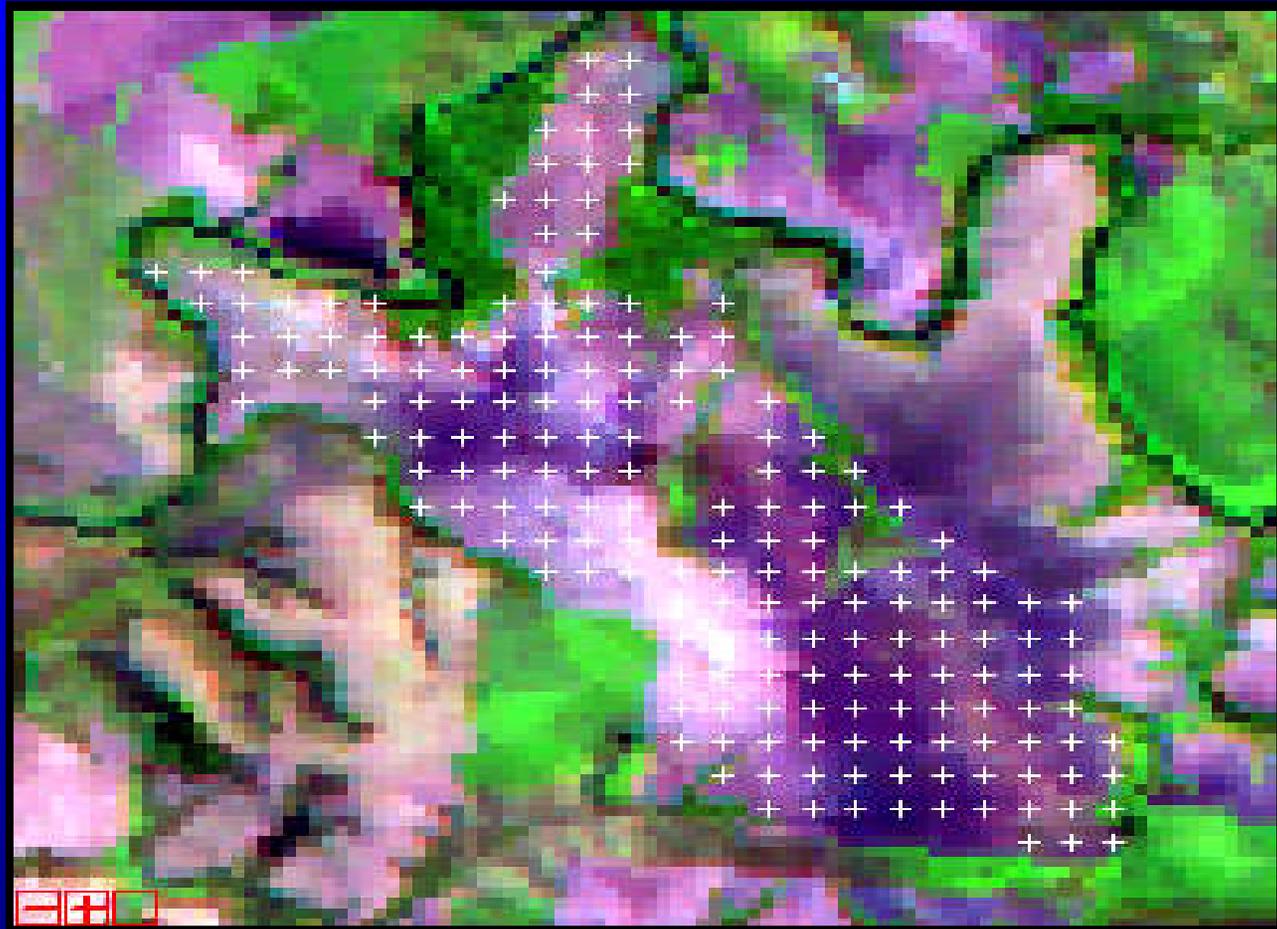
Métodos pedológicos

Nível do Levantamento	Objetivos	Métodos de Prospecção	Material Cartográfico	Unidades de Mapeamento	Escala/Área Mínima Mapeável/Amostragem
Mapa Esquemático	Visão panorâmica de distribuição dos solos	Generalizações e amplas correlações com o meio ambiente	Mapas planialtimétricos, imagens de radar e satélites em escalas pequenas	Associações de vários componentes. Equivalente à ordem de sistemas hierárquicos de classificação de solos	$\leq 1:1000\ 000$ $\geq 40\ \text{Km}^2$
Exploratório	Informação generalizada do recurso solo em grandes áreas	Extrapolação, generalizações, correlações e observações de campo	Mapas planialtimétricos, imagens de radar e satélites, fotoíndices em escalas pequenas	Associações amplas de até cinco componentes, correspondendo a subdivisões de ordens	1:750.000 a 1:2.500.000 22,5 a 250km ² um perfil complementar por componente principal de associação
Reconhecimento de Baixa Intensidade	Estimativa qualitativa do recurso solo	Verificações de campo e extrapolação	Mapas planialtimétricos, imagens de radar, satélites cartaimagem em escala	Associações ou unidades simples de grandes grupos de solos	1:250.000 a 1:750.000 2,5 a 22,5 km ² 1 perfil completo ou complementar por componente de associação
Nível do Levantamento	Objetivos	Métodos de Prospecção	Material Cartográfico	Unidades de Mapeamento	Escala/Área Mínima Mapeável/Amostragem
Semidetalhado	Planejamento e implantação de projetos agrícolas e de engenharia civil	Verificações de campo ao longo de toposequências e correlações solo/superfícies geomórficas	Mapas Planialtimétricos e restituições em escalas $\geq 1:50.000$, levantamentos topográficos e fotos aéreas em escalas $\geq 1:60.000$	Unidades simples associações e complexos em nível de família nos sistemas hierárquicos de classificação	$\geq 1:100.000$ de preferência $\geq 1:50.000$ $\leq 40\text{ha}$ um perfil completo e um complementar por componente de unidade simples ou de associação
Detalhado	Execução de projetos de uso intensivo do solo	Verificações de campo ao longo de toposequências quadrículas e correlações solo/superfície geomórfica	Mapas Planialtimétricos, restituições, levantamentos topográficos com curvas de nível e fotos aéreas em escalas $\geq 1:20.000$	Unidades simples associações e complexos de série de solos	$\geq 1:20.000$ $< 1,6\text{ha}$ um perfil completo e dois complementares por série de solo
Ultradetalhado	Estudos específicos localizados	Malhas	Plantas, mapas topográficos com curvas de nível a pequenos intervalos em escalas $\geq 1:5.000$	Fases de séries de solos	$\geq 1:5.000$ $< 0,1\text{ha}$ perfis completos e complementares por unidade taxonômica

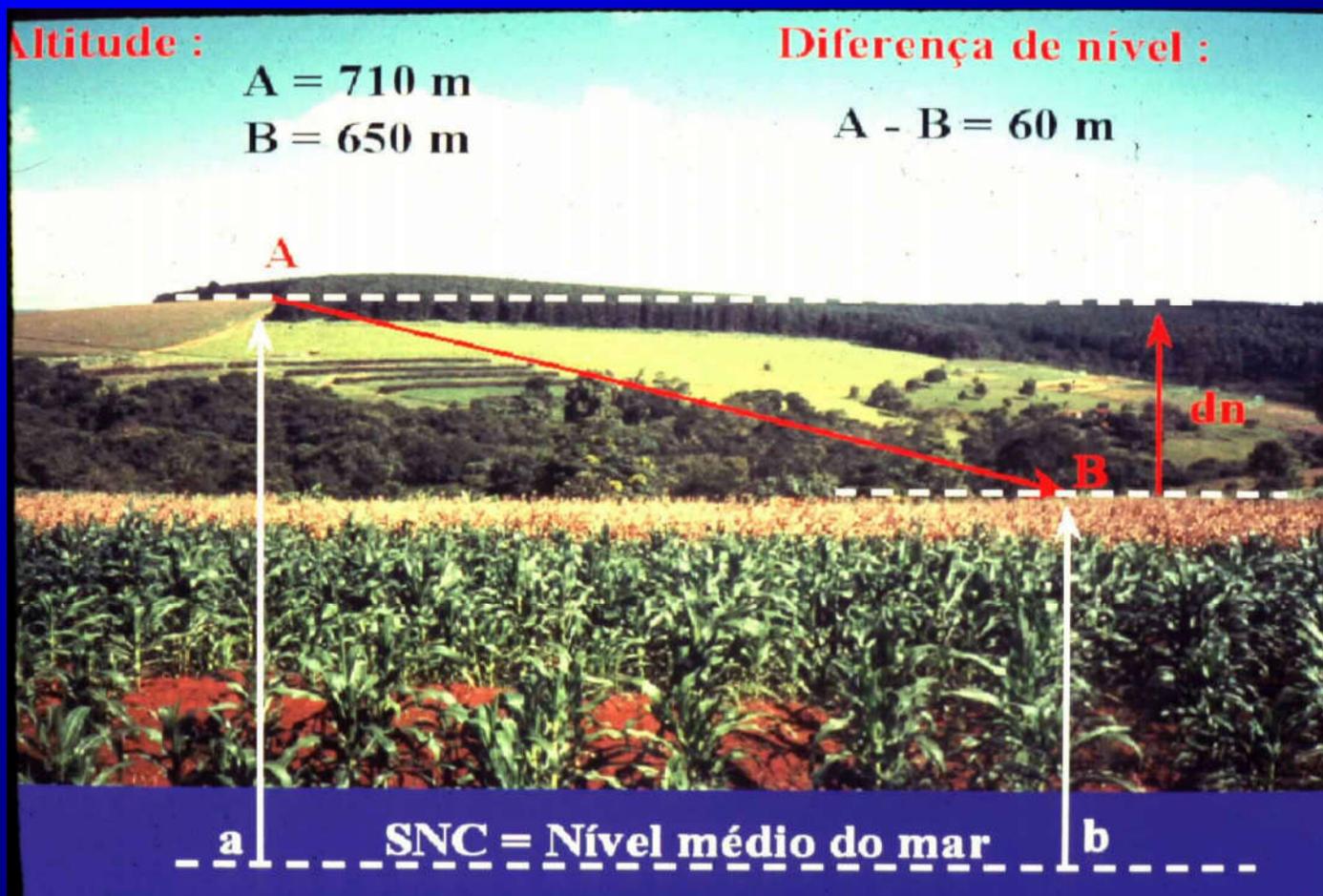
Estabelecimento dos locais de amostragem



Grid



Topossequência



Tipo de levantamento	Número de hectares para cada observação	Número de observações
Detalhado	2,5 a 5 ha./observação	0,2 a 4 obs/ha.
Semidetalhado	5 a 50 ha./observação	0,02 - 0,2 obs/ha.
Reconhecimento	100 a 2500 ha./observação	0,04 a 2,00 obs/km²
Exploratório	acima de 2500 ha./observação	menos de 0,04 obs/km²
Esquemático	sem especificação	sem especificação



Observação da paisagem

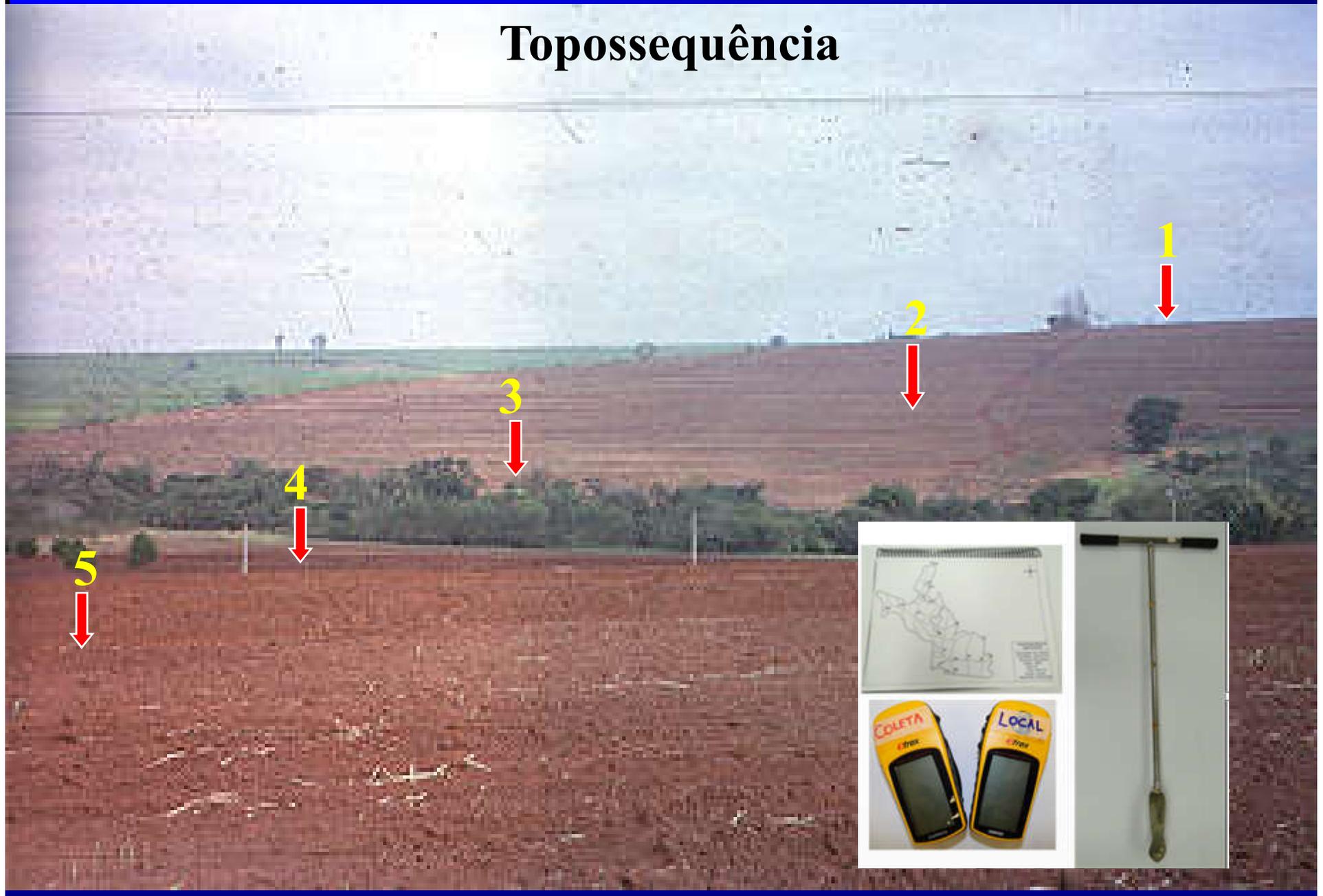


Observação da paisagem



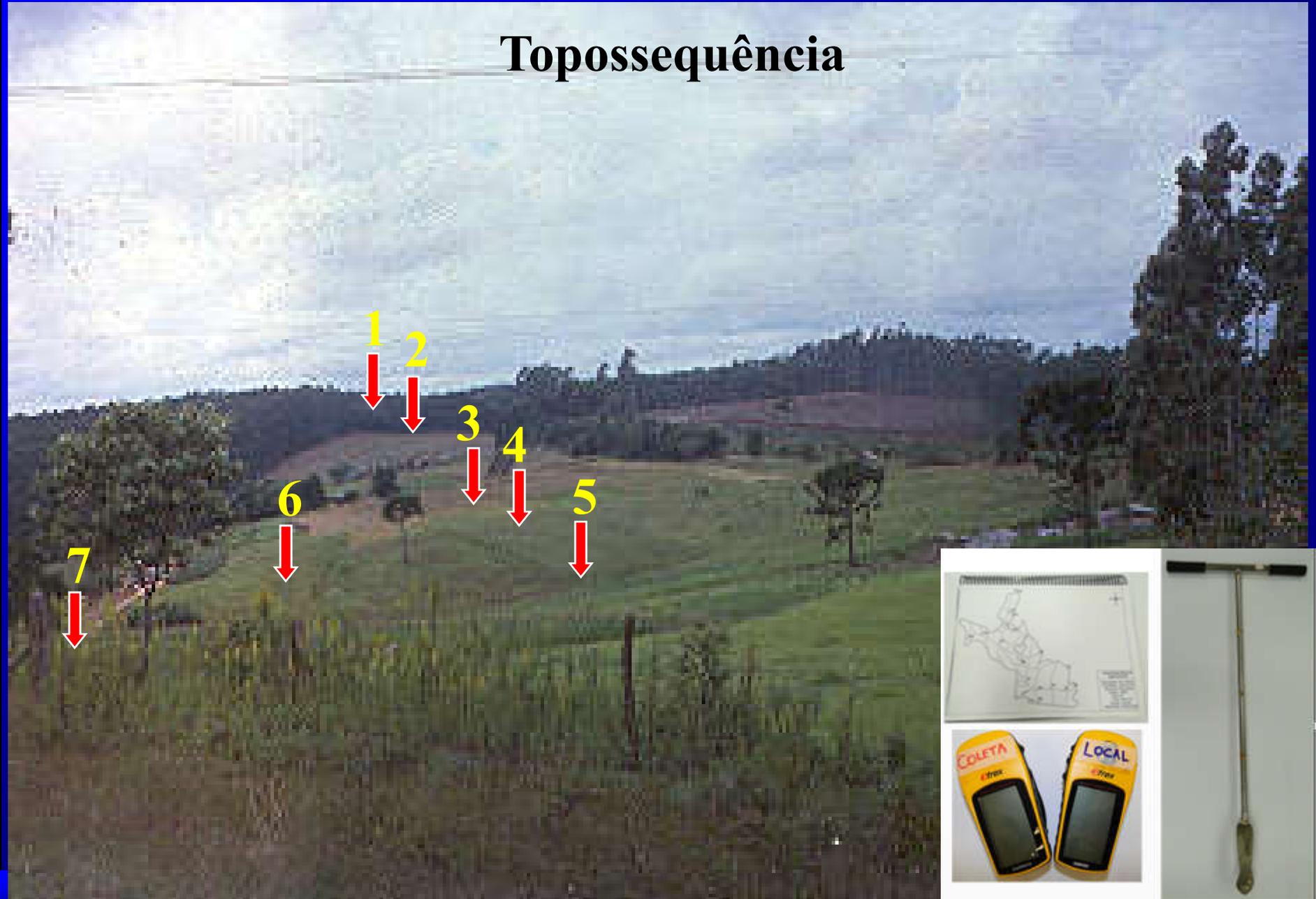
Observação da paisagem - Pontos de Tradagem

Topossequência



Observação da paisagem - Pontos de Tradagem

Topossequência



Tradagens e coleta de dados





**Características importantes
A observar nas tradagens:**



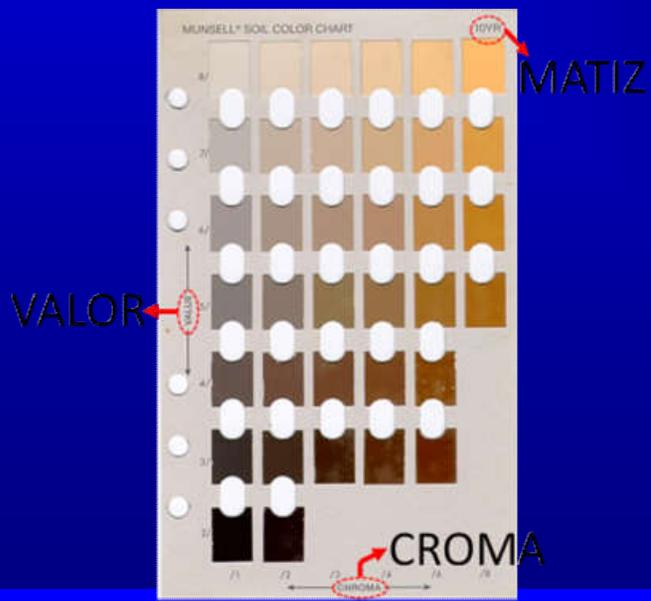
Textura e gradiente textural



Atração magnetica

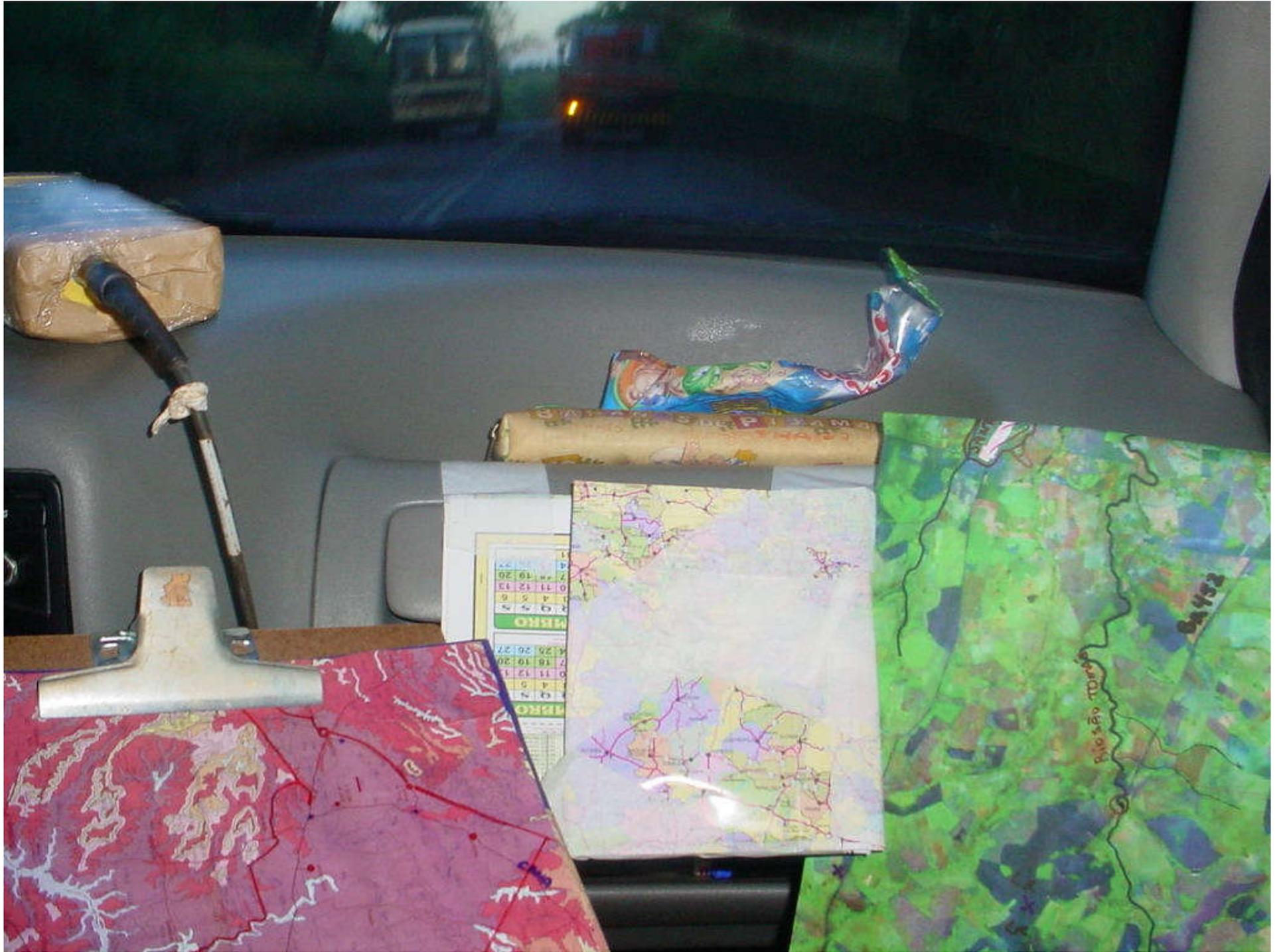


Cor



Observação da paisagem e delimitação in-situ





MRRO

1	1
2	2
3	3
4	4
5	5
6	6
7	7
8	8
9	9
10	10
11	11
12	12
13	13
14	14
15	15
16	16
17	17
18	18
19	19
20	20
21	21
22	22
23	23
24	24
25	25
26	26
27	27
28	28
29	29
30	30
31	31

MRRO

Georreferenciamento do ponto





Profundidade de amostragem



Coleta da amostra



Descontaminação na tradagem

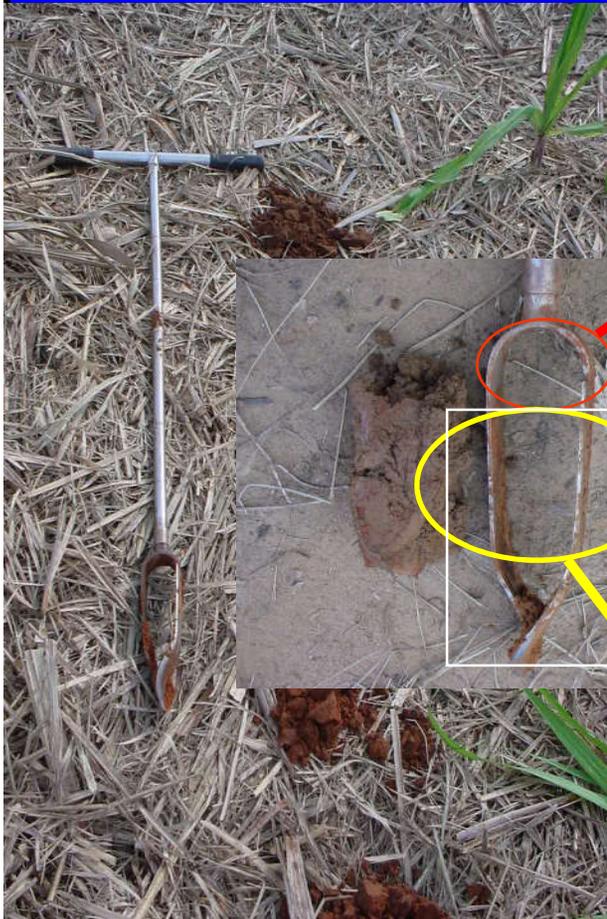
retirar terra da parte superior da caneca do trado (jogar fora)



Passar faca rente às laterais do trado fazendo a limpeza lateral. Jogar fora a terra que fica na biqueira do trado.



O miolo vai para dentro saquinho
Da respectiva profundidade



Acondicionamento



INSTRUÇÕES PARA COLETA DE AMOSTRA DE SOLO



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

CAMPUS DE PIRACICABA

ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA "LUIZ DE QUEIROZ"

DEPARTAMENTO DE SOLOS E NUTRIÇÃO DE PLANTAS

CENTRO DE ESTUDOS AMBIENTAIS

Av. Pádua Dias, 11 - C. Postal 09- Cep.13 418-900 - Piracicaba - SP

TEL: (019) 429-4171

AMOSTRA Nº **Tradagem 01**

CULTURA **Eucalipto**

REMETENTE **0 cm - 20 cm**

ENDEREÇO

NOME DA PROPRIEDADE

Faz. Santa Rita

03 / 12 / 2001

DATA

3 saquinhos individuais por profundidade



—5— locais indicados 5 e 6

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA DO SOLO

Responsável: **RCTIA**
Proprietário: **0-20 cm**
Propriedade: **Faz. São João**
Endereço: **cod. 30014**
Cidade: **Th. 12** Tel: _____
Data: ____/____/____
E-mail: **Rio Claro**
Identif. da amostra: _____

ESALQ/USP/Departamento de Ciência do Solo Análise Química
Av. Pádua Dias, 11 - Bairro S. Diniz Análise Física
Piracicaba - SP CEP: 13418-200
Tel. (19) 3417-2117 ou 3417-2159 Fax: (19) 3417-2135
e-mail: ind@esalq.usp.br / <http://www.esalq.usp.br>
Quantidade de material a ser enviado para análise deverá ser de aproximadamente 350-400g.

—6— locais indicados 5 e 6

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA DO SOLO

Responsável: **RCT1B**
Proprietário: **40-60 cm**
Propriedade: **Faz. São João**
Endereço: **cod. 30014**
Cidade: **Th. 12** Tel: _____
Data: ____/____/____
E-mail: **Rio Claro**
Identif. da amostra: _____

ESALQ/USP/Departamento de Ciência do Solo Análise Química
Av. Pádua Dias, 11 - Bairro S. Diniz Análise Física
Piracicaba - SP CEP: 13418-200
Tel. (19) 3417-2117 ou 3417-2159 Fax: (19) 3417-2135
e-mail: ind@esalq.usp.br / <http://www.esalq.usp.br>
Quantidade de material a ser enviado para análise deverá ser de aproximadamente 350-400g.

—6— locais indicados 5 e 6

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA DO SOLO

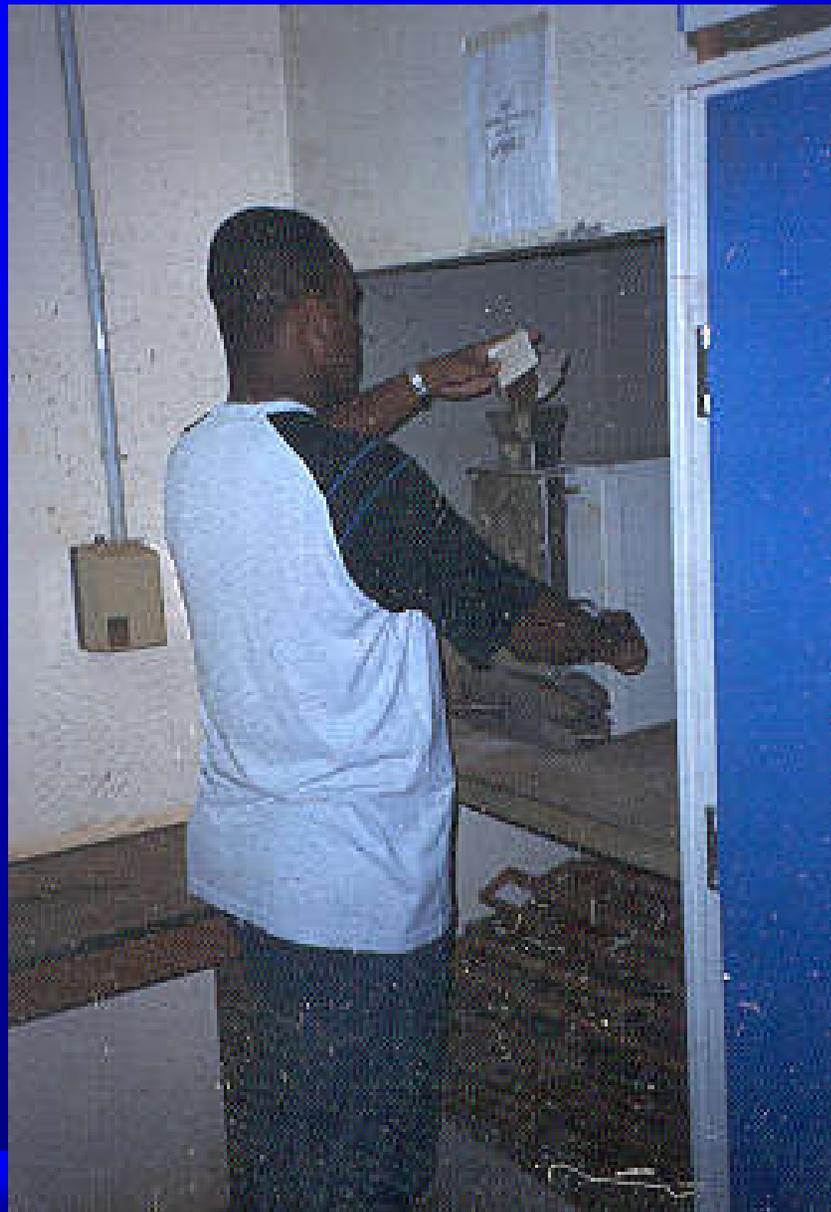
Responsável: **RCT1C**
Proprietário: **80-100 cm**
Propriedade: **Faz. São João**
Endereço: **cod. 30014**
Cidade: **Th. 12** Tel: _____
Data: ____/____/____
E-mail: **Rio Claro**
Identif. da amostra: _____

ESALQ/USP/Departamento de Ciência do Solo Análise Química
Av. Pádua Dias, 11 - Bairro S. Diniz Análise Física
Piracicaba - SP CEP: 13418-200
Tel. (19) 3417-2117 ou 3417-2159 Fax: (19) 3417-2135
e-mail: ind@esalq.usp.br / <http://www.esalq.usp.br>
Quantidade de material a ser enviado para análise deverá ser de aproximadamente 350-400g.

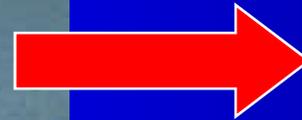
Análises Físicas e Químicas (Laboratório)



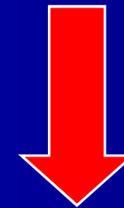
Análises Físicas e Químicas (Laboratório)



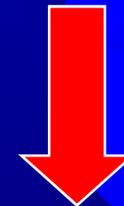
Análises Físicas e Químicas (Laboratório)



Mapa base
Pontos de gradagem
Amostras de solo
Análises de laboratório



Unidades Fisiográficas
Perfil



Mapa de Solos



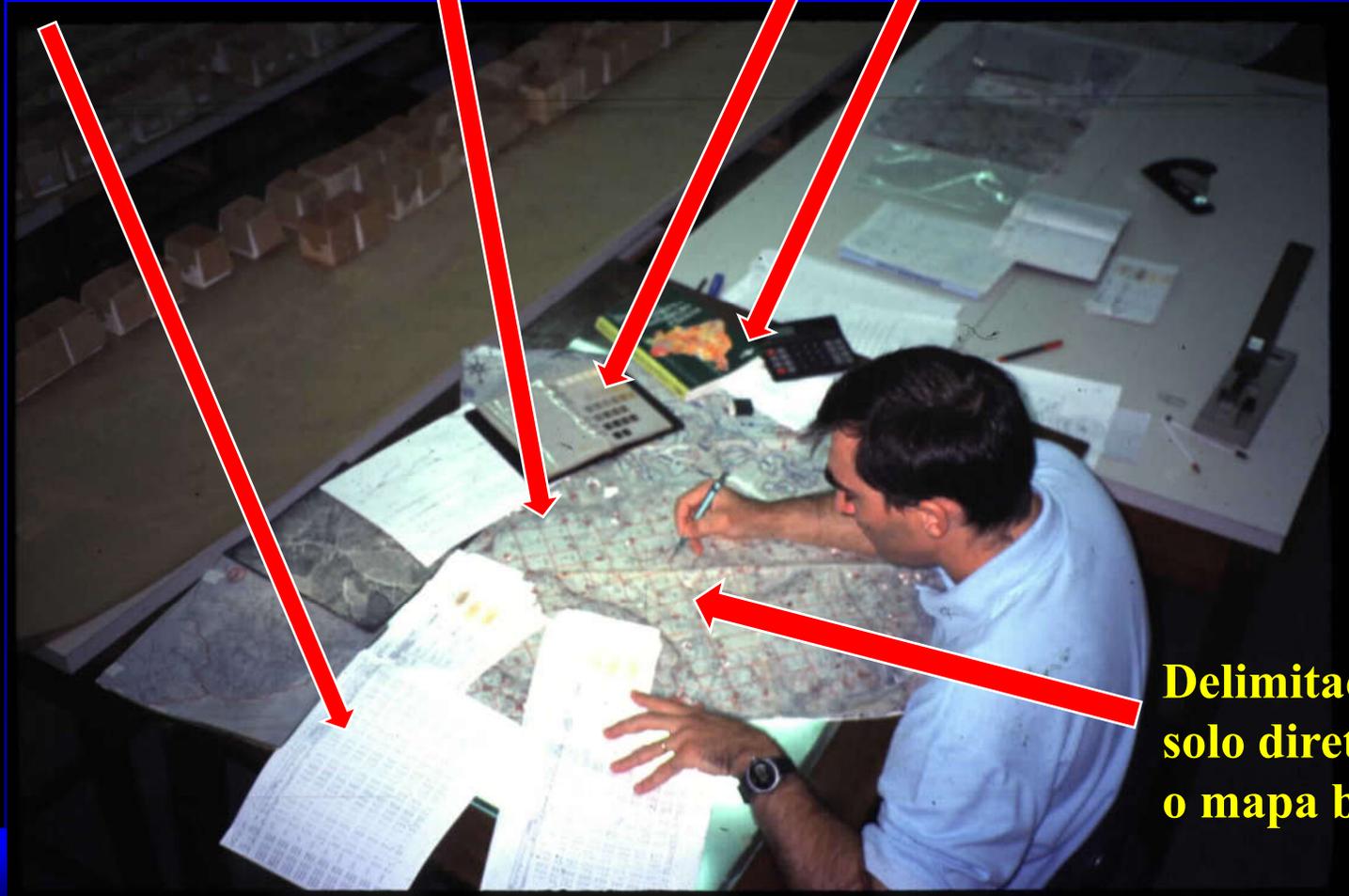
MAPA PRELIMINAR

Análise de solos

Mapa base com anotações de campo

Carta de cores

Classificação de solos



Delimitação das linhas do solo diretamente sobre o mapa base



Delimitação: critérios
Tradagem: relevo + análises
Perfis: nome do solo

Horizonte diagnóstico

Classificação Taxonômica



Latossolo Vermelho eutrófico, típico, textura argilosa

Identificação de Pédon similares (Polipedons)

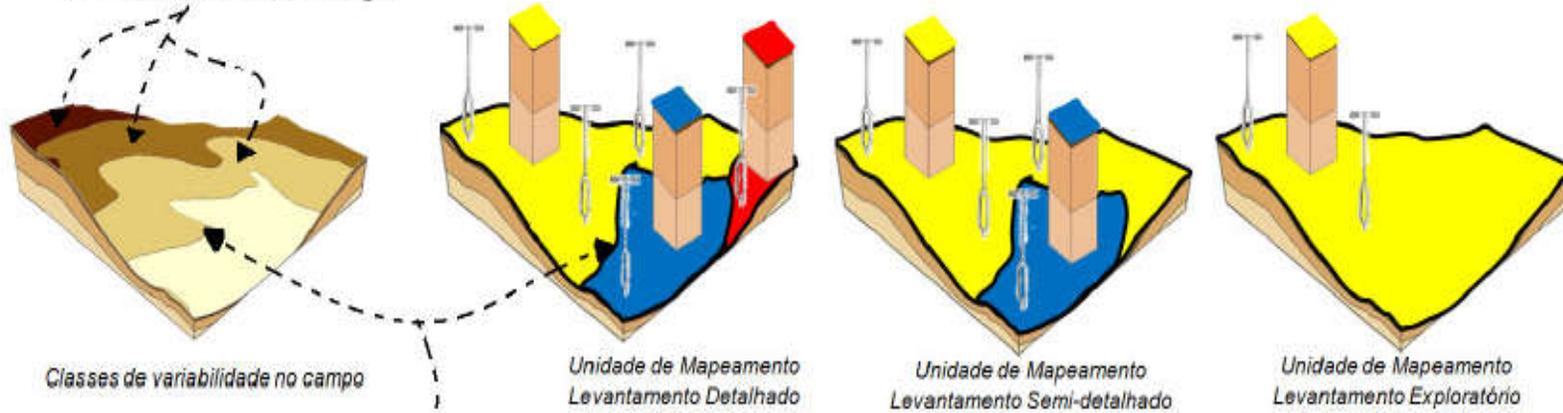
Elaboração do Mapa de Solos:

Delineamento de áreas com Pédon similares

Elaboração do Mapa de Solos:

Delineamento de áreas com Pédon similares

Podem não representar as reais variações dos atributos do solo no campo



Os limites dos solos mapeados não condizem com as classes de variabilidade de campo

O nível de detalhe do mapa está relacionado com o nº de perfis de classificação e amostras complementares retiradas com o trado

Decalque do mapa de solos

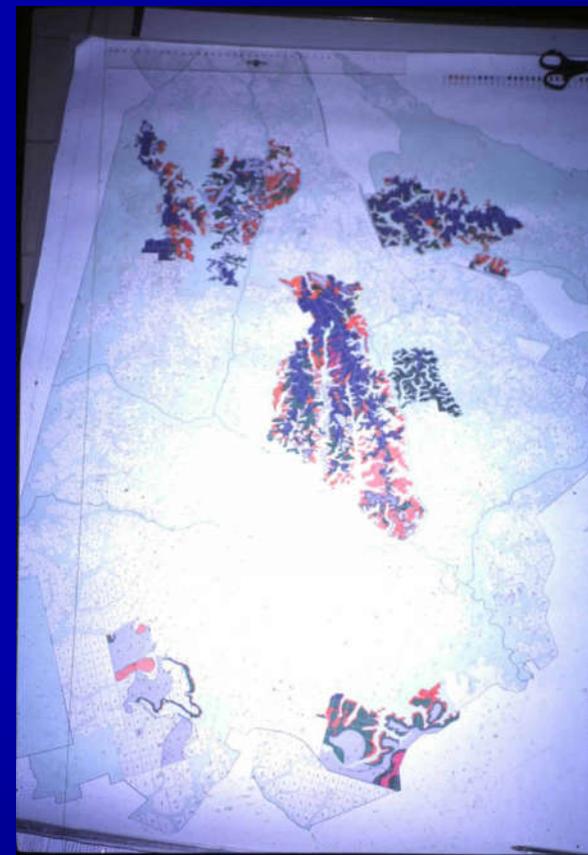
Mapa base original

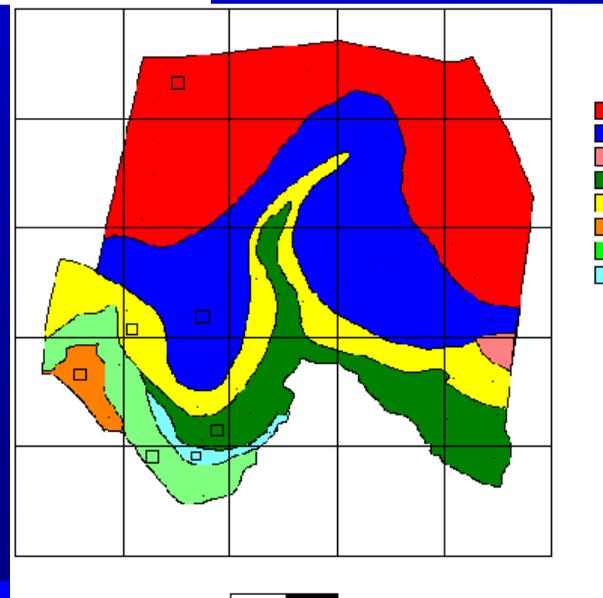
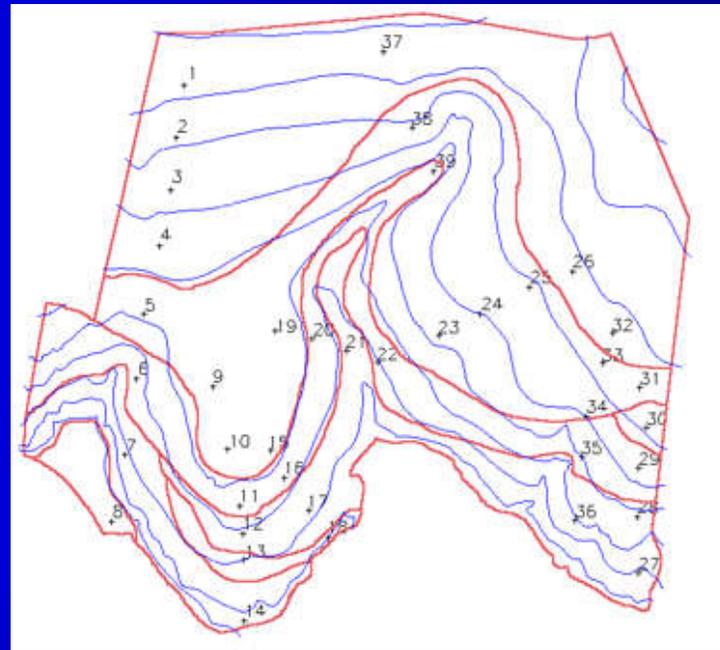
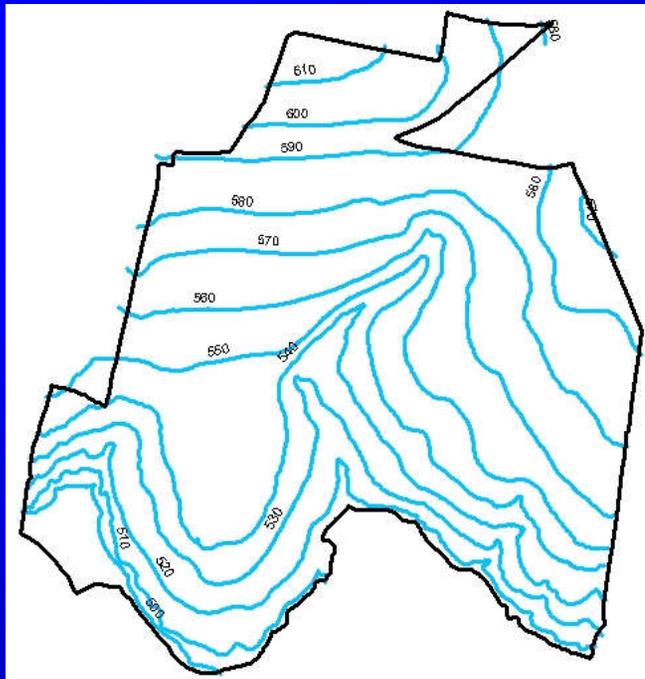


Mapa base com anotacoes de campo



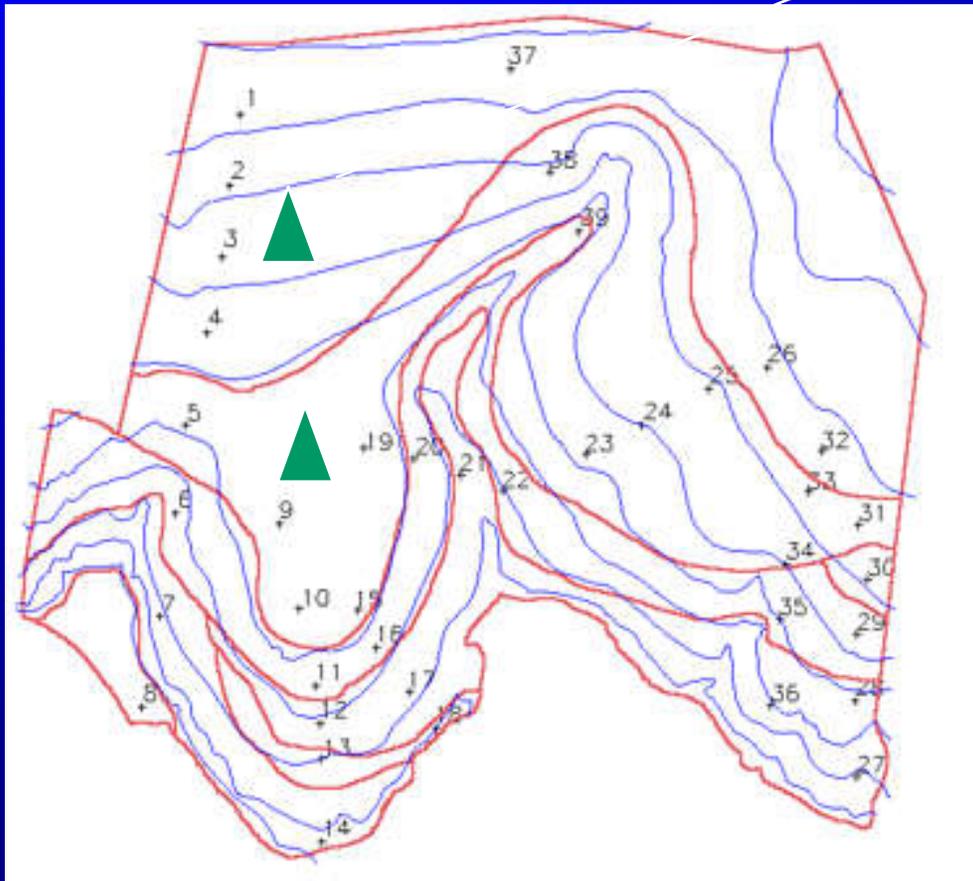
Mapa de solos
Decalcado do mapa base





Demarcação de perfis

No centro da mancha
Da unidade de mapeamento



Análise de perfis



Trena

Nova coleta de amostras por horizontes



Características importantes
A observar nos perfis: classificação e manejo



Cruzamento de Informações



➤ Levantamento Pedológico

- Análises Químicas
- Análises Físicas

➤ Mapas Planialtimétricos

- Carta Clinográfica

➤ Uso atual

- Trabalho de Campo (GPS)
- Fotografias Aéreas
- Imagem Satélite

GEOPROCESSAMENTO



Mapa final e Relatório Descritivo
Opcional: acrescido de recomendações de manejo



Sequência geral na confecção de um mapa de solos





