

JOSE CARLOS DE OLIVEIRA

COMPOSIÇÃO MINERALÓGICA DA FRACÃO GROSSEIRA EM
DOIS PERFIS DE SOLO DO MUNICÍPIO DE LAVRAS - MG

TESE DE MESTRADO

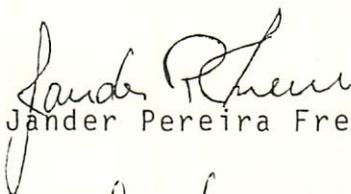
ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA DE LAVRAS

COMPOSIÇÃO MINERALÓGICA DA FRAÇÃO GROSSEIRA EM
DOIS PERFIS DE SOLO DO MUNICÍPIO DE LAVRAS - MG

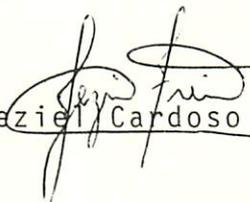
APROVADA:



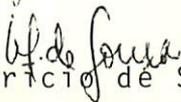
Prof. Victor Gonçalves Bahia
Orientador



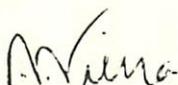
Prof. Jander Pereira Freire



Prof. Jeziel Cardoso Freire



Prof. Maurício de Souza



Prof. Oliveira José Vieira

Aos

meus pais e irmãos,
que muito contribuíram
para a minha formação,

MEU RECONHECIMENTO

À

Minha esposa e amiga, Júlia Maria,
e às minhas filhas, Priscilla e Tatiana,

D E D I C O

AGRADECIMENTOS

Ao Dr. Victor Gonçalves Bahia, pela orientação geral e apoio na realização deste trabalho.

Ao professor Juventino Júlio de Souza, pelo auxílio na classificação dos solos.

À minha esposa Júlia Maria Hassen Santos de Oliveira, pela revisão do texto e pela versão do resumo em inglês.

Ao amigo e professor Paulo Lemos Barbosa, pelo incentivo e confiança em mim depositada, para a realização deste curso de pós-graduação.

Às Escolas Superiores de Agricultura de Lavras(ESAL) e de Alegre (ESAES), pela oportunidade de realização deste curso de pós-graduação.

Aos funcionários do Departamento de Ciências do Solo da ESAL, pelo auxílio prestado na realização deste trabalho.

A todos aqueles que cooperaram, direta ou indiretamente, para a elaboração do presente trabalho.

SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 - Fração grosseira dos solos	3
2.2 - Estabilidade dos minerais	5
2.3 - Minerais pesados na gênese e classificação dos solos	7
2.4 - Arredondamento de minerais	9
2.5 - Pesquisas realizadas no Brasil	11
3. MATERIAL E MÉTODOS	15
3.1 - Material	15
3.1.1 - Solo	15
3.1.1.1 - Características da região	15
3.1.1.2 - Geologia	17
3.1.1.3 - Clima	17
3.1.1.4 - Vegetação	17
3.1.1.5 - Descrição morfológica dos perfis	18
3.1.2 - Peneiras	21
3.1.3 - Instrumental óptico	21
3.1.4 - Reativos	21
3.2 - Métodos	21
3.2.1 - Remoção de sais solúveis	21
3.2.2 - Eliminação da matéria orgânica	22
3.2.3 - Remoção dos óxidos de ferro livres	22
3.2.4 - Complementação da dispersão	23
3.2.5 - Separação da areia do silte e argila	23
3.2.6 - Fracionamento da areia total	23
3.2.7 - Separação das frações leve e pesada	24
3.2.8 - Separação dos minerais magnéticos	24

	Página
3.2.9 - Montagem de lâminas para microscopia	24
3.2.10 - Arredondamento	24
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
4.1 - Análise granulométrica	25
4.2 - Arredondamento	28
4.3 - Composição mineralógica	28
4.3.1 - Fração leve	32
4.3.2 - Fração pesada	32
4.3.2.1 - Minerais opacos	32
4.3.2.2 - Minerais transparentes	35
4.3.2.3 - Descrição e distribuição dos minerais	39
4.4 - Descontinuidades litológicas	40
5. CONCLUSÕES	44
6. RESUMO	46
7. SUMMARY	47
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49
9. APÊNDICE	54

LISTA DE QUADROS

QUADRO		Página
1	Relação dos minerais pesados, segundo suas proveniências	10
2	Características morfológicas do Perfil P ₁	19
3	Características morfológicas do Perfil P ₂	20
4	Resultados da análise mecânica do perfil P ₁	26
5	Resultados da análise mecânica do perfil P ₂	27
6	Arredondamento dos grãos de quartzo da fração areia muito fina do perfil P ₁ . Frequência observada	29
7	Médias ponderadas de arredondamento dos grãos de quartzo da fração areia muito fina, do perfil P ₁	29
8	Arredondamento dos grãos de quartzo da fração areia muito fina do perfil P ₂ . Frequência observada	30
9	Médias ponderadas de arredondamento dos grãos de quartzo da fração areia muito fina, do perfil P ₂	30
10	Porcentagem de minerais leves e pesados na fração areia muito fina do perfil P ₁	33
11	Porcentagem de minerais leves e pesados na fração areia muito fina do perfil P ₂	33

QUADRO		Página
12	Percentagem de minerais magnéticos na fração pesada do perfil P ₁	34
13	Percentagem de minerais magnéticos na fração pesada do perfil P ₂	34
14	Frequência de minerais pesados na fração areia muito fina do perfil P ₁	36
15	Frequência em percentagem de minerais pesados na fração areia muito fina do perfil P ₁	36
16	Frequência de minerais pesados na fração areia muito fina do perfil P ₂	37
17	Frequência em percentagem de minerais pesados na fração areia muito fina do perfil P ₂	37
18	Médias em percentagem de minerais nos perfis	38

LISTA DE FIGURAS

FIGURA		Página
1	Localização do município de Lavras no Estado de Minas Gerais	16
2	Histogramas dos arredondamentos com base nos QUADROS 6 e 7	31
3	Variação do índice $Z/(T+R)$ de acordo com a profundidade para o perfil P_1	41
4	Variação do índice $Z/(T+R)$ de acordo com a profundidade para o perfil P_2	42
5	Variação do índice Z/R de acordo com a profundidade para o perfil P_2	43

APÊNDICE

QUADRO		Página
1	Balanço hídrico do município de Lavras, Minas Gerais	56

FIGURA		
1	Corte esquemático da formação Carandaí, em Pedra do Sino, Minas Gerais	55
2	Balanço hídrico do município de Lavras, Minas Gerais	57

1. INTRODUÇÃO

Após o desenvolvimento do sistema de classificação de solos, introduzidos pelos Estados Unidos da América do Norte, a mineralogia do solo, tanto das frações grosseiras quanto das frações finas, recebeu um considerável avanço.

Mc CRACKEN (29), cita algumas razões para explicar a falta de dados mineralógicos, em estudos de classificação e mesmo de gênese de solos, antes da década de 60:

- a) falta de informação a respeito da natureza cristalina dos minerais;
- b) uma ênfase prévia a respeito das características diferenciais externas antes de serem observadas as propriedades internas do solo, tais como as mineralógicas;
- c) atribuição de maior valor às características morfológicas observadas no campo, excluindo-se as determinações mineralógicas;
- d) falta de informação a respeito de correlação entre as propriedades do solo e as mineralógicas.

Segundo o mesmo autor este estudo é de grande importância para a classificação dos solos.

A maior parte dos pesquisadores, que se dedicam ao estudo da gênese de solos, baseia-se, na sequência de intemperização aplicada aos colóides dos solos e sedimentos, proposta por JACKSON *et alii* (16), com base nos trabalhos de Polinov (1937) e Goldish (1938). No entanto, Hendrick & Newlands (1923, 1925), Hart (1929, a,b) e Smithson (1953), citados por SEALE (38), já reconheciam o valor da técnica do uso de minerais pesados na fração grosseira dos solos e materiais de origem.

O SOIL SURVEY STAFF (42), reconheceu a importância do estudo da composição mineralógica aproximada da fração grosseira, utilizando-a na identificação de certos horizontes diagnósticos.

Apesar da importância do estudo mineralógico dos solos, o estudo da fração grosseira dos mesmos foi relegado a segundo plano, sendo poucos os trabalhos publicados sobre esta fração por pesquisadores brasileiros. Dentre estas podemos citar os de: GIRARDI & MELFI (11); MELFI *et alii* (30); MARCONI (28); LÔBO (26); ROTTA (36); ALMEIDA (1); ALMEIDA & BARBOSA (2) e BAHIA (3 e 4).

No Brasil a maior parte das pesquisas que se tem feito nesta área foi desenvolvida no Estado de São Paulo.

O objetivo deste trabalho foi de identificar a composição mineralógica da fração grosseira, o material de origem, o arredondamento dos grãos de quartzo e verificar a presença de descontinuidade litológica em dois perfis de solo pertencentes: o perfil P₁ ao grande grupo Latossolo Roxo e o Perfil P₂ ao grande grupo Podzólico Vermelho Amarelo, de ocorrência no Município de Lavras, Minas Gerais, contribuindo assim para futuros trabalhos de solos a serem desenvolvidos na região.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 - Fração grosseira dos solos

A finalidade do estudo mineralógico da fração areia dos solos é contribuir para o conhecimento de sua gênese e classificação procurando-se filiar os mesmos às rochas existentes, avaliar a sua reserva potencial em nutrientes e determinar o seu estágio de intemperização.

A composição mineralógica foi reconhecida como de importância no estudo de solos, no início deste século, quando Mc Caughey e Fry (JEFFRIES, 17), em 1913, identificando 34 minerais em solos dos Estados Unidos, concluíram que ela varia com a região de ocorrência dos solos. Desde então e a partir de 1930, grande quantidade de trabalhos tem sido publicado, tanto sobre métodos de estudo como sobre mineralogia de sedimentos propriamente dita.

O SOIL SURVEY STAFF (42), reconheceu a importância do estudo da composição mineralógica aproximada da fração grosseira, utilizando-a na identificação de certos horizontes diagnósticos.

Os minerais são frequentemente classificados em dois grupos; com base nas suas respectivas densidades. Há os denominados minerais leves, que possuem densidade menor que 2,85, e os minerais pesados, cuja densidade é maior que 2,85. As frações ditas leves incluem o quartzo, a calcita, os feldspatos, os minerais de argila e as micas. Estes minerais perfazem mais ou menos 98%

dos sedimentos. Os minerais pesados embora constituam somente 2% da amostra, incluem uma grande variedade de espécies, sendo, por esta razão, mais usados que a fração leve na caracterização particular de um depósito. A maior parte dos minerais pesados são considerados acessórios, segundo LÔBO (26).

HASEMAN & MARSHALL (13), estudando os minerais pesados, julgaram-os de grande importância no reconhecimento da rocha matriz e na avaliação das mudanças que ela pode sofrer durante a formação do solo. Usaram a zirconita e turmalina como indicadores imóveis. Concluíram que a origem de um solo é refletida na espécie e quantidade de minerais pesados presentes. A determinação qualitativa e semi-quantitativa dos mesmos, pode evidenciar a origem de um solo comparando-se com o material de origem. Estes estudos mostram também os fenômenos de descontinuidade litológica a diferentes profundidades. A hornblenda devido a sua distribuição e resistência moderada ao intemperismo é um bom mineral para ser usado na comparação da severidade do intemperismo dos diferentes horizontes de um solo e de solos formados sob condições climáticas diferentes.

JEFFRIES & WHITE (19)¹⁹³⁷, estudando um perfil de solo da Pennsylvania, USA, caracterizaram 19 espécies de minerais pesados, verificando pequenas variações na composição mineralógica dos horizontes, variações estas que diminuíam com a profundidade. Observaram, também, que o número de espécies minerais cresce das frações mais grosseiras para as mais finas.

Arneman *et alii*, citados por BAHIA (3), estudaram em 1958 os minerais pesados de três solos do Estado de Minnesota, USA, com a finalidade de determinar a gênese e caracterizar os horizontes de cada solo. Não encontraram grandes diferenças mineralógicas entre os três solos, atribuindo isto ao fato de serem solos jovens. Encontraram, entretanto, consideráveis variações na frequência de alguns minerais nas diferentes frações granulométricas, como clorita, apatita e zirconita, mais abundante nas frações

mais finas, e leucoxênios e óxidos de ferro nas frações mais grosseiras.

A caracterização mineralógica do resíduo pesado no estudo de sedimentos em geral, é prática antiga e muito difundida atualmente. Em 1937, JEFFRIES (17), estudando a composição mineralógica da fração areia muito fina, de cinco solos do Estado da Pennsylvania, USA, concluiu que os cinco apresentavam aproximadamente os mesmos minerais, diferindo somente em quantidade.

MILNER (31), em 1929 seguido de KRUMBEIN & PETTIJOHN (24), em 1938, publicaram livros destinados ao estudo de sedimentos, dando grande ênfase aos minerais pesados. Estes livros trazem capítulos especiais de descrição de grânulos de minerais em sedimentos, exibindo fotografia e desenho destinados a comparações.

2.2 - Estabilidade dos minerais

A estabilidade dos minerais pesados nos sedimentos é assunto que, ainda hoje, não está bem definido. PETTIJOHN (34), estudando o estado de decomposição dos minerais em sedimentos de várias idades, determinou uma ordem de persistência de minerais, onde zirconita, turmalina, monazita e granada aparecem como de maior estabilidade, seguidos de biotita, apatita, ilmenita, magnetita, estauroлита, cianita e epidoto, enquanto que diopsídio, actinolita e olivina são considerados os mais instáveis. Verifica-se, ainda, que anatásio, muscovita e rutilo são mais frequentes em sedimentos antigos, o que se deve, segundo aquele autor, provavelmente, ao fato de serem minerais autógenos.

SINDOWSKI (39), considera a zirconita, rutilo e turmalina como os minerais de maior estabilidade, seguidos de estauroлита, cianita e hornblenda, enquanto que granada, augita, apatita e olivina são minerais menos estáveis.

Weyl, citado por MARCONI (28), verificou, no que

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

se refere à estabilidade, igual comportamento dos minerais nas rochas e nos solos e sugere uma escala de estabilidade, considerando extremamente estáveis: turmalina, zirconita, rutilo, titanita e magnetita; estáveis: estauroлита, cianita, silimanita e andaluzita; instáveis: olivina, hornblenda e augita.

RUHE (37), com base em trabalhos de outros autores, aplicando o índice de intemperismo determinou diversas correlações entre os perfis de paleossóis da região de Iowa. Com os resultados da análise mineralógica concluiu que o horizonte A_2 é mais intensamente intemperizado que o B_2 e este, por sua vez, mais que o horizonte C.

A aplicação da mineralogia da fração grosseira em solos para finalidades genéticas, pode ser vista nos trabalhos pioneiros de Dryden & Dryden, segundo LÖBÖ (26). Estes autores apresentaram uma sequência de índices de estabilidade de minerais. Assim é que, a zirconita recebe valor 100, a turmalina 80, anfibólitos e hornblenda 5 e piroxênios e hiperstênio, valor 1. Portanto, uma relação de intemperização para os minerais pesados, pode ser determinada a partir de percentagem, por contagem, de zirconita e turmalina sobre a percentagem por contagem, de minerais menos resistentes, anfibólitos e piroxênios.

HUMBERT & MARSHALL (14), utilizaram análise mineralógica de solos e rochas, a fim de estudarem a gênese dos sedimentos e determinarem a extensão do intemperismo e alterações sofridas pelos minerais, desde a deposição. Observaram que, em solos originários de decomposição de granitos e de diabásio, o quartzo mostra ação mais intensa do intemperismo, com o aumento da profundidade, ocorrendo o inverso com os feldspatos. A intemperização de micas, em solos derivados de diabásio, alcança o máximo entre 80 e 120 cm de profundidade.

2.3 - Minerais pesados na gênese e classificação de solos

Hendrick & Newlands (1923, 1925) Hart (1929 a,b) e Smithson (1953), citados por SEALE (38), já reconheciam o valor da técnica do uso de minerais pesados na fração grosseira dos solos e materiais de origem.

A técnica do uso de minerais pesados para caracterização e estudos de correlação e gênese de solos foi usada por muitos autores. Destacam-se os trabalhos de JEFFRIES (17); JEFFRIES & WHITE (19); BUCKMAN & HAM (6); SEALE (38); SMITHSON (40); Hendrick & Newlands, Hart (BAHIA, 3).

BUCKMAN & HAM (6), valeram-se do estudo dos minerais pesados para decidir questões de origem, afetando a classificação de alguns solos de Oklahoma, USA.

JEFFRIES (17, 18) e JEFFRIES & WHITE (19, 20, 21 e 22), estão entre os primeiros nos Estados Unidos a estudarem perfis de solos, com detalhes sobre o ponto de vista mineralógico. Estudaram solos derivados de calcários, dolomitos e folhelhos da parte meridional americana. As frações areia muito fina foram separadas nos grupos dos minerais pesados, grupo de quartzo e grupo dos feldspatos, por meio de uma mistura de bromofórmio com éter de petróleo. Estudos microscópicos e contagem foram feitos nas frações pesadas. Os resultados mineralógicos dos solos estudados foram qualitativamente semelhantes, diferindo apenas quanto à proporção e quantidades totais dos vários minerais. Concluíram pela conveniência de se levar em consideração apenas os minerais pesados predominantes e correlacioná-los segundo as percentagens relativas. A quantidade total seria útil para fins de correlação. Finalmente, por uma comparação dos minerais da fração areia muito fina dos solos, com aqueles das rochas matrizes, os autores constataram que as características mineralógicas de rocha matriz são refletidas no solo.

WATSON (43), estudando uma catena de solos da

Rhodésia Meridional, apontou como características diferenciais indicativas dos minerais de origem, variações na coloração e arredondamento da zirconita.

Dorothy Carrol (1936), citada por BAHIA (3), em um estudo mineralógico dos solos da Austrália Setentrional concluiu que:

- a) o resíduo pesado de um solo dá uma indicação clara da natureza da rocha-mãe;
- b) o valor diagnóstico é aumentado pela quantidade total de minerais pesados, pelas características diagnósticas da espécie mineral, e pela quantidade do material magnético;
- c) um estudo dos minerais pesados do solo pode ser muito útil ao mapeamento geológico.

JACKSON (15), estudando problemas a respeito da identificação do material originário, concluiu que a interpretação deve ser feita baseada nos seguintes fatos: observação do total da quantidade de minerais pesados presentes na amostra do solo e na proporção relativa de cada espécie mineral.

GORBUNOV *et alii* (12), estudando a composição química e mineral de "Terras Vermelhas", em vários materiais de origem concluiu que, para obter mais completa informação e composição mineral do solo e da gênese dos minerais deve-se estudar não apenas a argila, mas também as frações grosseiras e algumas vezes o solo como um todo.

LABENETS (25), estudando a composição química e mineralógica e as propriedades de uma gleba de solos podzólicos, desenvolvidos em rochas de origem de diferentes texturas, encontrou como resultado da análise mineralógica da fração de diâmetro maior do que 0,05 mm, que a maior quantidade de quartzo está localizada de 0-10 cm e de 25-35 cm de profundidade. À uma maior profundidade

a quantidade de quartzo diminui apreciavelmente. Os horizontes iluviais tem maior quantidade de minerais contendo magnésio e ferro (hornblenda, biotita e clorita). Os feldspatos de potássio são mais abundantes de 0 - 10 cm de profundidade, e sua quantidade diminui com o aumento da mesma.

LAKASHEV & ASTAPOVA (27), durante a investigação da composição mineralógica dos horizontes B e C de solos podzólicos turfosos em sedimentos glaciais concluíram:

- a) as frações silte e areia dos sedimentos glaciais são representadas principalmente por quartzo, feldspatos e carbonatos com uma quantidade insignificante de minerais pesados;
- b) o teor de minerais pesados na quantidade de sedimentos é 0,3 a 0,5%. É geralmente 1,5 - 2,0 vezes menor no horizonte iluvial de perfis de solos do que na rocha. Anfibólios, granadas e ilmenitas predominam entre as frações de minerais pesados do sedimento; epidoto, zirconita, rutilo, piroxênios, glauconita, fosfatos (dalita) e carbonatos são encontrados em quantidades menores.

A identificação do provável material de origem dos solos tem sido feita baseada no QUADRO 1, adaptado por PETTIJOHN (35).

2.4 - Arredondamento de minerais

O arredondamento dos grânulos de minerais em sedimentos tem sido estudado desde o fim do século passado quando Daubrée, em 1879 (PETTIJOHN, 35), observou a relação entre o arredondamento e o transporte de minerais em sedimentos.

PETTIJOHN (35), ao lado de figuras de grânulos destinadas à comparação visual, introduziu a seguinte classifica-

QUADRO 1 - Relação dos minerais pesados, segundo suas proveniências

Mineral pesado	Proveniência	Minerais associados
turmalina arredondada	sedimentos retrabalhados.	rutilo, zirconita arredondada
estauroлита	metamorfismo de alto grau: xistos e gnaisses.	moscovita e biotita, espídoto, cianita, andaluzita, magnetita.
zirconita	sedimentos retrabalhados; rochas de alto grau de metamorfismo; rochas ígneas ácidas.	em rochas metamórficas; magnetita, estauroлита, cianita, epídoto, andaluzita, moscovita e biotita.
		em rochas ígneas ácidas; titanita, zirconita, euهدral, magnetita, apatita, biotita e moscovita.
rutilo	sedimentos retrabalhados; rochas ígneas básicas.	ilmenita e magnetita.

1947-1948
1949-1950

1951-1952
1953-1954
1955-1956
1957-1958

1959-1960
1961-1962
1963-1964
1965-1966

1967-1968
1969-1970
1971-1972
1973-1974

1975-1976
1977-1978
1979-1980
1981-1982

1983-1984
1985-1986
1987-1988
1989-1990

1991-1992
1993-1994

1995-1996
1997-1998

1999-2000
2001-2002

2003-2004
2005-2006

2007-2008
2009-2010

2011-2012
2013-2014

ção de arredondamento: grânulo angular (0,00 - 0,15); subangular (0,15 - 0,25); subarredondado (0,25 - 0,40); arredondado (0,40 - 0,60); bem arredondado (0,60 - 1,00).

Wedell, em 1932, citado por MARCONI (28), estudou, pormenorizadamente, a forma dos grânulos de sedimentos, definindo e quantificando esfericidade e arredondamento, demonstrando que são duas variáveis independentes.

KRUMBEIN (23), estudando seixos de calcários, concluiu que o arredondamento aumenta muito rapidamente no início do transporte, até uma distância de duas milhas, caindo muito o ritmo do aumento daí para frente. Verificou que o arredondamento aumenta de 0,13 a 0,55 nas duas primeiras milhas e de 0,55 a 0,64 nas dezoito milhas seguintes.

2.5 - Pesquisas realizadas no Brasil

No Brasil, o estudo de minerais pesados é muito frequente para as rochas sedimentares, porém, sobre mineralogia de solos é relativamente pequeno o número de trabalhos realizados.

GIRARDI & MELFI (11), estudaram a composição mineralógica dos solos da série TAQUARAL na Estação Experimental de Campinas (solos esses provenientes de diabásio e sedimentos glaciais), e constataram a presença de minerais de contribuição de sedimentos glaciais em todos os horizontes até grandes profundidades (Horizonte C) e a existência de gibbsita na fração areia muito grossa pseudomórfica sobre feldspatos. Dentre outras conclusões verificaram que o estudo morfológico de anatásio e epidoto não permitiu conclusões a respeito de sua origem: se autóctone ou proveniente de sedimentos glaciais; já a presença de zircão, monazita, turmalina, silimanita (além de quartzo e opacos arredondados) evidencia a contribuição dos sedimentos glaciais para a formação da série TAQUARAL. A existência de gibbsita pseudomórfica sobre feldspatos sugere transformação direta deste em gibbsita.

MELFI, GIRARDI & MONIZ (30), estudaram seis séries de solos, originários de diabásio e de sedimentos glaciais na região de Campinas, SP. Nos solos derivados de diabásio foi encontrada grande quantidade de minerais pesados, chegando a atingir mais de 50% do total de minerais, constituídos exclusivamente de magnetita e ilmenita. Nos demais solos, a ocorrência de minerais pesados é bastante baixa e, embora predominem os opacos, é generalizada a presença de zirconita, turmalina, silimanita e outros. Com os resultados da composição mineralógica, os autores filiaram as séries de solos às rochas da região.

MARCONI (28), estudando a composição mineralógica e o arredondamento da areia muito fina de seis séries de solos, situados sobre a formação Botucatu, no município de Piracicaba, SP, encontrou entre os minerais pesados, predominância de minerais opacos, estauroлита e turmalina, ocorrendo ainda zirconita em menor quantidade. Separou as séries em dois grupos, com base na composição mineralógica: um com predominância de estauroлитas e outro com predominância de minerais opacos e relativamente baixa ocorrência de estauroлита. Nas seis séries estudadas, não foram notadas diferenças sensíveis na composição mineralógica da fração leve, que é constituída, essencialmente, de quartzo, com pequena ocorrência de ortoclase e microclina.

Os resultados de arredondamento mostram que o quartzo apresenta os mesmos valores, podendo ser considerado mineral arredondado, enquanto zirconita e turmalina ocorrem em grânulos bem arredondados. Os valores obtidos, de um modo geral superiores a 0,50, são altos para os três minerais.

Da interpretação dos resultados pode o autor concluir que tais solos teriam se formado a partir de rochas metamórficas e magmáticas, tendo participado, contudo, de mais de um ciclo de sedimentação.

LÔBO (26), estudando quatro perfis de solos que ocorrem no município de Piracicaba, SP, com a finalidade de cons-

tatar ou não a uniformidade dos perfis através das relações entre os minerais pesados e/ou leves, concluiu:

- a) os dados referentes à análise dos minerais leves, revelaram a presença dominante de quartzo em todos os perfis;
- b) os resultados da análise dos minerais pesados, através da relação zirconita/turmalina, revelaram descontinuidades litológicas em todos os perfis de solos estudados, e que nem sempre as descontinuidades litológicas estavam associadas com a presença de linhas de pedras;
- c) dois dos perfis estudados (P₃ e P₄) sofreram contribuições de origem metamórfica, evidenciada pela presença de estauroлита.

BAHIA (3), estudando dois perfis de solo, da série Morro Azul, de ocorrência no município de Iracemápolis, SP, com a finalidade de identificar o material de origem e verificar a presença de descontinuidade litológica concluiu:

- a) os perfis de solo da série Morro Azul são provavelmente derivados de sedimentos retrabalhados da formação Corumbataí;
- b) os perfis estudados apresentam dois pontos de descontinuidade litológica, indicados pelos índices de intemperismo;
- c) a fração pesada dos dois perfis de solo estudados possui composição mineralógica simples e formada essencialmente pelos minerais estáveis: zirconita, rutilo, turmalina e opacos, com predominância destes últimos. Entre os minerais transparentes, a zirconita foi predominante. A ocorrência de minerais estáveis e a composição mineralógica simples indicam sedimentos mais estáveis.

BAHIA (4), estudando dois perfis de solo de ocorrência no município de Lavras, MG, com a finalidade de determinar o provável material de origem dos mesmos, e de classificá-los a

nível de sub-grupo, de acordo com a 7ª aproximação do SOIL SURVEY STAFF, com base nos resultados obtidos e interpretados, concluiu:

- a) o arredondamento dos grãos de quartzo para os dois perfis estudados podem ser enquadrados como subangulares segundo a classificação de KRUMBEIN (23).
- b) no exame microscópico da fração leve da areia muito fina, do perfil P₁, verificou a ocorrência de quartzo em todos os horizontes. Entre os minerais pesados verificou um domínio total dos opacos. A zirconita e o rutilo ocorrem como únicos minerais transparentes constituintes da fração pesada, embora suas presenças não sejam comuns ao longo do perfil;
- c) no exame microscópico da fração leve da areia muito fina, do perfil P₂, verificou a ocorrência de quartzo em todos os horizontes. Entre os minerais pesados verificou um domínio total dos opacos. A biotita, zirconita e rutilo ocorrem como únicos minerais transparentes, constituintes da fração pesada, embora suas presenças não ocorram em todos os horizontes;
- d) a análise mineralógica da fração grosseira não evidenciou nesses perfis, minerais responsáveis pela fonte de nutrientes para as plantas. Devido à composição mineralógica simples, com predomínio de minerais opacos, tais solos teriam se formado, segundo Pettijohn (1949), a partir de rochas ígneas básicas, o que estaria de acordo com os resultados encontrados no Estado de São Paulo pela COMISSÃO DE SOLOS do C.N.E.P.A. (9).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 - Material

3.1.1 - Solo

Foram utilizadas neste estudo , 12 amostras de dois perfis de solo do município de Lavras, MG, sendo um perfil coletado na área experimental da Escola Superior de Agricultura de Lavras e pertencente ao grande grupo Latossolo Roxo (perfil P₁)* e o outro coletado no distrito de Itirapã e pertencente ao grande grupo Podzólico Vermelho Amarelo (perfil P₂)*.

A localização do Município de Lavras no Estado de Minas Gerais acha-se apresentada na figura 1.

3.1.1.1 - Características da região

A área em estudo localiza-se entre as regiões Sul e Campo das Vertentes, numa faixa delimitada pela latitude em torno de 21°14'06" e longitude em torno de 45°00' com altitude em torno de 918 metros.

* Os solos foram classificados pelo Professor Juventino Júlio de Souza, do Departamento de Ciências do Solo da Escola Superior de Agricultura de Lavras.

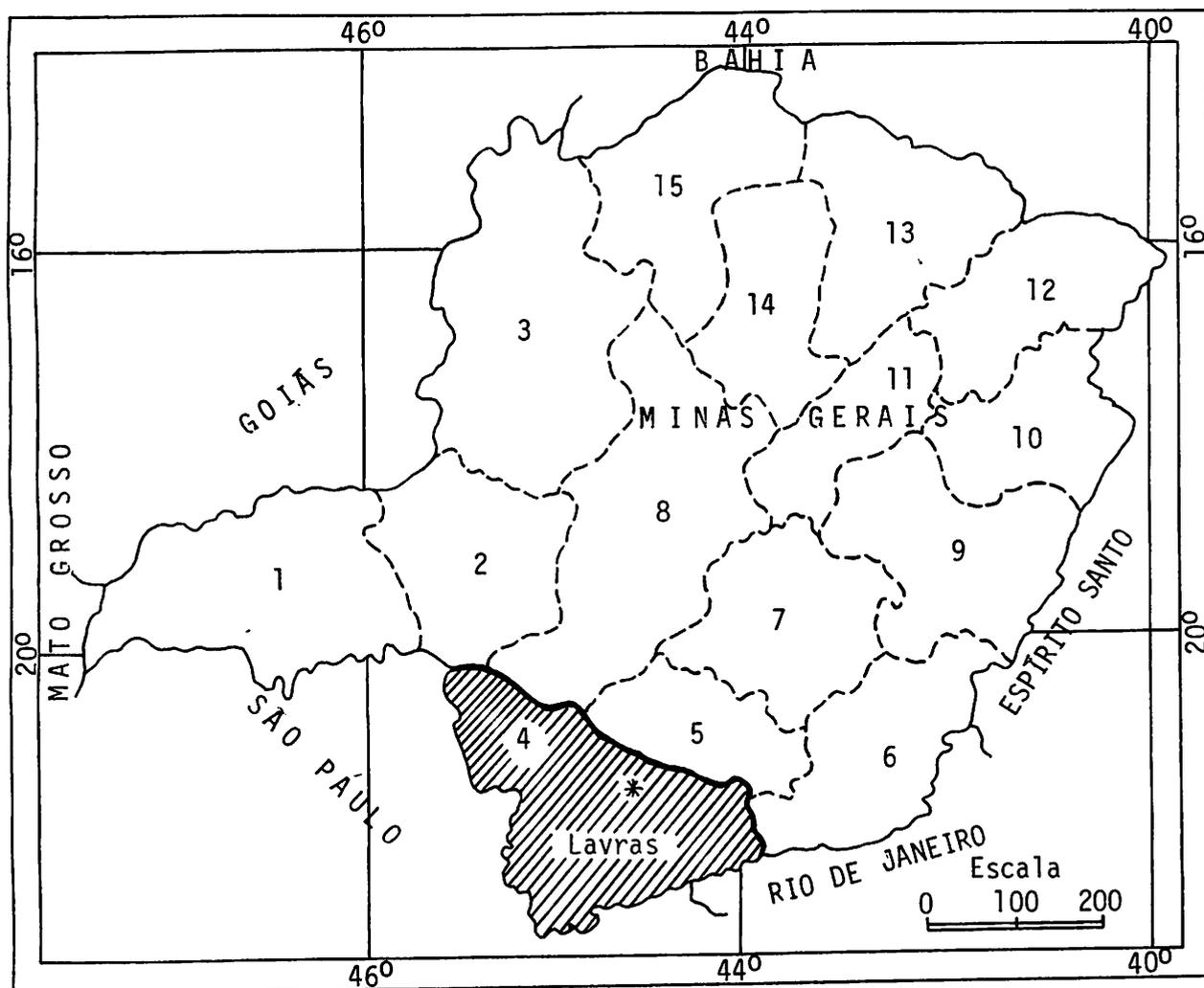


FIGURA 1 - Localização do Município de Lavras no Estado de Minas Gerais.

1. Triângulo; 2. Paranaíba; 3. Paracatú; 4. Sul; 5. Campo das Vertentes; 6. Mata; 7. Metalúrgica; 8. São Francisco; 9. Rio Doce; 10. Mucuri; 11. Alto Jequitinhonha; 12. Médio Jequitinhonha; 13. Itacambira; 14. Montes Claros; 15. Alto Médio São Francisco.

3.1.1.2 - Geologia

A região em estudo situa-se na série Lavras, que pode ser considerada de idade da era paleozóica, no período cambriano. A série designada Lavras por Derby, segundo OLIVEIRA & LEONARDOS (33), recobre grande parte da cordilheira do Espinhaço, nos Estados de Minas Gerais e Bahia. Esta série foi dividida por Leonardos em: formação Sopa, formação Jequitaí-Macaubas e formação Carandaí. O município de Lavras está situado dentro da série Lavras na formação Carandaí.

Com o nome de formação Carandaí, descreveu Leonardos em 1939, uma estreita faixa de sedimentos metamórficos acompanhada pela Estrada de Ferro Central do Brasil de Pedra do Sino a Barbacena e daí pela Estrada de Ferro Oeste de Minas até Lavras. A formação assenta diretamente sobre os gnaisses da Serra da Mantiqueira e tem como membros mais destacados um tilito basal descoberto por Leonardos em Pedra do Sino, mármore cinzentos sacaroides e micaxistos (FIGURA 1 do Apêndice).

3.1.1.3 - Clima

O tipo climático da região, segundo a classificação de Koppen, é Cwb, caracterizado por um total de chuvas no mês mais seco inferior a 13mm, temperatura média do mês mais frio 15,8°C e a do mês mais quente 21,6°C, sendo a temperatura média anual de 19,3°C e a precipitação total anual de 1493 mm. O balanço hídrico revela uma deficiência de água de 73 mm durante o ano, conforme se observa através dos dados do QUADRO 1 e FIGURA 2 do apêndice, tirados de Vilela e Ramalho segundo BAHIA (4).

3.1.1.4 - Vegetação

A vegetação original é representada por campos cerrados e cerradões (mata rala), e sua distribuição está intimamente ligada às condições físicas, fertilidade e água disponível do solo (COLE, 8).

Na região em estudo, o desenvolvimento da vegetação acompanha o dos solos, encontrando-se sobre os solos mais evoluídos, uma vegetação mais densa e de maior porte, enquanto que nos solos pouco desenvolvidos predomina uma vegetação graminóide.

Atualmente a maior parte é reservada para pastagens, culturas de café e milho, horticultura e experimentos de naturezas diversas.

3.1.1.5 - Descrição morfológica dos perfis

PERFIL P₁

Drenagem..... boa
 Deflúvio..... lento
 Erosão..... laminar ligeira
 Relêvo Local..... plano para ligeiramente plano
 Declividade..... 2%
 Forma de Declive..... plano
 Extensão do declive..... longo
 Classificação do perfil..... Latossolo Roxo

PERFIL P₂

Drenagem..... boa
 Deflúvio..... rápido
 Erosão..... voçorocas
 Relêvo Local.....ondulado a forte ondulado
 Declividade..... 10 a 12%
 Forma de declive..... plano
 Extensão do declive..... longo
 Classificação do perfil.... Pdzólico Vermelho Amarelo

As demais características dos perfis encontram-se nos QUADROS 2 e 3, respectivamente.

QUADRO 2 - Características morfológicas do perfil P₁

Horizontes	Profundidade (cm)	Cor Úmida	Classe Textural	Estrutura	Consistência
A ₁₁	0-8	2,5 YR 3/6	Argila	Granular, moderado, média a grande.	Ligeiramente duro, muito friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso.
A ₁₂	8-52	10 R 3/4	Argila	Blocos angulares e sub-angulares, moderado, média a pequena.	Ligeiramente duro, friável, plástico e pegajoso.
A ₃	52-100	2,5 YR 3/6	Argila	Blocos sub-angulares, fraco, média e pequena.	Macio, friável, muito plástico e pegajoso.
B ₂₁	100-215	10 R 3/4	Argila	Blocos angulares e sub-angulares, fraco, média e grande.	Ligeiramente duro, muito friável, plástico e pegajoso.
B ₂₂	215-270	2,5 YR 3/4	Argila	-	-
B ₂₃	270-320+	2,5 YR 3/6	Argila	-	-

QUADRO 3 - Características morfológicas do perfil P₂

Horizontes	Profundidade (cm)	Cor Úmida	Classe Textural	Estrutura	Consistência
A ₁	0-7	7,5 YR 5/4	Argila	Granular, moderada, média a grande.	Ligeiramente duro, friável, muito plástico e pegajoso.
A ₂	7-38	7,5 YR 5/6	Argilo-Arenosa	Granular, moderado, média.	Macio, muito friável, plástico e ligeiramente pegajoso.
B ₂₁ t	38-89	5 YR 5/8	Argila	Blocos angulares e sub-angulares, moderado, média a grande.	Ligeiramente duro, friável, plástico e pegajoso.
B ₂₂ t	89-130	2,5 YR 5/6	Argila	Prismática, moderado, média.	Duro, friável, plástico e muito pegajoso.
B ₃ t	130-250	2,5 YR 5/6	Argila	Prismática, moderado, média.	Duro, muito friável, plástico e pegajoso.
C	250-310+	5 YR 5/8	Franco Argiloso	-	-

Obs.: Presença de cerosidade em grau moderado, moderado e forte nos horizontes B_{21t}, B_{22t} e B_{2t}, respectivamente.

Presença de grande quantidade de cascalho e concreções ferruginosas no horizonte A₂ e pouca quantidade nos horizontes B_{21t}, B_{22t} e B_{3t}.

3.1.2 - Peneiras

Para a análise mecânica da fração areia total, foi usado um jogo de peneiras, de números 18, 35, 60, 140 e 270, de malhas 1000, 500, 250, 105 e 53 microns respectivamente, separando a fração areia, de cada uma das sub-amostras de solo em: muito grossa, grossa, média, fina e muito fina, respectivamente, segundo JACKSON (15).

3.1.3 - Instrumental óptico

Os minerais foram identificados em um microscópio petrográfico, Carl Zeiss, de fabricação germânica. O aumento empregado na contagem e identificação dos grânulos foi de 80 vezes.

3.1.4 - Reativos

Foram utilizados os seguintes reativos:

1. solução de acetato de sódio 1N, ajustada a pH = 5,0
2. peróxido de hidrogênio a 30%
3. solução de citrato de sódio 0,3 M
4. bicarbonato de sódio 1 M
5. ditonito de sódio
6. solução de carbonato de sódio pH = 9,5
7. solução de cloreto de sódio a 5%
8. bromofórmio com densidade 2,87
9. bálsamo do Canadá natural com índice de refração 1,54.

3.2 - Métodos

3.2.1 - Remoção de sais solúveis

Seguiu-se as recomendações de JACKSON (15). Co

locou-se em becker, com capacidade para 1000 ml, 30 gramas de T.F.S.A. de cada uma das amostras de solo, as quais adicionaram-se, aproximadamente, 100 ml da solução normal de acetato de sódio ajustada a pH = 5,0. Aqueceu-se durante 30 minutos em banho-maria, agitando-se de 5 em 5 minutos. O sobrenadante foi sifonado e o material sólido lavado com nova porção de solução de acetato de sódio pH = 5,0, por mais cinco vezes.

3.2.2 - Eliminação da matéria orgânica

Ainda segundo as recomendações de JACKSON (15), juntou-se ao material sólido do solo, agora apresentando reação ácida, 5 ml de H_2O_2 a 30%. Após a diminuição desta reação de oxidação, levou-se a amostra ao banho-maria. Neste o calor novamente intensificou a reação, e mais 5 ml de H_2O_2 a 30% foram adicionados quando a mesma se abrandava. Durante o tratamento os beckers com as amostras foram conservados tampados com vidro de relógio. Novas porções de H_2O_2 a 30% foram adicionadas quando necessárias. Encerrando esta etapa, as amostras foram deixadas a evaporar até uma pasta rala e em seguida lavadas com solução de acetato de sódio ajustada a pH = 5,0.

3.2.3 - Remoção dos óxidos de ferro livres

O método utilizado foi o do ditionito-citrato-bicarbonato de sódio, descrito por Aguilera e Jackson em 1953, citado por BAHIA (3). Adicionou-se ao material sólido do solo 40 ml de solução de citrato de sódio 0,3 M e 5 ml de solução de bicarbonato de sódio 1 M, aquecendo-se a seguir em banho-maria. Finalmente, adicionou-se aproximadamente 1 grama de ditionito de sódio em pó, após o que as amostras foram deixadas a reagir por 15 minutos, a uma temperatura entre 75 e 80°C, seguindo as recomendações dos autores, visto que acima desta temperatura pode ocorrer a precipitação de sulfeto.

Em seguida adicionou-se 600 ml de solução de cloreto de sódio a 5% para promover a floculação. Decorrido 24 ho

ras, o sobrenadante foi sifonado e, ao material sólido do solo, novamente foi adicionado cloreto de sódio, até que o sobrenadante permanecesse incolor.

3.2.4 - Complementação da dispersão

Os materiais sólidos dos solos, nos beakers, foram saturados com íon sódio por tratamento com 200 ml de solução de carbonato de sódio a 2%, agitados e aquecidos em banho-maria - por 30 minutos (JACKSON, 15), após o que o sobrenadante foi decantado. Adicionou-se 500 ml de água destilada e agitou-se, quando então as partículas do material sólido entraram em dispersão. Quando não houve a dispersão, o sobrenadante foi sifonado e o material sólido do solo foi tratado com álcool etílico absoluto, repetindo-se o tratamento com água destilada e agitação.

3.2.5 - Separação da areia do silte e argila

A fração areia total foi separada das frações silte e argila através de um tamis de 53 microns de malha. As partículas retidas no tamis foram lavadas com jatos de acetona e deixadas secar. O tamis foi agitado para deixar passar as partículas menores que 53 microns que haviam sido retidas por tamisagem via úmida.

A fração areia total retida no tamis foi transferida para um papel acetinado e em seguida para um frasco previamente tarado, levada a estufa e deixada secar a uma temperatura de 105 a 110°C até peso constante.

3.2.6 - Fracionamento da areia total

A fração areia total foi separada por peneiramento em cinco classes de tamanho, segundo as recomendações de JEFFRIES (18) em: areia muito grossa, grossa, média, fina e muito fina. Usou-se para tal separação o jogo de peneiras citado no

item 3.1.2.

3.2.7 - Separação das frações leve e pesada

Segundo KRUMBEIN & PETTIJOHN (24), as frações leve e pesada foram separadas em funis separadores, usando-se como líquido pesado o bromofórmio de densidade 2,87. Após a separação, o bromofórmio aderente à superfície dos grãos foi removido por lavagem com álcool etílico.

3.2.8 - Separação dos minerais magnéticos

Os minerais magnéticos foram removidos da fração pesada com o auxílio de um ímã.

3.2.9 - Montagem de lâminas para microscopia

Lâminas permanentes da fração pesada não magnética, para fins de identificação mineralógica quali e quantitativa, e da fração leve, para análise de arredondamento, foram montadas com Bálamo do Canadá natural de índice de refração 1,54, sobre lâminas de microscopia de 46 x 26 mm.

3.2.10 - Arredondamento

Adotou-se a técnica de comparação visual segundo Russel, Taylor e Pettijohn, citada por MULLER (32).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este capítulo foi dividido em dois itens. O primeiro diz respeito à análise mecânica da areia total e o segundo à análise mineralógica da fração areia muito fina, para os minerais leves e pesados, correspondentes aos perfis P_1 e P_2 , respectivamente.

4.1 - Análise granulométrica

Os QUADROS 4 e 5 mostram as percentagens das frações argila, limo e areia total e as sub-frações areia dos perfis estudados, segundo intervalos granulométricos recomendados pelo USDA, relacionados com os horizontes e profundidades. Observa-se que nos perfis acima mencionados a fração areia dominante ou "moda" é representada pela fração areia muito fina para o perfil P_1 e pela fração areia fina para o perfil P_2 .

Os resultados do perfil P_1 , concordam com BAHIA (3, 4) que estudando solos dos municípios de Iracemápolis, SP, e Lavras, MG, encontrou também como classe dominante ou "moda" a sub-fração areia muito fina e com LÔBO (26), para solos do município de Piracicaba, SP. Já os resultados obtidos para o perfil P_2 discordam dos encontrados pelos referidos autores.

Analisando os resultados obtidos na análise mecânica da areia total do perfil P_1 , verifica-se uma uniformidade dos dados, não evidenciando descontinuidade litológica. Esses resultados estão de acordo com os obtidos por BAHIA (4) para solos do mesmo município.

QUADRO 4 - Resultado da análise mecânica do perfil P₁ (valor em %)

Horizonte	Profundidade (cm)	Argila	Limo	Areias	Granulometria da Areia (mm)				
					2 - 1	1 - 0,5	0,5 - 0,25	0,25 - 0,105	0,105 - 0,053
A ₁₁	0 - 8	69,0	12,4	5,93	0,46	0,66	0,86	2,39	1,56
A ₁₂	8 - 52	81,0	8,4	4,96	0,10	0,33	0,50	2,03	2,00
A ₃	52 - 100	80,0	8,4	4,50	0,10	0,33	0,50	1,70	1,87
B ₂₁	100 - 215	76,0	12,4	4,86	0,10	0,30	0,43	1,86	2,17
B ₂₂	215 - 270	77,0	9,4	5,20	0,16	0,26	0,43	1,93	2,43
B ₂₃	270 - 320+	78,0	11,4	5,40	0,06	0,23	0,40	2,00	2,71

QUADRO 5 - Resultados da análise mecânica do perfil P₂ (valor em %)

Horizonte	Profundidade (cm)	Argila	Limo	Areias	Granulometria da Areia (mm)				
					2 - 1	1 - 0,5	0,5 - 0,25	0,25 - 0,105	0 - 105 - 0,053
A ₁	0 - 7	55,0	4,4	27,43	0,46	1,16	2,80	14,25	8,76
A ₂	7 - 38	45,0	5,4	40,73	2,33	1,93	4,60	23,01	8,86
B _{21t}	38 - 89	63,0	6,4	23,36	0,56	0,96	2,56	12,35	6,93
B _{22t}	89 - 130	64,0	9,4	22,26	0,90	1,56	2,76	11,11	5,93
B _{3t}	130 - 250	57,0	15,4	22,28	1,20	1,76	3,00	10,36	5,96
C	250 - 310+	29,0	39,4	27,36	0,30	1,66	5,30	13,34	6,76

Já para o perfil P₂ a análise granulométrica da areia total apresenta variações bruscas, variações estas que indicam prováveis descontinuidades litológicas, às profundidades de 7 a 38 cm, o que estaria de acordo com o SOIL SURVEY STAFF (41) e FOSS & RUST (10). Entretanto, LÔBO (26) afirma que a descrição morfológica deve ser completada em laboratório, por meio de análises especiais, pois nem sempre a análise mecânica da areia total pode nos indicar uma descontinuidade litológica. Resultados semelhantes e comprovados através dos índices de intemperismo foram encontrados por BAHIA (3), para solos do município de Iracemápolis, SP.

4.2 - Arredondamento

Os valores médios para os perfis, com base na classificação de Russel, Taylor e Pettijohn (MILLER, 32), permitem colocá-los nas classes subangular e subarredondado para os perfis P₁ e P₂ respectivamente. As médias de distribuição de arredondamento acham-se representadas nos histogramas da FIGURA 2.

Os índices de arredondamento encontrados foram inferiores àqueles obtidos por MARCONI (28), em solos derivados de sedimentos eólicos, quando o valor médio encontrado foi de 0,54. CARVALHO (7) encontrou, para a fração areia fina, índices de arredondamento variando em torno de 0,6 a 0,7. BAHIA (3), estudando solos da região de Iracemápolis, encontrou para a fração areia muito fina índices médios de arredondamento de 0,42 a 0,47 para os perfis estudados.

Os resultados encontrados no presente trabalho, são semelhantes aos encontrados por BAHIA (4), em solos classificados como Latossolo Roxo, no município de Lavras, MG, cujos valores foram de 0,23 e 0,27 para os perfis estudados.

4.3 - Composição mineralógica

Os QUADROS 10 e 11 dão as percentagens de minerais le-

QUADRO 6 - Arredondamento dos grãos de quartzo da fração areia muito fina do perfil P₁. Frequências observadas.

Horizontes	Grau de arredondamento					Total
	0,1	0,3	0,5	0,7	0,9	
A ₁₁	22	18	9	1	-	50
A ₁₂	18	25	7	-	-	50
A ₃	25	20	5	-	-	50
B ₂₁	24	22	3	1	-	50
B ₂₂	22	25	3	-	-	50
B ₂₃	23	15	10	2	-	50
Total	134	125	37	4	-	300

QUADRO 7 - Médias ponderadas de arredondamento dos grãos de quartzo da fração areia muito fina, do perfil P₁.

Horizontes	Médias
A ₁₁	0,26
A ₁₂	0,26
A ₃	0,22
B ₂₁	0,22
B ₂₂	0,22
B ₂₃	0,26
Média do Perfil	0,24

QUADRO 8 - Arredondamento dos grãos de quartzo da fração areia muito fina do perfil P₂. Frequências observadas.

Horizontes	Grau de arredondamento					Total
	0,1	0,3	0,5	0,7	0,9	
A ₁	22	20	8	-	-	50
A ₂	19	16	9	5	1	50
B _{21t}	18	21	8	3	-	50
B _{22t}	16	22	10	2	-	50
B _{3t}	22	17	9	2	-	50
C	20	19	8	3	-	50
Total	117	115	52	15	1	300

QUADRO 9 - Médias ponderadas de arredondamento dos grãos de quartzo da fração areia muito fina, do perfil P₂.

Horizontes	Médias
A ₁	0,24
A ₂	0,31
B _{21t}	0,28
B _{22t}	0,29
B ₃	0,26
C	0,28
Média do perfil	0,28

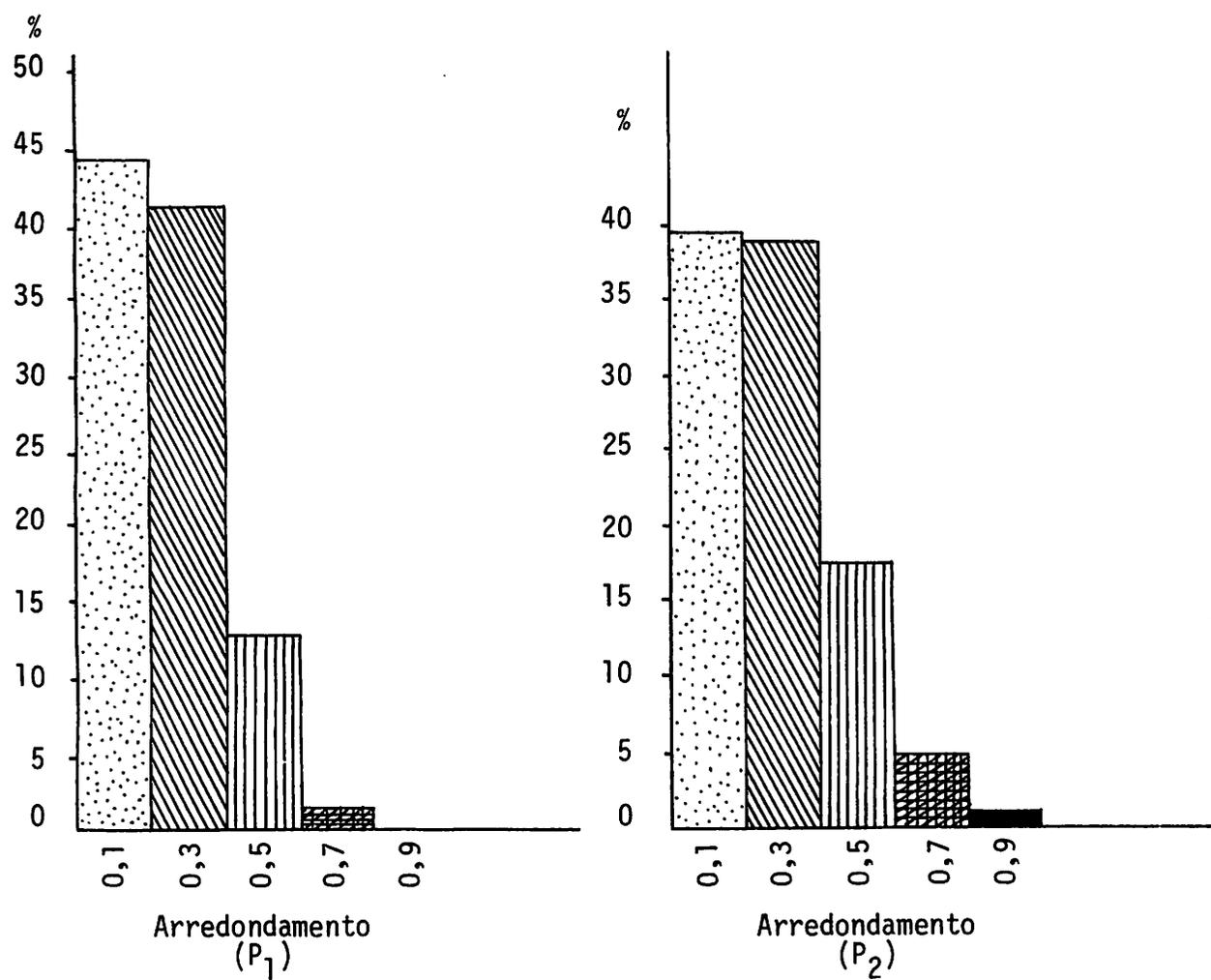


FIGURA 2 - Histogramas dos arredondamentos com base nos QUADROS 6 e 7.

ves e pesados da fração areia muito fina e os QUADROS 12 e 13 as percentagens dos minerais magnéticos da fração pesada dos perfis estudados.

Os valores obtidos discordam daqueles encontrados por MARCONI (28), que estudando solos situados sobre as formações Botucatu, no município de Piracicaba, SP, constatou serem eles muito pobres em minerais pesados, com quantidades geralmente inferiores a 0,2%.

Os valores encontrados neste trabalho discordam dos encontrados por BAHIA (4), trabalhando em solos classificados como Latossolo Roxo no município de Lavras, MG.

4.3.1 - Fração leve

No exame microscópico foi verificado a presença de quartzo em todos os horizontes como mineral predominante. A ocorrência, em algumas lâminas, de pequena percentagem de aglomerados de material muito fino, principalmente na fração areia muito fina, verificada por alguns autores, não foi observada, o que era de se esperar, diante dos tratamentos preliminares de dispersão. A ocorrência na maioria das vezes, de películas avermelhadas envolvendo grãos de quartzo (CARVALHO, 7), também não foi observada, comprovando ter sido eficiente o tratamento preliminar das amostras pelo método ditonito-citrato-bicarbonato.

4.3.2 - Fração pesada

4.3.2.1 - Minerais opacos

Os minerais opacos, devido as dificuldades apresentadas para a caracterização, foram contados em conjunto. No perfil P₁ chegam a atingir, em alguns horizontes, mais de 90% do total de minerais pesados, sendo também abundantes no perfil P₂. Há grande predominância de magnetita e ilmenita, geral

QUADRO 10 - Percentagem de minerais leves e pesados na fração areia muito fina do perfil P₁.

Fração	Horizontes					
	A ₁₁	A ₁₂	A ₃	B ₂₁	B ₂₂	B ₂₃
Leve	53,19	46,67	43,10	54,41	43,42	48,10
Pesada	46,81	53,33	56,90	45,59	56,58	51,90

QUADRO 11 - Percentagem de minerais leves e pesados na fração areia muito fina do perfil P₂.

Fração	Horizontes					
	A ₁	A ₂	B _{21t}	B _{22t}	B _{3t}	C
Leve	95,44	95,11	88,94	94,94	95,53	95,57
Pesada	4,56	4,89	11,06	5,06	4,47	4,43

QUADRO 12 - Percentagem de minerais magnéticos na fração pesada do perfil P₁.

Fração Pesada	Horizontes					
	A ₁₁	A ₁₂	A ₃	B ₂₁	B ₂₂	B ₂₃
Minerais Magnéticos	12,39	10,31	9,50	9,76	7,52	7,18

QUADRO 13 - Percentagem de minerais magnéticos na fração pesada do perfil P₂.

Fração Pesada	Horizontes					
	A ₁	A ₂	B _{21t}	B _{22t}	B _{3t}	C
Minerais Magnéticos	4,25	3,12	1,00	2,00	2,00	0,40

mente com bom grau de arredondamento.

4.3.2.2 - Minerais transparentes

As composições quali e quantitativas dos minerais pesados nesta granulação, estão apresentadas nos QUADROS 14, 15, 16 e 17. Os minerais identificados foram zirconita, turmalina, rutilo e estauroлита, além dos opacos que não foram contados, mas que correspondem para perfil P₁ mais de 90% dos minerais pesados e para o perfil P₂ mais de 50%.

O QUADRO 18 contém a percentagem média dos minerais no perfil, mostrando que entre os minerais identificados a zirconita ocorre sempre em maior quantidade, com teores médios de 53,76 e 87,85% para os perfis P₁ e P₂ respectivamente, vindo em seguida a turmalina, rutilo e estauroлита.

MARCONI (28) e BJORNBERG (5), trabalhando com solos, que se situam sobre a formação Botucatu, concluíram que a zirconita ocorre sempre em menor quantidade, com teores entre 3 e 6% nos perfis Cruz Alta, Ibitiruna, Paredão Vermelho e Ribeirão Claro, atingindo aproximadamente 8% nos perfis Anhumas e Saltinho. Estes mesmos autores encontraram estauroлита e turmalina como minerais dominantes para os solos estudados.

BAHIA (3), trabalhando com solos do município de Iracemápolis, encontrou a zirconita como mineral dominante com teores médios nos perfis de 80,73 a 79,93% para os perfis P₁ e P₂ respectivamente, do total de minerais pesados, não contando porém os minerais opacos. Encontrou um máximo de 7% de estauroлита no horizonte B₂₂ do perfil P₂.

O mesmo autor, em 1975, estudando solo classificado como Latossolo Roxo no município de Lavras, MG, encontrou como minerais dominantes a zirconita, rutilo e estauroлита, não indicando porém as quantidades.

QUADRO 14 - Frequência de minerais pesados na fração areia muito fina do Perfil P₁

Minerais	Horizontes						Total
	A ₁₁	A ₁₂	A ₃	B ₂₁	B ₂₂	B ₂₃	
Zirconita	7	8	7	7	10	11	50
Turmalina	4	1	3	5	3	5	21
Rutilo	-	5	4	4	2	6	21
Estaurolita	-	-	-	-	-	1	1
Total de grãos	11	14	14	16	15	23	93

QUADRO 15 - Frequência em porcentagem de minerais pesados na fração areia muito fina do perfil P₁.

Minerais	Horizontes					
	A ₁₁	A ₁₂	A ₃	B ₂₁	B ₂₂	B ₂₃
Zirconita	63,63	57,14	50,00	43,75	66,66	47,82
Turmalina	36,36	7,14	21,42	31,25	20,00	21,73
Rutilo	-	35,71	28,57	25,00	13,33	26,08
Estaurolita	-	-	-	-	-	4,34

QUADRO 16 - Frequência de minerais pesados na fração areia muito fina do Perfil P₂.

Minerais	Horizontes						Total
	A ₁	A ₂	B _{21t}	B _{22t}	B _{3t}	C	
Zirconita	288	216	293	222	143	212	1374
Turmalina	7	9	6	14	14	4	54
Rutilo	25	29	19	26	1	32	132
Estauroлита	1	2	-	1	-	-	4
Total de grãos	321	256	318	263	158	248	1564

QUADRO 17 - Frequência em porcentagem de minerais pesados na fração areia muito fina do perfil P₂.

Minerais	Horizontes					
	A ₁	A ₂	B _{21t}	B _{22t}	B _{3t}	C
Zirconita	89,71	84,37	92,13	84,41	90,50	85,48
Turmalina	2,18	3,51	1,88	5,32	8,86	1,61
Rutilo	7,78	11,32	5,97	9,88	0,63	12,90
Estauroлита	0,31	0,78	-	0,38	-	-

QUADRO 18 - Médias em percentagem de minerais nos perfis.

Minerais	Perfil P ₁	Perfil P ₂
Zirconita	53,76	87,85
Turmalina	22,58	3,45
Rutilo	22,58	8,43
Estaurolita	1,07	0,25

4.3.2.3 - Descrição e distribuição dos minerais

Zirconita - como se observa no QUADRO 18, a proporção de zirconita foi relativamente elevada, e comum aos dois perfis, e em todos os horizontes dos mesmos, constituindo em média 53,76% (P_1) e 87,85% (P_2) dos minerais pesados identificados para os dois perfis. Ocorreu em várias formas, desde angulares até arredondada, e embora a maioria dos grãos fossem claros, alguns apresentaram-se embaçados.

Turmalina - é um mineral comum aos dois perfis, e encontrado em todos os horizontes dos mesmos constituindo em média 22,58% e 3,45% dos minerais pesados identificados para os perfis P_1 e P_2 , respectivamente.

Quanto à forma é quase geral a ocorrência de grãos prismáticos. As cores predominantes foram verde e parda, tendo sido identificadas poucas rosas, com pleocroísmo acentuado.

Rutilo - com exceção do horizonte A_{11} do perfil P_1 , ocorreu em todos os outros horizontes dos dois perfis. Constitui em média 22,58% e 8,43% dos minerais pesados identificados para os perfis P_1 e P_2 , respectivamente. Ocorreu geralmente como grãos com alto grau de arredondamento, nas cores amarelo e amarelo alaranjado, vermelho e vermelho escuro. Em luz refletida apresentou-se com brilho adamantino e coloração avermelhada. Grãos com estas características são típicos de rochas metamórficas (MILNER, 31).

Estauroлита - embora tenha sido encontrada nos dois perfis não foi comum em todos os horizontes. No perfil P_1 foi encontrada somente na camada B_{23} e no Perfil P_2 nos horizontes A_1 , A_2 e B_{22t} . Constituiu em média 1,07% e 0,25% dos minerais pesados identificados para os perfis P_1 e P_2 respectiva-

mente. Ocorreu geralmente como grãos arredondados ou subangulares e irregulares.

4.4 - Descontinuidades litológicas

As FIGURAS 3 e 4 mostram as variações com a profundidade, do índice $Z/(T + R)$ para os perfis P_1 e P_2 , respectivamente. Para o perfil P_1 a curva teve uma tendência normal não evidenciando nenhuma descontinuidade litológica. Para o Perfil P_2 podemos observar que estes índices atingem dois pontos máximos nos horizontes A_2 e B_{3t} .

Os pontos mínimos nos horizontes A_1 , B_{22t} e C sugerem a ocorrência de outros pontos de descontinuidade litológica.

A FIGURA 5, para o Perfil P_2 (índice Z/R), parece confirmar tal hipótese, que se alicerça em afirmações de Brewer (1964), citado por BAHIA (3), e que estaria de acordo com LÔBO (26); BAHIA (3) e com o SOIL SURVEY STAFF (42).

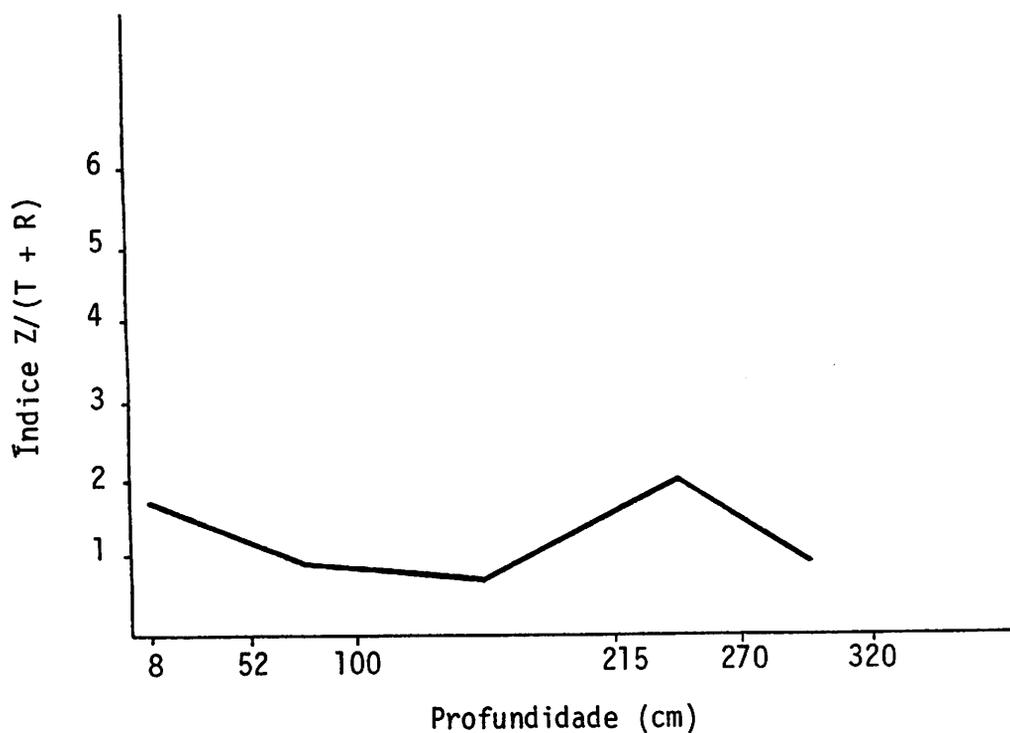


FIGURA 3 - Variação do índice $Z/(T + R)$ de acordo com a profundidade para o perfil P₁. (Z = zirconita; T = turmalina e R = rutilo) baseada nos dados do QUADRO 14.

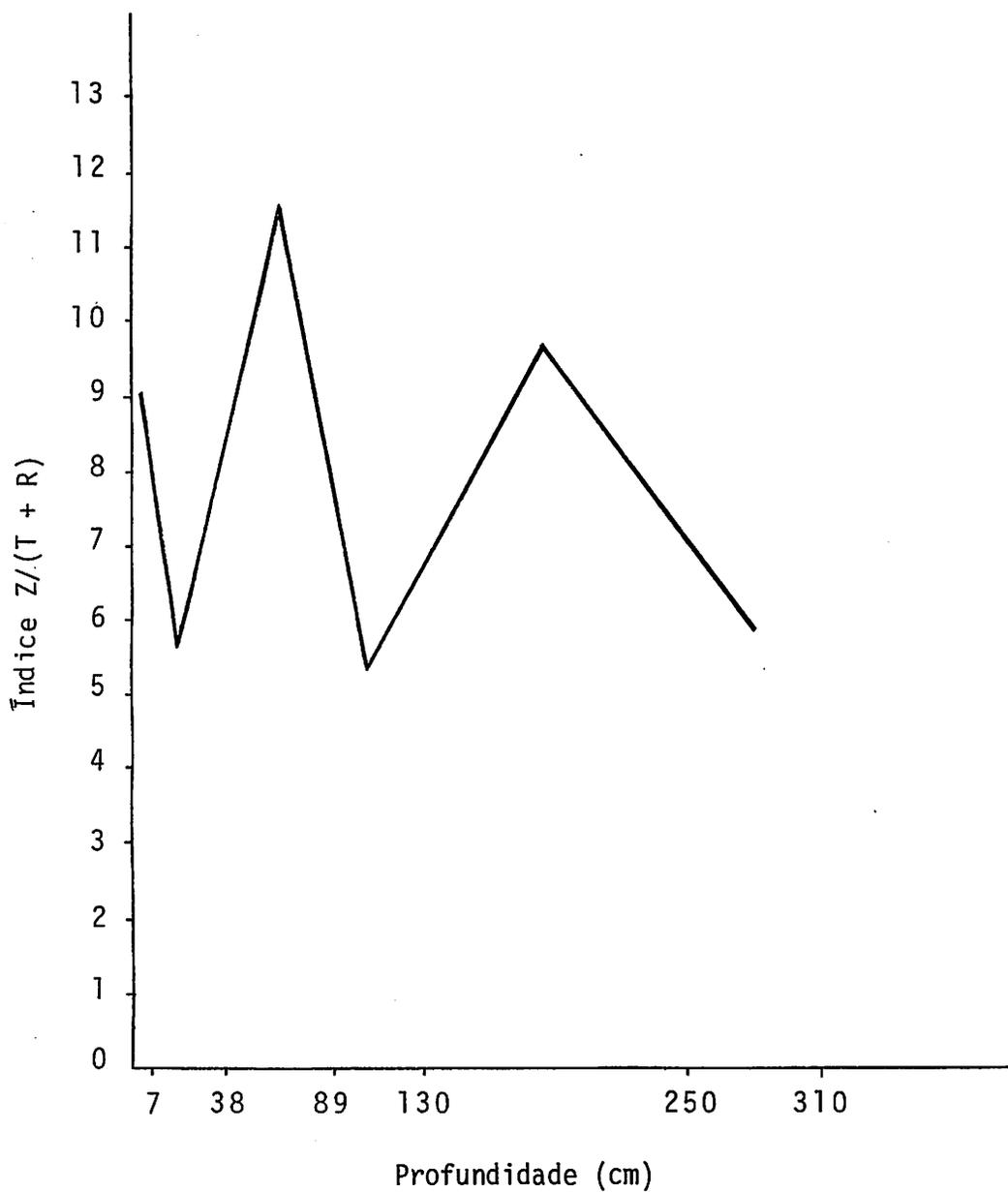


FIGURA 4 - Variação do índice $Z/(T + R)$ de acordo com a profundidade para o perfil P_2 . (Z = zirconita; T = turmalina e R = rutilo), baseada nos dados do QUADRO 16.

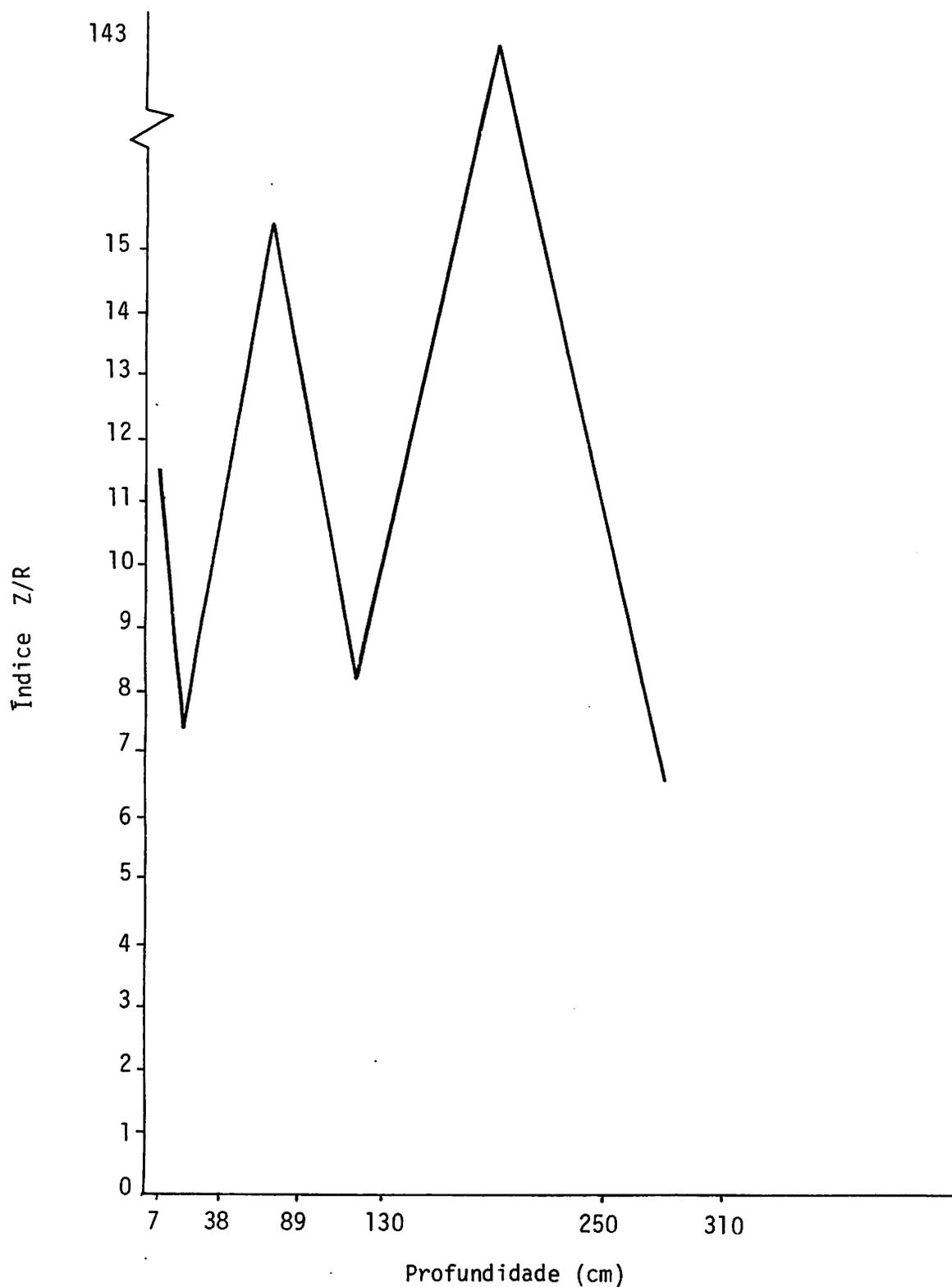


FIGURA 5 - Variação do índice Z/R de acordo com a profundidade para o perfil P₂. (Z = zirconita e R = rutilo), baseada nos dados do QUADRO 16.

5. CONCLUSÕES

- 5.1 - Com a análise mineralógica da fração areia total, constatou-se que os solos estudados são muito ricos em minerais pesados com quantidades mínima e máxima de 4,43 e 56,90%, respectivamente, para os perfis estudados. A fração pesada dos dois perfis estudados possui composição mineralógica simples e formada essencialmente pelos minerais estáveis: zirconita, turmalina, rutílo, estauroлита e opacos, com predominância destes últimos. Entre os minerais transparentes a zirconita foi o mineral dominante chegando a atingir um teor médio no perfil P_1 de 53,76% e no perfil P_2 de 87,85%.
- 5.2 - Os índices de arredondamento encontrados para os grãos de quartzo foram de 0,24 e 0,28, para os perfis P_1 e P_2 respectivamente, o que nos permite colocá-los nas classes subangular e subarredondado.
- 5.3 - A mudança brusca do teor de areia verificada no horizonte A_2 do Perfil P_2 , o grau de arredondamento dos grãos de quartzo e os pontos mínimos nas relações $Z/(T + R)$ e Z/R , comprovam a existência de descontinuidades litológicas neste perfil não associadas a linha de seixos.

5.4 - O material de origem dos solos em estudo formou-se à custa de rochas ígneas básicas (presença de ilmenita e magnetita) com contribuições de rochas de alto grau de metamorfismo, dada a presença de minerais como rutilo e estauroлита para o perfil P₁ e rochas ígneas ácidas (evidenciadas pela presença de zirconita) para o perfil P₂.

6. RESUMO

O propósito deste trabalho foi de identificar a composição mineralógica da fração grosseira, o material de origem, determinar o grau de arredondamento dos grãos de quartzo e verificar a presença de descontinuidade litológica de dois perfis de solos pertencentes: o perfil P_1 ao grande grupo Latossolo Roxo e o perfil P_2 ao grande grupo Podzólico Vermelho Amarelo de ocorrência no município de Lavras, MG. Para tanto, as amostras dos perfis foram submetidas aos tratamentos comumente utilizados em estudos desta natureza.

Os resultados obtidos permitiram as seguintes conclusões:

1) a fração pesada dos dois perfis estudados possui composição mineralógica simples e formada essencialmente pelos minerais estáveis: zirconita, turmalina, rutilo, estauroлита e opacos, com predominância destes últimos;

2) o material de origem dos solos em estudo formou-se às custas de rochas ígneas básicas e ácidas com contribuições de rochas de alto grau de metamorfismo;

3) os índices de arredondamento encontrados para os grãos de quartzo foram de 0,24 e 0,28 para os perfis P_1 e P_2 , o que nos permite colocá-los nas classes subangular e subarredondado, respectivamente;

4) o perfil P_2 apresenta no horizonte A_2 uma descontinuidade litológica não associada a linha de seixos.

7. SUMMARY

Mineralogical composition of the coarse fraction in two soil profiles in Lavras, State of Minas Gerais

This study was conducted to identify the coarse fraction, the present material, determine the grade of the roundness of quartz grains and verify the presence of lithological discontinuity in two soil profiles: Dusky Red Latosol (profile 1) and Red-Yellow Podzolic (profile 2) occurring in Lavras, State of Minas Gerais. For that profiles samples were under the common work methods used in studies of that kind.

The results obtained led to the following conclusions:

1) the heavy fraction of the two profiles studied has simple mineralogical composition that is basically formed by stable minerals: zirconite, turmaline, rutile, staurolite and opaques which are the dominants;

2) the parent material of the soils studied was derived from igneous basic and acid rocks with contributions of rocks with high degree of metamorphism;

3) the results of roundness obtained for quartz grains were 0,24 and 0,28 for profile 1 and profile 2 that permitted

us to classify them as sub-angular and sub-rounded respectively;

4) the profile 2 presents in the A₂ horizon a lithological discontinuity without association to stone lines.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALMEIDA, F.F.M. Botucatu, um deserto triássico da América do Sul. Div. Geol. Min. D.N.P.M. - M.A. nº 86. Rio de Janeiro, Gb. 1953. 21pp.
2. ALMEIDA, F.F.M. e BARBOSA, O. Geologia das quadrículas de Piracicaba e Rio Claro, São Paulo. D.G.M. - D.N.P.M. - Bol. 143. 1953.
3. BAHIA, V.G. Contribuição ao estudo da mineralogia de um latossolo vermelho-amarelo - fase arenosa do município de Iracemápolis. Dissertação de Mestrado. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz", 1973. 75p.
4. BAHIA, V.G. Gênese e classificação de um solo do município de Lavras-MG. Tese de Doutorado. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz". 1975. 67p.
5. BJORNBERG, A.J.S. Sedimento pós-cretácicos do Leste do Estado de São Paulo. Tese apresentada no Concurso de Livre Docência da Esc. Eng. de São Carlos - USP. 1965. - 133pp. (mimeografado).

6. BUCKMAN, W.H. and HAM, W.E. Preliminary investigations of heavy mineral criteria as an aid in the identification of certain soils in Oklahoma. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 1941. 6:63-67.
7. CARVALHO, A.M.V. Contribuição ao estudo petrográfico do Arenito Botucatu no Estado de São Paulo. Bol. Soc. Bras. Geol. 1954. 3(1):51-72.
8. COLE, M.M. Cerrado, Caatinga and Pantanal: The distribution and origin of the Savanna vegetation of Brazil. The Geographical Journal. 1960. 126:168-179.
9. COMISSÃO DE SOLOS DO C.N.E.P.A. Levantamento de Reconhecimento dos Solos da região sob influência do reservatório de Furnas. Bol. Serv. Nac. Pesq. Agr. 12. 1962. 462pp.
10. FOSS, J.E. and RUST, R.H. Soil genesis study of lithologic discontinuity in glacial drift in western Wisconsin. - Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 1968. 321:394-396.
11. GIRARDI, V.A.V. e MELFI, A.J. Mineralogia dos Solos da Série Taquaral na Estação Experimental "Theodoreto de Camargo". Bragantia, Campinas. 1963. 22:139-148.
12. GOORBUNOV, N.I. et alii. Mineral and chemical composition of red earths on various parent materials. Soviet Soil Sci. nov. 1975. 7(1):108-116.
13. HASEMAN, J.F. and MARSHALL, C.E. The use of heavy minerals in studies of the origin and development of soils. Mo. Agric. Exp. Sta. Res. Bul. 387. 1945. 75pp.
14. HUMBERT, R.P. & MARSHALL, C.E. Mineralogical and chemical studies of soils formation from acid and basic rocks in Missouri. Mo. Agric. Exp. Sta. Res. Bul. 359. 1943. 60pp.

15. JACKSON, M.L. Soil chemical analysis. Advanced Course. Pub. by the author. Dept. of Soils. Univ. of Wisconsin, Madison. Wisconsin, USA. 1956. (mimeografado).
16. _____ et alii. Weathering sequence of clay size minerals in soils and sediments. I: Fundamental generalization. Jour. of Phys. and Colloid Chemistry. 1948. 52:1237-1260.
17. JEFFRIES, C.D. The mineralogical composition of the very fine sands of some Pennsylvanian soils. Soil Sci. 1937. 43:357-366.
18. _____. A method of preparing soils for petrographic analysis. Soil Sci. 1941. 52:451-454.
19. JEFFRIES, C.D. and WHITE, J.W. Some mineralogical and chemical characteristics of a Hagerstown soil profile. Soil. Sci. Soc. Amer. Proc. 1937. 2:133-141.
20. _____. Variations in the composition of feldspar from a Hagerstown soil profile. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 1938. 3:26-31.
21. _____. Mineralogical soil analysis as an aid in soil classification. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 1939. 4:364-367.
22. _____. Some mineralogical characteristic of limestone soils of different localities. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 1940. 5:304-308.
23. KRUMBEIN, W.C. The effects of abrasion on the size shape and roundness of rock fragments. Jour. Geol. 1941. 49(5):449-482.

24. KRUMBEIN, W.C. and PETTIJOHN, F.J. Manual of Sedimentary Petrography. Appleton-Century-Crofts, Inc. New York. 1938. 549pp.
25. LABENETS, YE.M. Chemical mineralogical composition and properties of sod-podzolic soils development on parent rocks of different textures. Societ Soil Sci. abril, 1968. (4):534-544.
26. LÔBO, A.E.M. Descontinuidade litolôgica de alguns solos da região de Piracicaba. Dissertação de Mestrado. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queirôz", 1971. 68pp.
27. LUKASHEV, K.I. & ASTAPOVA, S.D. Change in the lithological -mineralogical composition of a moraine during soil formation. Societ Soil Sci. jul-ago, 1970. 2(4):448-454.
28. MARCONI, A. Contribuição ao estudo da mineralogia de solos do município de Piracicaba. Tese de Doutorado. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queirôz", 1969. 101pp.
29. McCracken, R.J. Applications of soil mineralogy to soil classification investigations. MINERALOGY: Soil Sci. & Engineering. 1968. 53-60.
30. MELFI, A.J.; GIRARDI, V.A.V. e MONIZ, A.C. Mineralogia dos Solos da Estação Experimental de "Theodoreto de Camargo" em Campinas. Bragantia. 1966. 25:9-30.
31. MILNER, H.B. Sedimentary Petrography. George Allen and Unwin ltd. London, England. 4^a Ed., 2 vols. 1962. 1358pp.
32. MULLER, G. Methods in Sedimentary Petrography (part I). New York, Hafner Publishings Co. 1967. 283pp.

33. OLIVEIRA, A.I. e LEONARDS, O.H. Geologia do Brasil. Rio de Janeiro, Imprensa Nacional. 1943. p. 194-199.
34. PETTIJOHN, F.J. Persistence of heavy minerals and geologic Age. Jour. Geol. 1941. 49(6):610-625.
35. PETTIJOHN, F.C. Sedimentary Rocks. Harper and Brother, New York, USA, 2^a Ed. 1957. 718pp.
36. ROTTA, C.L. Mineralogia de solos de uma toposequência de Atibaia, SP. Dissertação de Mestrado. São Paulo, Instituto de Geociências da USP. 1975. 88pp.
37. RUHE, R.V. Stone lines in soils. Soil Sci. 1959. - 87:223-231.
38. SEALE, R.S. The heavy minerals of some soils from the Neighbourhood of Cambridge. England. Jour. of Soil Sci. 1956. 7(2):307-318.
39. SINDOESKI, F.K.H. Results and problems of heavy mineral analysis in Germany. Jour. Sed. Petr. 1949. 19:3-25.
40. SMITHSON, F. The micro-mineralogy of North Wales soils. - Jour. Soil Sci. 1953. 4:194-210.
41. SOIL SURVEY STAFF. Soil Survey Manual. U.S.D.A. Handbook nº 18. Soil. Conservation Service. 1962.
42. ————. Suplement to soil classification system (7th Aproximation). Second Printing. Soil Conservation Service. U.S.D.A. 1967. 207pp.
43. WATSON, J.P. A soil catena on granite in Southern Rhodesia. Jour. Soil Sci. 1965. 16:158-169.

9. APÊNDICE

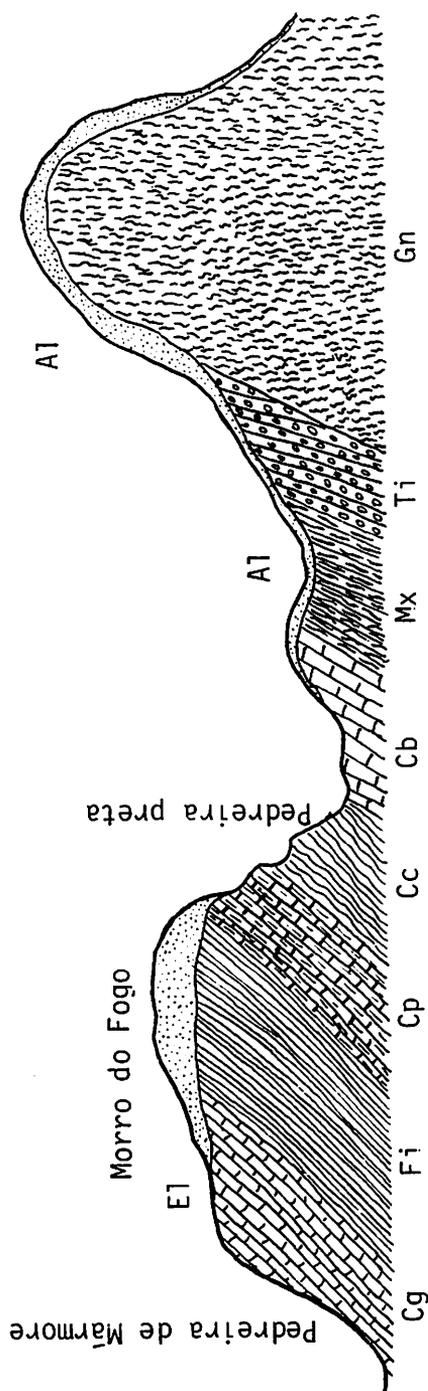


FIGURA 1 - Corte esquemático da formação Carandaí, em Pedra do Sino, Minas Gerais.
OLIVEIRA & LEONARDOS (33)

- Gn - gnaisses
- Ti - tilito
- Mx - lepidomelanoxisto alterado
- Cb - mármore esbranquiçado com lepidomelano
- Cc - calcário cinza escuro
- Cp - calcário preto
- Fi - filito calcário
- Cg - calcário cinzento gran. grossa
- A1 - aluvião
- E1 - eluvião

QUADRO 1 - Balanço hídrico segundo THORNTHWAITE (1955) - Local: Lavras - MG.
 Latitude 21°14'06" Longitude 45°00' Gr. Altitude 918 m
 Fonte e período: Estação Principal de Lavras (Posto Meteorológico nº 83687)
 Precipitação e Temperatura: 1960 - 1974
 Capacidade de Campo: 125 mm

Meses	Temp. oC	Nomogr.	Cor	EP mm	P mm	E - EP mm	Neg. acum.	ARM mm	ALT mm	ER mm	DEF mm	EXC mm
Jan	21,3	87	1,14	99	315	216	0	125	0	99	0	216
Fev	21,6	90	1,00	90	232	142	0	125	0	90	0	142
Mar	21,2	86	1,05	90	153	63	0	125	0	90	0	63
Abr	19,6	74	0,97	72	56	-16	-16	109	-16	72	0	0
Mai	17,0	55	0,95	52	31	-19	-35	94	-15	46	6	0
Jun	15,9	48	0,90	43	27	-16	-51	82	-12	39	5	0
Jul	15,8	48	0,94	45	13	-32	-83	63	-19	32	13	0
Ago	17,6	57	0,99	56	15	-41	-124	48	-15	30	26	0
Set	19,8	75	1,00	75	38	-37	-161	34	-14	52	23	0
Out	19,9	76	1,09	83	141	-58	-37	92	58	83	0	75
Nov	20,6	80	1,10	88	196	108	0	125	33	88	0	176
Dez	21,2	86	1,16	100	276	176	0	125	0	100	0	-
Ano	19,3	-	-	893	1.493	-	-	-	-	-	73	672

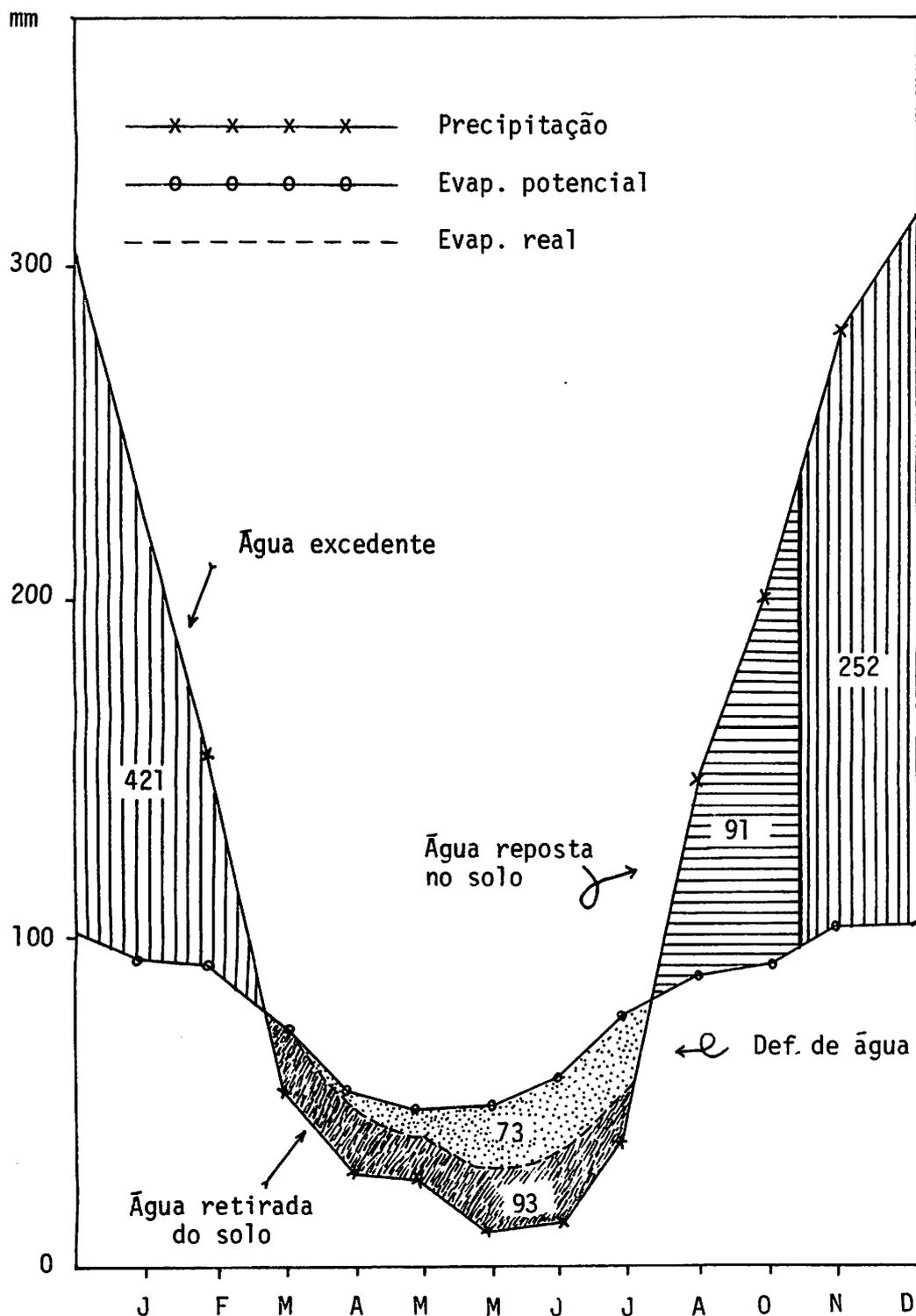


FIGURA 2 - Balanço hídrico do município de Lavras, segundo Thornthwaite e Matter (1955), extraído de Vilela e Ramalho, segundo BAHIA (4).