

ESTUDO COMPARATIVO DO ESTADO DE AGREGAÇÃO DE TRÊS SÉRIES DE SOLO DO MUNICÍPIO DE PIRACICABA (S. P.)

AUGUSTO FATECHA ACOSTA
ENGENHEIRO AGRÔNOMO

Orientador: GERALDO VICTORINO DE FRANÇA

Dissertação apresentada à Escola Superior
de Agricultura "Luiz de Queiroz" da Uni-
versidade de São Paulo, para obtenção do
título de Mestre.

PIRACICABA
SÃO PAULO - BRASIL
1971

Em memória de meu irmão Alfredo

A meus pais
e irmã

ofereço

AGRADECIMENTO

Ao Prof. Dr. Geraldo Victorino de França, do Departamento de Solos e Geologia da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", pela orientação e apoio irrestrito, na realização do presente trabalho.

Aos Eng^{os} Agr^{os} Francisco Grohmann, Oscar Lopes Gorostiaga pelas sugestões feitas para a realização do trabalho e Walter Politano, pela valiosa ajuda nos trabalhos de laboratório.

Somos sinceramente gratos, também aos Srs. Antônio Benedito Fernandes, Antônio Neves da Silva e Ildefonso Rivas.

A todas as pessoas que colaboraram direta ou indiretamente, meu reconhecimento.

A "Facultad de Agronomia y Veterinaria de la Universidad Nacional de Asunción", pela oportunidade concedida.

Ao "Programa de Desarrollo Científico y Tecnológico" (O.E.A.), pela concessão da bolsa de estudo.

Finalmente, a Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", pelos ensinamentos recebidos.

C O N T E Ū D O

1 .	INTRODUÇÃO	1
2 .	REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 .	Fatores que influem na formação de agregados	3
2.1.1 .	Efeito da matéria orgânica	3
2.1.2 .	Efeito do Fe ₂ O ₃ livre	6
2.1.3 .	Efeito da argila	7
2.1.4 .	Efeito dos íons	9
3 .	MATERIAL E MÉTODO	11
3.1 .	Material	11
3.1.1 .	Solos	11
3.1.2 .	Peneirador mecânico	13
3.1.3 .	Aparelho usado no peneiramento a sêco ...	14
3.2 .	Métodos	14
3.2.1 .	Descrição morfológica	14
3.2.2 .	Coleta das amostras	15
3.2.3 .	Preparo das amostras	15
3.2.4 .	Caracterização das amostras	16
4 .	RESULTADOS	18
5 .	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	37
5.1 .	Série Iracema	37
5.1.1 .	Efeito da matéria orgânica	37
5.1.2 .	Efeito do Fe ₂ O ₃ livre	37
5.1.3 .	Efeito do conteúdo de argila	38
5.1.4 .	Efeito do conteúdo de íons	38

5.2	• Série Quebra-Dente	39
5.2.1	• Efeito da matéria orgânica	39
5.2.2	• Efeito do Fe ₂ O ₃ livre	40
5.2.3	• Efeito do conteúdo de argila	40
5.2.4	• Efeito do conteúdo de íons	41
5.3	• Série Godinhos	42
5.3.1	• Efeito da matéria orgânica	42
5.3.2	• Efeito do Fe ₂ O ₃ livre	42
5.3.3	• Efeito do conteúdo de argila	43
5.3.4	• Efeito do conteúdo de íons	43
5.4	• Comparação entre solos	44
6	• CONCLUSÕES	47
6.1	• Série Iracema	47
6.2	• Série Quebra-Dente	47
6.3	• Série Godinhos	48
6.4	• Conclusões gerais	48
7	• RESUMO	50
8	• SUMMARY	52
9	• LITERATURA CITADA	54

1 . INTRODUÇÃO

A agregação de solos é uma das mais importantes propriedades dinâmicas do solo que pode ser considerada pelo pesquisador para correlacionar com vários aspectos dos problemas na física de solos, tais como as relações solo-umidade, solo-ar, solo-temperatura , além de outros como : o controle da erosão, o desenvolvimento das plantas, etc., razão pela qual vem sendo estudada de longa data.

Sabe-se que, em condições naturais, o solo se apresenta com suas partículas unitárias mais ou menos reunidas em agregados, que são os seus elementos estruturais.

Existem diversas linhas de estudo para caracterizar o estado estrutural do solo, desde as observações de campo e descrição morfológica do perfil, até os estudos de laboratório incluindo a distribuição de classes de tamanho dos agregados, a sua estabilidade em água ou a seco, a porosidade, etc.

O exame de campo, tal como é comumente empregado para a caracterização morfológica dos solos, resente-se de um certo grau de subjetividade e é meramente descritivo; não expressa nenhuma medida numérica. Vários autores procuram transferir para o laboratório o estudo da estrutura dos solos, tentando medir e expressar numericamente os resultados.

Contudo, as análises de estrutura conduzidas em laboratório não reproduzem todas as condições dinâmicas da estrutura, envolvendo a formação, evolução e estabilidade dos agregados.

Com a realização deste trabalho, visa-se o objetivo específico de caracterizar o estado estrutural de três solos de natureza diferentes, sendo estes solos submetidos ao mesmo uso agrícola (cultura de cana-de-açúcar).

* * * *

2 . REVISÃO DE LITERATURA

O estado de agregação do solo está sujeito a alterações devidas a fenômenos naturais, assim como as modalidades de uso e os sistemas de manejo a que estiverem submetidas.

Inumeras pesquisas foram feitas com o intuito de esclarecer as causas da agregação, as quais demonstraram que a presença do material coloidal é condição essencial para a formação dos agregados e para sua estabilidade, influenciando também sobre a quantidade e a resistência dos mesmos.

2.1 . Fatores que influem na formação de agregados

2.1.1 . Efeito da matéria orgânica

MYERS (31) pesquisou as reações entre os colóides orgânicos e inorgânicos do solo com respeito a formação dos agregados, concluindo que os colóides orgânicos com Ca e com H eram mais eficazes para a cimentação das partículas do solo em agregados resistentes em água, comparados com os colóides inorgânicos correspondentes. O efeito favorável está associado a um baixo grau de dispersão quando está desidratado, devido que a formação dos agregados não se dá sem desidratação.

Estudando a influência dos microrganismos e algumas substancias orgânicas na estrutura de solos McCALLA (29) concluiu que materiais orgânicos com qualidades diferentes podem exercer efeitos variáveis sobre a estrutura de solo, e que a estabilidade dos agregados é mais grandemente influenciada pela qualidade da matéria orgânica do que pela sua quantidade.

A influência da matéria orgânica foi estudada também por KLINTWORK (23) que concluiu que a quantidade de agregados estáveis em água, apresenta correlação com o conteúdo total de carbono em solos com culturas perenes, não verificado em solos com cultivos anuais. Isto confirma que a estruturação estável vai depender mais dos produtos de decomposição microbiana da matéria orgânica, do que o conteúdo total deste constituinte no solo.

Estudando o efeito da interação entre os compostos orgânicos e inorgânicos nas propriedades do solo GREENLAND (14) encontrou significância da localização de uma molécula orgânica nos agregados do solo, considerando a importância na formação destes agregados, sua estabilidade, e para a determinação da sua influência nas propriedades físicas, físico-químicas e biológicas do solo.

CHESTER (8) em pesquisas realizadas sobre a agregação do solo e a decomposição da matéria orgânica, concluiu que uma rápida decomposição desta produz incremento em quantidade e tamanho dos agregados, embora o efeito desta rápida decomposição, aliada a altos conteúdos de nitrogênio e de carbono, produz um decréscimo na agregação. Por outro lado, se esta decomposição da matéria orgânica era muito lenta, consequentemente tinha um efeito mais lento no processo de agregação das partículas do solo.

MAZURAK e RAMIG (28) em pesquisas realizadas sobre solos cultivados em rotação chegaram à conclusão que na estabilidade dos agregados do solo, desempenha uma função fundamental a ação cimentante da matéria orgânica.

QUEIROZ NETO et al. (34, 35) realizando estudos sobre o estado de agregação da Terra Roxa e Podzólico Vermelho Amarelo

Orto respectivamente, observaram uma correlação entre o conteúdo de carbono e o diâmetro dos agregados; concluíram ainda que a matéria orgânica possui uma ação nítida sobre a quantidade dos agregados e sua estabilidade em água.

OLIVEIRA et al. (32) desenvolveram um estudo sobre as características dos agregados de solo Podzólico Vermelho Amarelo - da Estação Experimental de Monte Alegre do Sul, chegando à conclusão que a matéria orgânica foi um dos fatores mais importantes para a estabilidade dos agregados destes solos.

BREMNER (5) estudando alguns problemas da matéria orgânica no solo, concluiu que este composto tem um alto efeito na estruturação do solo. Na relação entre o processo de agregação e a matéria orgânica, constatou um alto efeito benéfico na formação dos mesmos, combinado com o efeito que possui a argila.

HARRIS et al. (20) pesquisando a formação e degradação dos agregados, concluíram que o contínuo suprimento de matéria orgânica melhora o estado de agregação das partículas do solo, e o estado de agregação dos horizontes superficiais de vários solos está intimamente relacionada com os resultados da decomposição da matéria orgânica por ação dos microrganismos.

Investigando o efeito da cobertura morta sobre as modificações que ocorrem num Latossol Vermelho Escuro, RANZANI et al. (36) concluíram que aquela prática elevava o índice de agregação a 35%, enquanto o aumento da matéria orgânica passava de 1,3 a 2,0%.

Musgrave e Norton (FREIRE, 13) concluíram que adições anuais de matéria orgânica, provocam aumento significativo na

granulação e na fertilidade dos solos.

Estudando os efeitos da matéria orgânica na agregação do solo FREIRE (13) concluiu que a matéria orgânica tem sido desde muito tempo considerada por técnicos e agricultores como a solução para a estruturação do solo, existindo discordância apenas quanto ao seu efeito, se direto ou indireto.

2.1.2 . Efeito do Fe_2O_3 livre

Ao realizar estudo sobre a agregação do solo, MARTIN et al. (25) concluíram que os óxidos de ferro e alumínio podem servir de cimentante ou como agente aglutinante em vários solos, referindo-se principalmente à positiva correlação existente entre o óxido de ferro em solos lateríticos e sua agregação. Sugeriram também que o óxido de ferro livre tem duplo propósito, atuando como agente floculante nas argilas, no caso de estar em solução e, quando precipitado, como agente cimentante.

Pesquisas realizadas por BOEKEL (4) sobre a estrutura, conduziram a conclusões que o ferro tem efeito favorável na agregação, enquanto que o cálcio, magnésio e hidrogênio têm efeitos menos evidentes.

Estudando alguns compostos do solo e seus efeitos nas propriedades do mesmo, GREENLAND (14) concluiu a existência de uma relação geral entre a estabilidade dos agregados do solo e a presença dos óxidos de ferro e alumínio.

CHESTER (8) constatou que o óxido de ferro livre incrementava a agregação, devido a adsorção do óxido de ferro coloidal

e de humo em torno das partículas, dando-lhe uma estruturação estável.

GROHMANN e ARRUDA (17) concluíram que em Terra Roxa a estabilidade dos agregados é elevada, devido ao fato de terem sido fortemente cimentados pelos óxidos de ferro e alumínio, abundantes no solo estudado.

HARRIS et al. (20) demonstraram o marcado efeito - que possui o óxido de ferro na agregação de solos, tendendo este efeito a ser mais importante na fração dos agregados menores; também demonstraram uma correlação positiva entre óxido de ferro e o estado de agregação dos solos lateríticos.

Estudando os agregados do solo Iracema MARCOS (24) concluiu que o alto valor de óxido de ferro livre revela que uma porção considerável do separado argila deste solo consiste em argila sesquioxídicas.

2.1.3 . Efeito da argila

Pesquisas realizadas por YODER (41) em solos da mesma série, com diferentes conteúdos de argila, evidenciaram similar - distribuição de agregados estáveis em água, pondo em dúvida a ação agregadora que possuiria a argila.

Realizando estudos sobre a formação de agregados, MYERS (31) concluiu que é fundamental para este processo, entre outros fatores, a presença de argila coloidal. É claramente evidente sua função como agente cimentante ao envolver as partículas do solo, principalmente as argilas saturadas com cálcio e hidrogênio.

PETERSON (33) estudando o papel dos minerais de argila na formação da estrutura do solo, concluiu que a efetividade dependia do tipo de argila e dos íons com que estava saturada. Solos com predominância de caolinita apresentam uma agregação mais estável devido ao pouco poder de contração e expansão, comparados com solos contendo montmorilonita.

VAN BAVEL (40) considera importante a presença de cimentantes, sejam orgânicos ou inorgânicos, para incremento do peso, diâmetro e também índice de agregação do solo.

MARTIN et al. (25) demonstraram que os colóides orgânicos e inorgânicos possuem forças de coesão entre as partículas do solo, servindo êste fenômeno de medida do estado de agregação do solo.

Segundo CLEMENT & WILLIAMS (9) a argila tem efeito positivo no desenvolvimento dos agregados estáveis em água, bem como na interação entre a variação da quantidade de argila e a estabilidade da estrutura.

QUEIROZ NETO et al. (35) tratando de definir o estado estrutural do Podzólico Vermelho Amarelo e sua variação segundo as diferentes formas de uso, concluíram que a argila é a principal responsável para a manutenção do estado de agregação, embora a estabilidade em água não esteja ainda bem esclarecida.

HARRIS et al. (20) concluíram que a argila é predominantemente um agente cimentante na agregação dos solos, variando êste efeito segundo o cátion que o satura.

AYLMORE & QUIRK (1) consideram como fundamental a presença da argila na cimentação das partículas do solo, e na conse -

quente formação dos poros (macro e microporos).

2.1.4 - Efeito dos iões

Estudando a influência dos iónios contidos no solo sobre a agregação, BAVER (3) considerou o efeito da calagem sobre a estruturação, tanto no experimento de campo como no de laboratório, não obtendo confirmação se o efeito do cálcio na agregação é direto. Contudo, admitiu que este iónio promove maior desenvolvimento na vegetação e conseqüentemente maior produção de matéria orgânica, o que poderia resultar numa granulação favorável.

MAZURAK (27) mencionou como relação de considerável importância, o fato de que a concentração de cálcio incrementa o diâmetro geométrico dos agregados. Por outro lado, concorda com outros pesquisadores concluindo que as partículas saturadas com hidrogênio são mais fortemente agregadas, comparativamente às saturadas com cálcio.

Estudando a evolução da estabilidade dos agregados, JONES & MARTIN (22) mostraram como esta é afetada por sais orgânicos: foi grandemente reduzida por sais de cálcio e magnésio e incrementada por sais de potássio e sódio. Estes cátions têm mais efetividade na estabilidade dos agregados de tamanho maior, enquanto que o cálcio e magnésio nos agregados de diâmetro pequeno; portanto, o cálcio e o magnésio reduzem grandemente a estabilidade dos agregados. As conclusões destes autores contrariam as de vários outros pesquisadores que afirmaram que a estabilidade era incrementada pela adsorção dos cátions na seguinte ordem: cálcio maior que bário maior que hidrogênio maior que amônio maior que potássio e maior que sódio.

Estudando a estabilidade em água dos agregados do tamanho de 1 - 2 mm, de solos de diferentes texturas CECCONI et al. (6) concluíram que a estabilidade dos agregados sofre mais ou menos danos em solos neutralizados com sódio, foi insensível pela ação de potássio e amônio, sendo influenciado pelo cálcio e magnésio da mesma forma que o sódio. Os cloretos, nitratos e sulfatos têm pequeno ou nenhum efeito, e no entanto a estabilidade é melhorada grandemente com a presença de fosfato.

QUEIROZ NETO et al. (35) com a finalidade de definir o estado estrutural do solo Podzólico Vermelho Amarelo Orto, concluíram que o cálcio trocável exerce um efeito depressivo tanto na quantidade de agregados como na sua estabilidade em água.

Analisando as características físico-químicas dos agregados OLIVEIRA et al. (32) concluíram que a variação dos teores dos elementos nas diferentes classes de agregados dos solos estudados era muito pequena. O efeito do cálcio ficou bem evidenciado por sua ação depressiva na estabilidade dos agregados em água, principalmente se o conteúdo era alto e vinha acompanhado também de alto conteúdo de carbono.

EL - SWAIFY (11) concluiu que existe correlação entre a estabilidade dos agregados do solo e suas propriedades. Assim, em tratamentos realizados com água e sais de sódio, cálcio e magnésio, encontrou menor estabilidade dos agregados dos horizontes de subsuperfície, sendo mais evidente a instabilidade naqueles tratados com sais de sódio.

3 . MATERIAL E MÉTODOS

3.1 . Material

3.1.1 . Solos

Para o presente estudo, foram escolhidas 3 séries - de solos descritas por RANZANI et al. (37).

A escôlha do material recaiu sôbre unidades identificadas e classificadas ao nível de séries porque formam conjuntos homogêneos de perfis, sob o ponto de vista de uso e do manejo. De cada solo foram coletadas amostras do horizonte superficial (0-20cm) e do horizonte B (subhorizonte de máxima expressão).

Os nomes das séries e as correspondentes unidades - de mapeamento segundo a COMISSÃO DE SOLOS (10) encontram-se no quadro 1.

QUADRO 1 - Identificação dos solos pela classificação ao nível de séries segundo RANZANI et al. (37) e unidades de mapeamento utilizadas pela COMISSÃO DE SOLOS (10).

Séries de Solos	Unidades de Mapeamento
Iracema	Latossol Roxo
Quebra-Dente	Podzólico Vermelho Amarelo-Varição Laras
Godinhos	Podzólico Vermelho Amarelo-Varição Piracicaba

A seguir são apresentadas as principais características morfológicas, dos horizontes escolhidos :

a) SÉRIE IRACEMA

A coleta das amostras foi feita a 2 km de Água Santa, estrada para a Usina Santo Antonio, apresentando os horizontes as seguintes características :

Ap - 0-30 cm; pardo avermelhado escuro (2,5 YR 3/4, vermelho ferrugem; 10 YR 3/4 úmido); argila; - granular pequeno, muito fraco; ligeiramente duro, friável, plástico não pegajoso; carvões esparsos; raízes muito finas, comum; pH = 4,6; limite suave, difuso.

B₂ - 80-200 cm; vermelho ferrugem (10 YR 3/4 úmido); argila; remanecentes do material de origem, - ovalados, até 5 cm de diâmetro; a porção mais firme do perfil constituindo-se em suporte à porção mais alta; maciço, rompendo-se em blocos sub-angulares, médio, fraco; macroporos, comum; galerias biológicas, comum; pH = 5,1; - limite suave, difuso.

b) SÉRIE QUEBRA-DENTE

A coleta das amostras foi feita próximo ao Bairro - Quebra-Dente, distrito de Tupi.

Ap - 0-30 cm; cinza rosado (7,5 YR 6/2 pardo; 7,5 YR 6/2 úmido); areia barrenta fina; grãos simples, com pouca tendência à formação de grânulos; macio, sôlto, não plástico, não pegajoso; raízes finas, abundantes; carvões; pH = 5,1; -

limite ondulado, irregular.

B₂ - 80-130 cm; pardo claro (7,5 YR 6/5) com manchas amarelo avermelhado (7,5 YR 6/6) abundante, grande, distinto, irregulares, difuso; areia barrenta fina; maciça com tendência a se romper em blocos angulares, médio, fraco; ligeiramente duro, friável, ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso; raízes finas e abundantes; pH = 4,3; limite ondulado, abrupto.

c) SÉRIE GODINHOS

A coleta das amostras foi feita na região Norte de Piracicaba, variante da estrada para Godinhos.

Ap - 0-25 cm; pardo pálido (10 YR 6/3; 3/3 úmido); barro limoso; maciço, denso, tendendo para granular, médio, muito fraco; duro, friável, ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso; raízes finas, abundantes; galerias e macroporos, pouco; pH = 5,3; limite ondulado, difuso.

B₂ - 70-100 cm; pardo pálido (10 YR 6/3; 5/3 úmido); barro argiloso; blocos sub angulares, médio, moderado a forte; ligeiramente duro, muito friável, plástico, pegajoso; filmes de argila revestindo os agregados; pH = 6,3; limite suave, difuso.

3.1.2 . Peneirador mecânico

Para o peneiramento das amostras em água utilizou-

se um aparelho semelhante ao descrito por YODER (41), o mesmo empregado por FREIRE (13).

A série de peneiras é adaptada a um dispositivo mecânico que apresenta um movimento de oscilação vertical de 3,5 cm da amplitude, com uma frequência de 35 oscilações por minuto.

O conjunto de peneiras, tendo a amostra inicial do solo na peneira superior é agitado dentro de um recipiente com água destilada.

As peneiras são dispostas no aparelho de modo a ficarem em escalas decrescente de abertura de malha (7 - 4 - 2 - 1 - 0,5 e 0,25 mm). A água deve atingir, de tal modo que uma pequena lâmina apareça acima das malhas da peneira superior do ciclo de oscilação.

3.1.3 . Aparelho usado no peneiramento a seco

Para a distribuição dos agregados por peneiramento a seco, utilizou-se uma simplificação da técnica descrita por CHEPIL (7), empregado por Grohmann (*)

3.2 . Métodos

Os métodos empregados na presente pesquisa foram os seguintes:

3.2.1 . Descrição morfológica

Dos perfis representativos das unidades de solos fo

(*) Comunicação pessoal

ram descritos os horizontes amostrados, cujas características morfológicas estão apresentadas no item 3.1.1. Para as descrições, seguiu-se a orientação de RANZANI (39).

3.2.2 . Coleta das amostras

As amostras simples para análises de agregados, foram tomadas no horizonte superficial (0-20cm) e no horizonte B (sub-horizonte de máxima expressão); as amostras foram coletadas de dois pontos de cada horizonte, procurando conservar os torrões inteiros, - tanto quanto foi possível. Como são três solos, dois horizontes e - amostras em duplicatas, tem-se um total de doze amostras.

3.2.3 . Preparo das amostras

Retiradas as amostras, procurou-se uniformizá-las o mais possível, deixando-se secar ao ar, lentamente. Para a análise de agregados utilizou-se a fração do solo que passou em malha de 7 mm e ficou retida na peneira de 4 mm.

A fase mais importante na análise de agregados é o pré-tratamento da amostra o umedecimento lento por meio de um atomizador, sendo a análise feita após decorridos 24 horas, conforme indicação de GROHMANN (16).

Com êsse pré-tratamento procurou-se manter na amostra um teor de umidade próximo àquele que pode ser encontrado no solo quando êle estiver úmido.

As análises dos agregados foram feitas por dois métodos: a) peneiramento a sêco; b) peneiramento em água.

No peneiramento a sêco as amostras passaram por um jogo de peneiras, separando-se os agregados em classes de tamanho. Os resultados foram expressos pelas porcentagens acumuladas das classes de tamanho, conforme foi proposto por GROHMANN (16).

Segundo CHEPIL (7), o método possui algumas vantagens sobre outros métodos de peneiramento em sêco conhecidos: é mais consistente com respeito ao tamanho da amostra empregada, causa menor ruptura dos torrões e menor movimento obstaculizante.

No peneiramento em água, usando-se a técnica de YODER (41) foram obtidos os agregados estáveis em água, para o qual as amostras pré-umedecidas foram passadas para a peneira superior do conjunto e tamisadas em água durante 15 minutos. O conteúdo de cada tamis foi transferido para cápsulas de alumínio de tara previamente determinada, sendo mantida em estufa a 110°C até pêsso constante.

3.2.4 . Caracterização das amostras

Foram feitas outras determinações analíticas para a caracterização das amostras utilizadas.

A análise mecânica foi feita pelo método da pipeta, utilizando-se NaOH 1 N como agente dispersante. A tomada da alíquota da suspensão foi executada com aparelho semi-automático descrito por FREIRE (12).

A densidade real de cada amostra de terra natural foi determinada com picnômetro, utilizando-se 2g de terra sêca em estufa e água destilada; a densidade aparente foi determinada com o cilindro Uhland. A porosidade total foi calculada a partir da relação

$$\text{VTP \%} = \left(1 - \frac{D_a}{D_r}\right) \times 100$$

Empregou-se a proporção de 1:1 entre sólido e líquido na obtenção do pH em água e em solução de KCl 1 N. As bases trocáveis foram extraídas com NH₄OAc 1 N, sendo que o potássio trocável foi determinado pelo fotômetro de chama; o cálcio e o magnésio trocáveis determinados pelo método do EDTA segundo BARROWS e SIMPSON (2).

O alumínio trocável foi extraído com KCl sendo titulado com NaOH 0,02 N seguindo o método proposto por YUAN (42) e o teor de Fe₂O₃ livre, determinado pelo método apresentado por JACKSON (21).

O teor de matéria orgânica do solo foi determinado pelo método de Walkley modificado ligeiramente por GREWELING e PEECH (15).

Todas as determinações foram feitas em duplicatas.

4 . RESULTADOS

No presente trabalho visou-se especificamente a determinação e distribuição por classes de tamanho e estabilidade dos agregados do solo, para estabelecer as diferenças relativas à estrutura em função da natureza do solo e de seus horizontes.

Para uma melhor caracterização de cada unidade de solo, foram feitas as determinações, cujos resultados são expostos a seguir.

Os resultados da análise química dos solos estudados, encontram-se no Quadro 2, onde se pode constatar as seguintes características :

O pH em água das séries Iracema e Godinhos, apresentou menores valores nos horizontes Ap que nos horizontes B₂, sendo que na série Quebra-Dente, aconteceu o contrário.

Com relação aos íons trocáveis, tanto o cálcio, como o potássio, apresentaram nas três séries, valores maiores nos horizontes Ap que nos horizontes B₂. Quanto aos íons magnésio, alumínio e fosfato, apresentaram valores maiores nos horizontes Ap das séries Iracema e Quebra-Dente, ocorrendo o inverso no caso da série Godinhos

No tocante aos conteúdos de matéria orgânica e de Fe₂O₃ livre, os valores obtidos são mais elevados nos horizontes Ap que nos horizontes B₂, constituindo-se na única exceção, o Fe₂O₃ livre no caso da série Quebra-Dente.

Os teores de matéria orgânica nas classes de agregados estão apresentados no Quadro 3. Para a série Iracema, nos horizon

QUADRO 2 - Características químicas dos horizontes Ap e B₂.

SÉRIE	HORI- ZONTE	pH		e.mg/100g						%	
		H ₂ O	KCl	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Al ⁺³	PO ₄ ⁻³	T	Mat. Org.	Fe ₂ O ₃ livre
I*	Ap	4,6	4,1	1,31	1,04	0,12	1,92	0,07	12,35	3,83	21,37
	B ₂	5,1	4,8	0,45	0,31	0,09	0,86	0,03	4,69	0,74	18,73
II*	Ap	5,1	4,8	2,87	0,37	0,15	1,22	0,02	5,88	0,45	0,59
	B ₂	4,3	5,6	1,61	0,29	0,09	0,42	0,01	3,26	0,27	1,41
III*	Ap	5,3	3,7	4,80	1,45	0,16	0,91	0,05	16,25	2,38	5,75
	B ₂	6,3	3,6	1,79	1,47	0,14	5,65	0,14	20,74	1,09	2,15

(*) Os algarismos I, II e III correspondem às séries:
Iracema, Quebra-Dente e Godinhos respectivamente.

QUADRO 3 - Teor porcentual da matéria orgânica nas classes de agregados dos horizontes Ap e B₂.

SÉRIE	HORIZONTE	CLASSES DE AGREGADOS (mm)					
		7-4	4-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	< 0,25
I*	Ap	2,92	2,99	3,01	3,25	3,70	3,81
	B ₂	0,69	0,70	0,71	0,72	0,72	0,74
II*	Ap	0,45	0,37	0,33	0,25	0,22	0,19
	B ₂	0,28	0,25	0,21	0,19	0,18	0,18
III*	Ap	1,71	1,87	1,90	2,10	2,15	2,30
	B ₂	1,09	1,05	0,85	1,02	0,96	0,86

(*) Os algarismos I, II e III correspondem às séries:
Iracema, Quebra-Dente e Godinhos respectivamente.

tes Ap e B₂ se observa um aumento gradativo a partir das classes maiores até as classes menores (Fig. 1). Por outro lado, na série Quebra-Dente os valores da matéria orgânica nas classes de agregados apresenta um decréscimo à medida que diminui o tamanho das classes de agregados (Fig. 2).

No caso da série Godinhos, observa-se que no horizonte Ap há um aumento dos teores de matéria orgânica à medida que diminui o tamanho das classes de agregados; porém, no horizonte B₂, observa-se uma oscilação nos valores obtidos, com uma tendência à diminuição, acompanhando as classes de agregados (Fig. 3).

Os teores de Fe₂O₃ livre nas classes de agregados estão apresentados no Quadro 4. Para a série Iracema, no horizonte Ap se observa um aumento gradativo a partir das classes maiores de agregados para as classes menores, observando-se ligeira diminuição no horizonte B₂ (Fig. 4). Na série Quebra-Dente estes valores, tanto no horizonte Ap como no horizonte B₂, apresentam uma redução à medida que diminui o tamanho das classes de agregados (Fig. 5). Na série Godinhos os teores de Fe₂O₃ livre no horizonte Ap tendem a um aumento gradativo à medida que diminui o tamanho das classes de agregados; por outro lado, no horizonte B₂ estes valores tendem a diminuir. (Fig. 6) Em ambos os horizontes, porém, observam-se oscilações nessas tendências.

Os valores de Fe₂O₃ livre são maiores nos horizontes Ap do que nos horizontes B₂ para as séries Iracema e Godinhos, ocorrendo o contrário no caso da série Quebra-Dente.

Os resultados obtidos na análise mecânica, estão apresentados no Quadro 5. Pode-se verificar que na série Iracema, exist

QUADRO 4 - Teor porcentual de Fe_2O_3 livre nas classes de agregados dos horizontes Ap e B₂.

SÉRIE	HORIZONTE	CLASSES DE AGREGADOS (mm)					
		7-4	4-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	< 0,25
I*	Ap	21,07	21,15	21,20	21,27	21,50	21,62
	B ₂	18,35	18,32	18,29	18,29	18,28	18,25
II*	Ap	0,60	0,58	0,55	0,45	0,28	0,25
	B ₂	1,45	1,39	1,21	0,93	0,63	0,58
III*	Ap	4,75	4,83	4,90	4,12	5,61	5,70
	B ₂	2,15	2,08	1,78	2,10	1,90	1,75

(*) Os algarismos I, II e III correspondem às séries:
Iracema, Quebra-Dente e Godinhos respectivamente.

QUADRO 5 - Características físicas dos horizontes Ap e B₂.

SÉRIE	HORIZONTE	ANÁLISE MECÂNICA (%)			DENSIDADE (g/cm ³)		VTP %
		ARGILA	LIMO	AREIA	REAL	APARENTE	
I*	Ap	55,2	25,9	18,9	2,5	1,6	36
	B ₂	56,9	21,3	21,8	2,7	1,8	33
II*	Ap	15,1	28,2	56,7	2,5	1,6	36
	B ₂	58,2	19,0	22,8	2,6	1,8	31
III*	Ap	7,4	7,4	85,2	2,5	1,6	36
	B ₂	31,2	7,1	61,7	2,6	1,7	35

(*) Os algarismos I, II e III correspondem às séries:
Iracema, Quebra-Dente e Godinhos respectivamente.

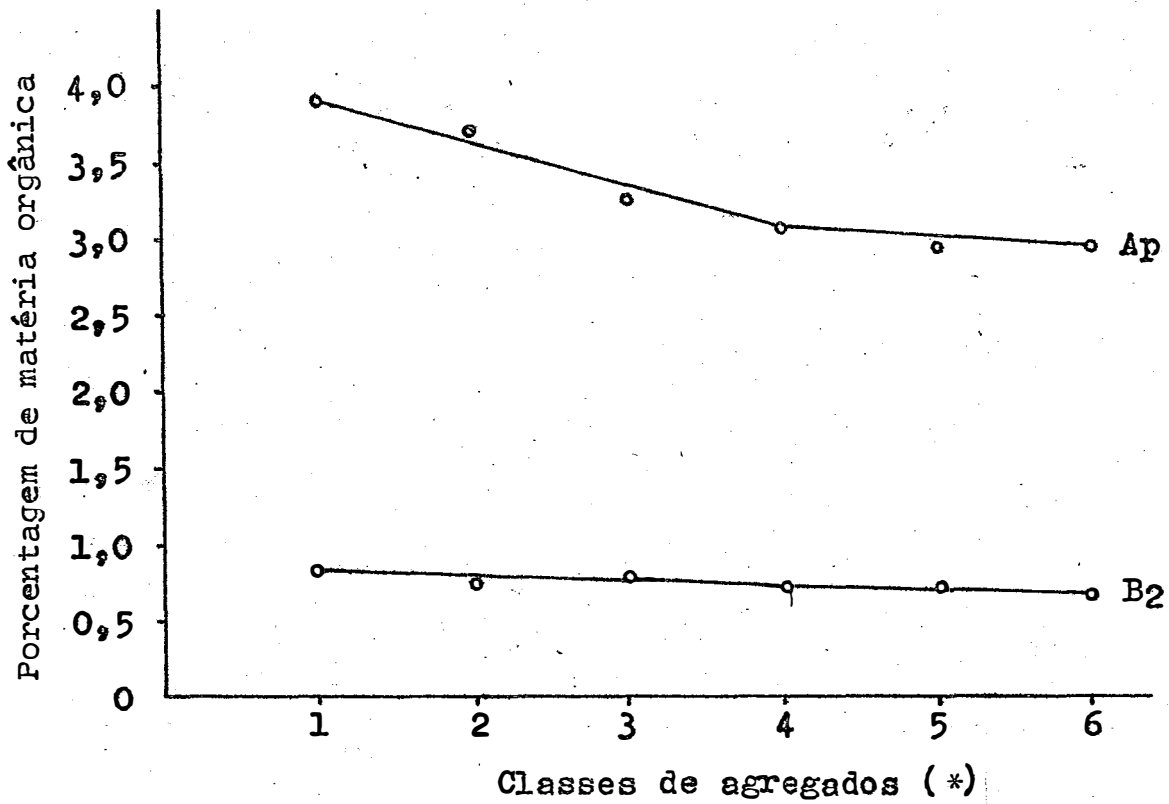


FIG. 1 - Distribuição da matéria orgânica em função das classes de agregados nos horizontes Ap e B2 na série Iracema.

(*) Referência:

Classes de agregados (mm)		
1 = < 0,25	3 = 0,5 - 1	5 = 2 - 4
2 = 0,25 - 0,5	4 = 1 - 2	6 = 4 - 7

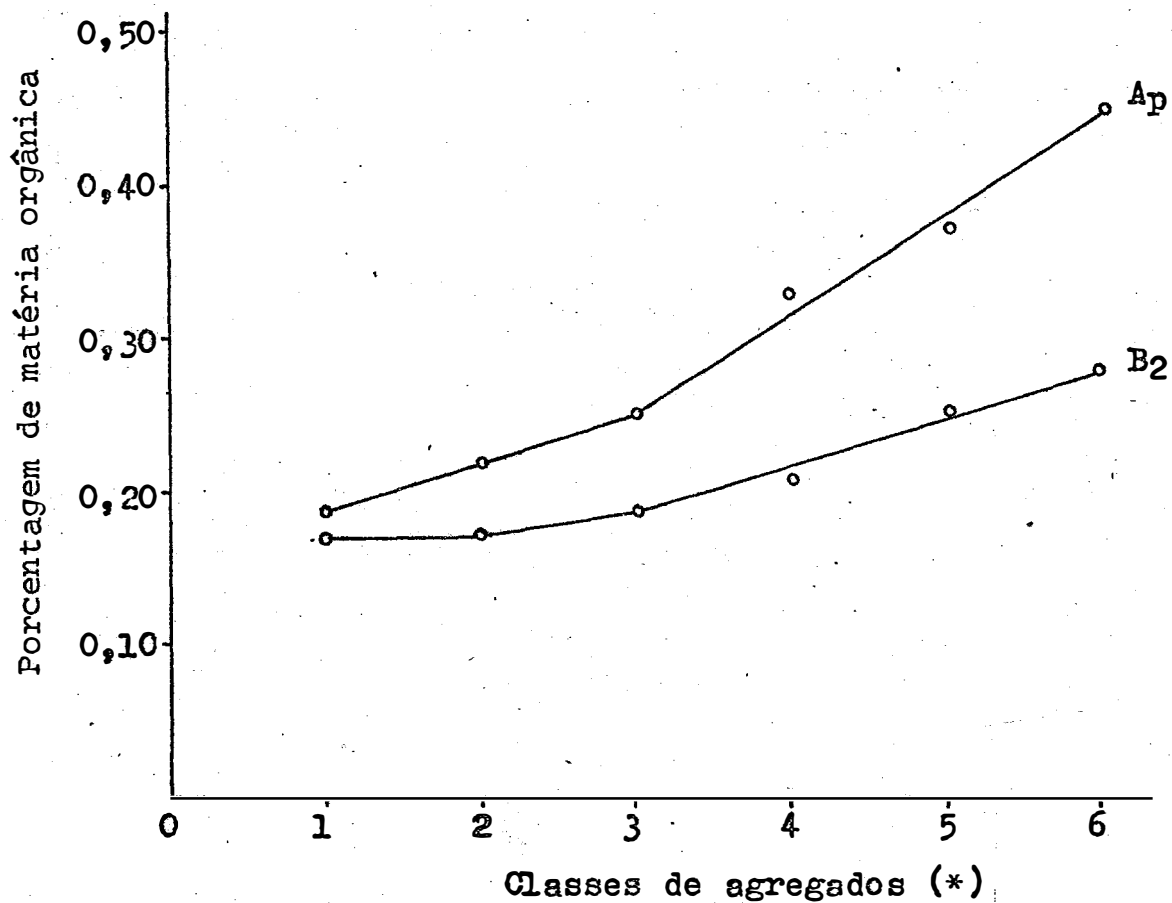


FIG. 2 - Distribuição da matéria orgânica em função das classes de agregados nos horizontes Ap e B2 na série Quebra-Dente.

(*) Referência:

Classes de agregados (mm)

1 = < 0,25

3 = 0,5 - 1

5 = 2 - 4

2 = 0,25 - 0,5

4 = 1 - 2

6 = 4 - 7

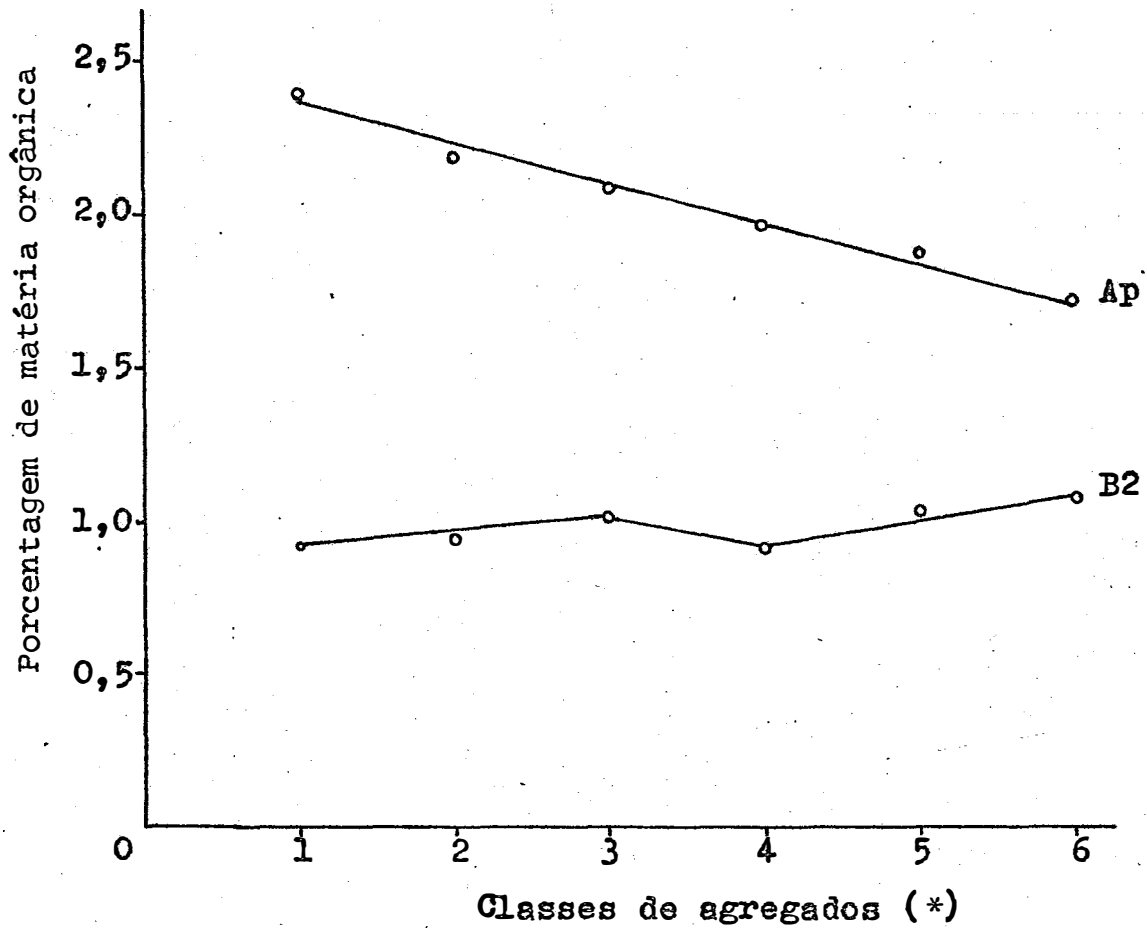


FIG. 3 - Distribuição da matéria orgânica em função das classes de agregados nos horizontes Ap e B2 na série Godinhos.

(*) Referência:

Classes de agregados (mm)		
1 = < 0,25	3 = 0,5 - 1	5 = 2 - 4
2 = 0,25 - 0,5	4 = 1 - 2	6 = 4 - 7

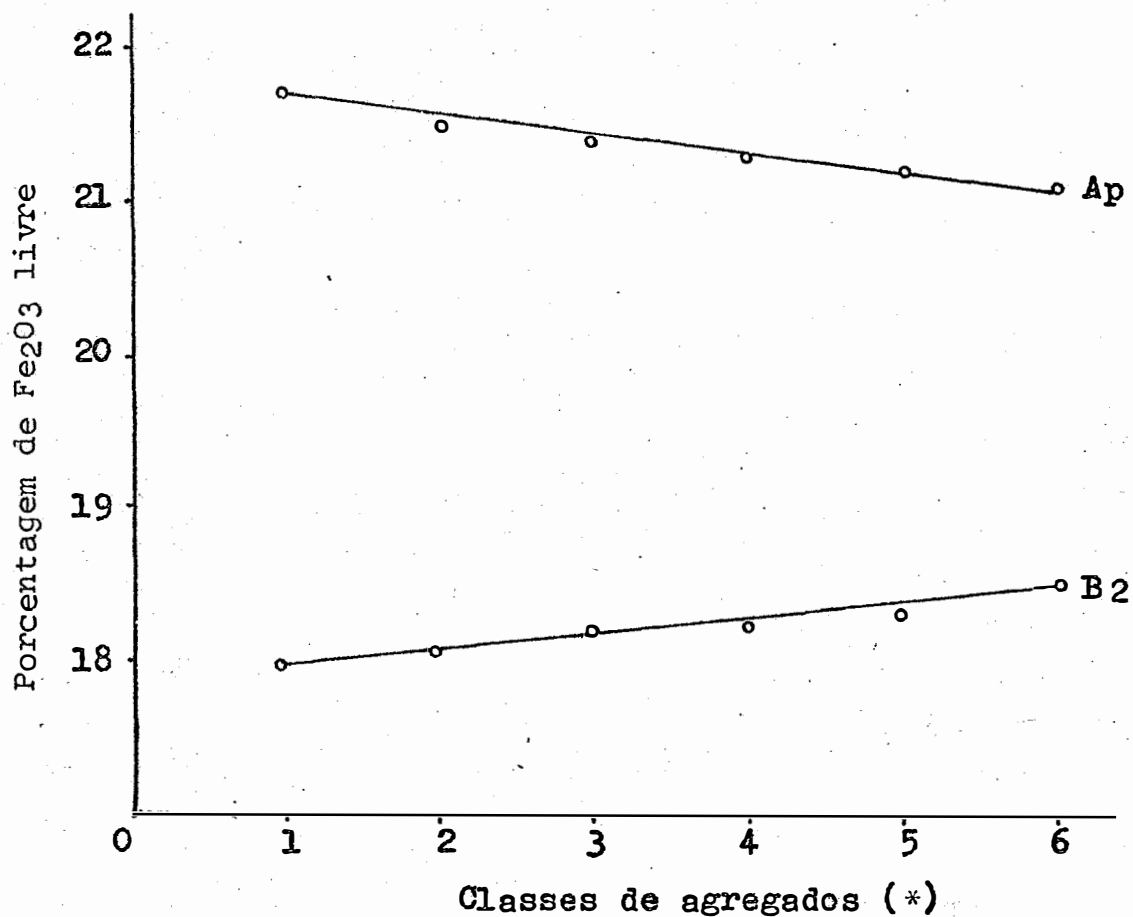


FIG. 4 - Distribuição do teor de Fe₂O₃ livre em função das classes de agregados nos horizontes Ap e B2 na série Iracema.

(*) Referência:

Classes de agregados (mm)		
1 = < 0,25	3 = 0,5 - 1	5 = 2 - 4
2 = 0,25 - 0,5	4 = 1 - 2	6 = 4 - 7

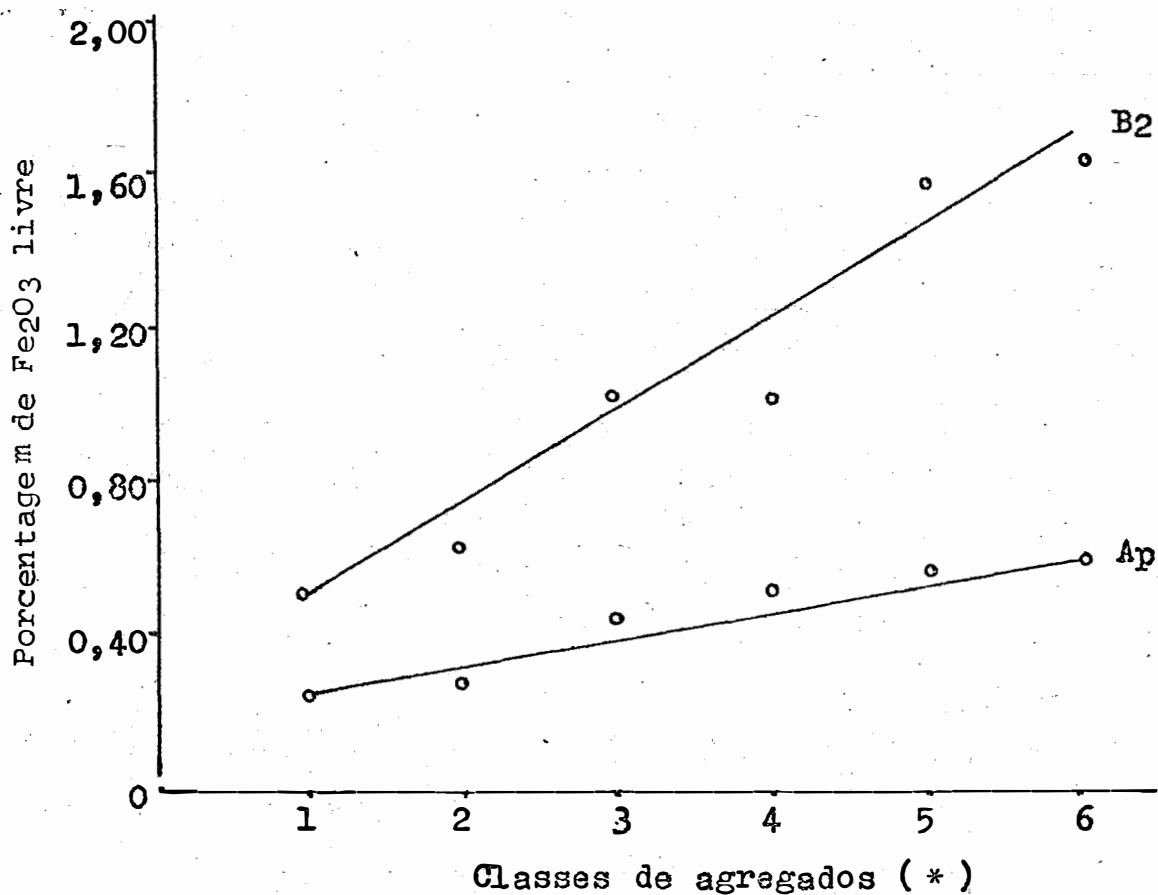


FIG. 5 - Distribuição do teor de Fe₂O₃ livre em função das classes de agregados nos horizontes Ap e B₂ na série Quebra-Dente.

(*) Referência:

Classes de agregados (mm)		
1 = < 0,25	3 = 0,5 - 1	5 = 2 - 4
2 = 0,25 - 0,5	4 = 1 - 2	6 = 4 - 7

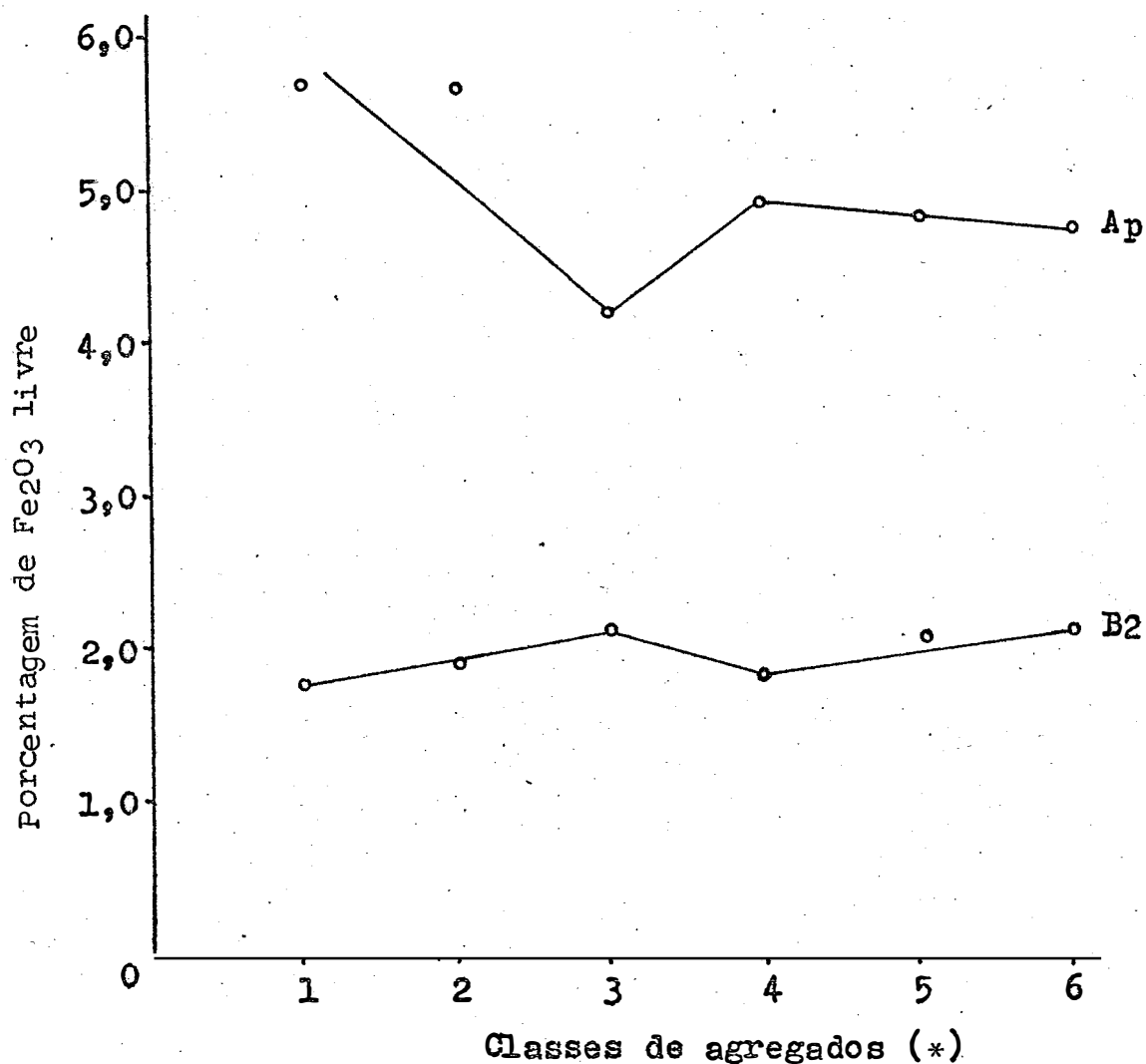


FIG. 6 - Distribuição do teor de Fe_2O_3 livre em função das classes de agregados nos horizontes "A" e "B" na série Godinhos

(*) Referência:

Classes de agregados (mm)		
1 = < 0,25	3 = 0,5 - 1	5 = 2 - 4
2 = 0,25 - 0,5	4 = 1 - 2	6 = 4 - 7

te pouca diferença nos teores porcentuais dos separados do solo, entre um horizonte e outro.

Nas séries Quebra-Dente e Godinhos as porcentagens da fração argila apresentam uma variação significativa, sendo que os valores mais altos são encontrados nos horizontes B₂; conseqüentemente, os teores de areia apresentaram-se mais elevados para os horizontes Ap.

As densidades reais e aparentes e o volume total de poros calculados a partir destes valores são apresentados no Quadro 5. Todos estes valores apresentam pequena variação dentro de cada um dos solos estudados, embora os valores do volume total de poros mostram tendência a serem ligeiramente maiores nos horizontes Ap, enquanto há um aumento nos valores das densidades real e aparente.

Os resultados das análises de agregados são apresentados nos Quadros 6, 7 e 8, representando a média de três repetições.

A distribuição das classes de agregados, pelos dois critérios de estabilidade, em água e a seco, neste caso é semelhante. Entretanto cada horizonte mostra que existe uma diferença fundamental na distribuição das classes de agregados, classificando-se em macro agregados e microagregados, isto baseado no critério do tamanho dos agregados, sendo que o limite entre os dois tipos de agregados é da ordem de 1 mm de diâmetro (GROHMANN, 19).

Observando o Quadro 6, referente à distribuição das classes de agregados na série Iracema, nota-se a tendência de aumentar a porcentagem à medida que diminui o tamanho da classe de agregados; sendo observados os valores mais altos nos níveis corresponden -

tes aos microagregados, o que indica a pouca estabilidade dos agregados do solo. Estas características apresentam-se de maneira semelhante para os dois critérios de análise e ambos os horizontes estudados.

Na série Quebra-Dente (Quadro 7) observa-se nitidamente a diferença de comportamento deste solo face à aplicação dos critérios de micro e macro agregados. As porcentagens de macroagregados são muito mais elevadas, o que indica uma maior estabilidade dos agregados do solo pelos dois critérios de análise. Estes valores variam significativamente de um horizonte para outro, sugerindo maior estabilidade no horizonte Ap do perfil estudado.

Observando o Quadro 8, referente à distribuição percentual das classes de agregados nos horizontes Ap e B₂ da série Godinhos, observa-se também uma nítida separação entre a faixa dos macro e microagregados, embora a tendência seja oposta à observada na série Quebra-Dente. Os valores maiores ocorrem nos níveis de microagregados, atingindo o valor máximo nos agregados com diâmetro inferior a 0,25mm, o que indicaria a pouca estabilidade dos agregados. Contudo, pode-se verificar que no horizonte B₂, encontraram-se percentuais relativamente elevados para a classe de agregados com diâmetro entre 4-7 mm, o que evidenciaria maior estabilidade dos agregados no horizonte B₂. Esta tendência ficou melhor evidenciada pelo método de peneiramento a seco; neste caso, a classe de agregados com diâmetro de 4-7 mm foi a que apresentou o maior valor percentual no horizonte B₂.

A distribuição das classes de agregados em cada horizonte das séries estudadas pode ser observada mais claramente nas figuras 7 e 8.

QUADRO 6 - Distribuição porcentual das classes agregados nos horizontes Ap e B₂ da série Iracema (média de 3 repetições).

CLASSES DE AGREGADOS (mm)	PENEIRAMENTO EM ÁGUA				PENEIRAMENTO A SECO			
	HORIZONTE Ap		HORIZONTE B ₂		HORIZONTE Ap		HORIZONTE B ₂	
	I*	II*	I*	II*	I*	II*	I*	II*
7-4	7,7	6,9	10,8	11,5	13,0	12,9	11,3	11,6
4-2	14,1	14,2	13,5	14,0	14,6	14,8	13,1	13,3
2-1	16,4	16,5	14,6	14,6	18,6	18,4	15,6	15,5
1-0,5	17,9	18,0	17,3	17,7	20,8	21,2	17,1	17,9
0,5-0,25	19,4	19,5	20,9	20,5	23,9	23,6	21,3	22,6
< 0,25	24,5	24,5	22,9	21,7	7,1	9,1	21,6	19,1

(*) Os algarismos I e II correspondem às amostras tomadas do mesmo horizonte.

QUADRO 7 - Distribuição porcentual das classes de agregados nos horizontes Ap e B₂ da série Quebra-Dente (média de 3 repetições).

CLASSES DE AGREGADOS (mm)	PENEIRAMENTO EM ÁGUA				PENEIRAMENTO A SECO			
	HORIZONTE Ap		HORIZONTE B ₂		HORIZONTE Ap		HORIZONTE B ₂	
	I*	II*	I*	II*	I*	II*	I*	II*
7-4	42,4	42,2	29,2	31,3	50,4	48,2	31,4	33,1
4-2	26,6	17,9	27,8	28,1	23,4	20,2	28,3	30,0
2-1	13,8	16,7	26,1	25,5	14,4	14,2	24,4	26,2
1-0,5	7,6	10,9	8,0	7,2	4,7	9,9	6,0	6,7
0,5-0,25	5,4	6,9	4,7	4,8	4,1	4,2	5,7	2,1
< 0,25	4,2	5,4	4,2	3,1	3,0	3,3	4,2	1,9

(*) Os algarismos I e II correspondem às amostras tomadas do mesmo horizonte.

QUADRO 8 - Distribuição porcentual das classes de agregados nos horizontes Ap e B2 da série Godinhos (média de 3 repetições).

CLASSES DE AGREGADOS (mm)	PENEIRAMENTO EM ÁGUA				PENEIRAMENTO A SÊCO			
	HORIZONTE Ap		HORIZONTE B2		HORIZONTE Ap		HORIZONTE B2	
	I*	II*	I*	II*	I*	II*	I*	II*
7-4	1,7	1,6	21,0	21,0	2,1	1,5	24,1	25,1
4-2	2,9	2,5	5,6	8,7	3,6	2,0	12,8	13,2
2-1	6,6	5,6	4,4	9,7	5,9	5,1	8,7	10,2
1-0,5	19,4	18,6	15,9	18,4	16,8	17,2	22,1	18,4
0,5-0,25	17,5	17,5	13,0	12,0	19,7	19,6	17,4	16,9
< 0,25	51,9	54,2	40,1	30,2	51,9	54,6	14,9	16,2

(*) Os algarismos I e II correspondem às amostras tomadas do mesmo horizonte.

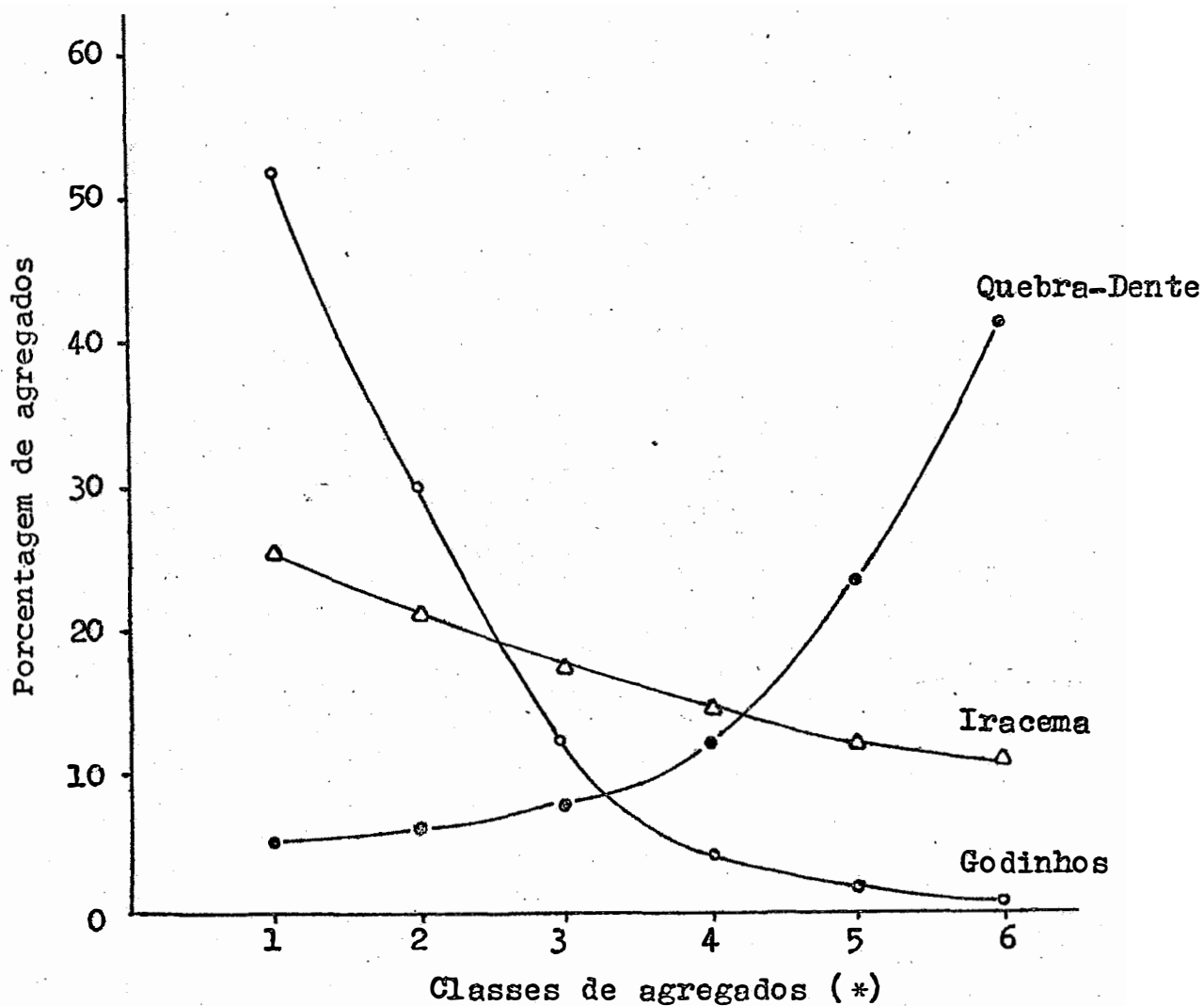


FIG. 7 - Distribuição dos agregados nos horizontes Ap das três séries de solo.

(*) Referência:

Classes de agregados (mm)

1 = A 0,25

3 = 0,5 - 1

5 = 2 - 4

2 = 0,25 - 0,5

4 = 1 - 2

6 = 4 - 7

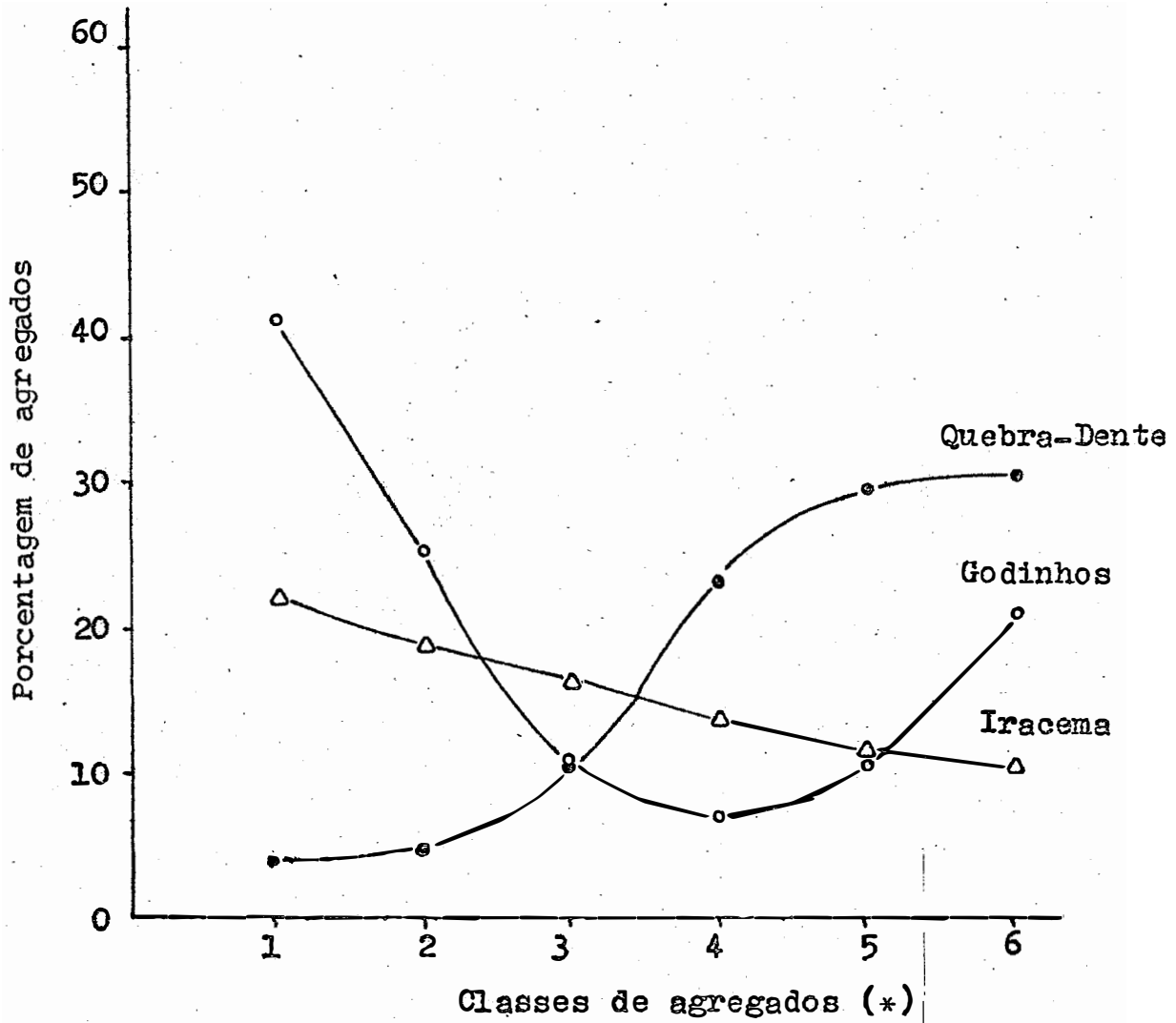


FIG. 8 - Distribuição dos agregados nos horizontes B₂ das três séries de solos.

(*) Referência:

Classes de agregados (mm)

1 = < 0,25

3 = 0,5 - 1

5 = 2 - 4

2 = 0,25 - 0,5

4 = 1 - 2

6 = 4 - 7

5 . DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

5.1 . Série Iracema

5.1.1 . Efeito da matéria orgânica

O efeito da matéria orgânica sobre o grau de agregação não foi verificado, discordando das conclusões de MYERS (31), CHESTER (8), e MAZURAK & RAMIG (28), que afirmaram ser a matéria orgânica fundamental na estabilidade dos agregados, devido a sua ação cimentante. GREENLAND (14) chegou a conclusão semelhante, afirmando que a estabilidade dos agregados estava correlacionada com a quantidade de carbono orgânico que possuem. Estudando solos pertencentes ao mesmo grande grupo Latossol Roxo, QUEIROZ NETO e GROHMANN (34), confirmam o efeito positivo da matéria orgânica.

Por outro lado, RANZANI et al. (36) observaram que o aumento no índice de agregação de um Latossol Vermelho Escuro, não deve ser atribuído à elevação do conteúdo de matéria orgânica.

Os resultados obtidos concordam também com aqueles apresentados por OLIVEIRA et al. (32), os quais concluíram haver uma ação depressiva sobre a estabilidade dos agregados quando possuem teores elevados de carbono, principalmente se acompanhado da aplicação de calcário ou adubo mineral.

5.1.2 - Efeito do Fe_2O_3 livre

Também não foi verificado o efeito do Fe_2O_3 livre, resultado que contraria as conclusões de CHESTER (8), que menciona Fe_2O_3 livre como um agente cimentante e incrementante da agregação do solo, bem como GROHMANN e ARRUDA (17), os quais concluíram que Fe_2O_3

livre atua como um forte cimentante dos agregados do solo. Por outro lado, os resultados obtidos concordam com a afirmação de RANZANI (38) de que esta série possui alto teor de Fe_2O_3 livre devido à composição do material de origem; concordam também com os resultados obtidos por MARCOS (24).

5.1.3 - Efeito do conteúdo de argila

Foi verificado o efeito positivo do conteúdo de argila no estado de agregação do solo, porém, apesar do elevado conteúdo de argila, os agregados mostram pouca estabilidade, resultados que concordam com a conclusão de PETERSON (33) que a ação cimentante da argila, depende do tipo de argila e do íon saturante. Concordam também com HARRIS et al. (20), os quais afirmaram que os agregados com alto conteúdo de argila apresentam alguma instabilidade.

Por outro lado, contrariam até certo ponto, as observações de YODER (41) e VAN BAVEL (40), segundo os quais a argila é essencial como agente cimentante para a formação e estabilidade dos agregados do solo.

Os resultados obtidos sugerem que nos agregados menores que 1 mm os efeitos do elevado conteúdo de argilas de baixa atividade apresentam maior evidência.

5.1.4 . Efeito do conteúdo de íons

Com relação ao efeito dos íons presentes nas amostras, os resultados obtidos com as conclusões de OLIVEIRA et al. (32): a variação dos teores dos elementos nas diferentes classes de tamanho de agregados, não apresenta diferenças significativas, razão pela qual foram tomados para discussão os valores dos íons contidos nas

amostras.

O baixo teor de cálcio e pouca estabilidade dos agregados observados na série Iracema, corroboram as conclusões de MAZURAK (27), que notou considerável efeito do cálcio na agregação das partículas do solo; quanto ao potássio, no solo estudado presente com teor médio, não contribuiu para a estabilidade dos agregados. Por outro lado, os resultados obtidos corroboram os de JONES e MARTIN (22), de que o efeito do cálcio e magnésio nas classes menores é maior, portanto tende a reduzir a estabilidade dos agregados.

A constatação de baixo teor de fosfato, juntamente com baixo grau de estabilidade dos agregados, indiretamente corrobora a afirmação de CECCONI et al. (6), segundo os quais um alto teor de fosfato é efetivo na agregação do solo.

5.2 . Série Quebra-Dente

5.2.1 . Efeito da matéria orgânica

Foi constatado o efeito significativo da matéria orgânica no estado de agregação, fato que concorda com as conclusões de MAZURAK e RAMIG (28) e com os resultados de Musgrave e Norton citado por FREIRE (13). Concorda também com os resultados de QUEIROZ NETO et al. (35), segundo os quais a matéria orgânica tem uma ação muito nítida sobre a quantidade de agregados e sua estabilidade em solos Podzólicos. Concorda ainda com OLIVEIRA et al. (32), segundo os quais em solos Podzólicos os agregados estão intimamente relacionados com a quantidade de matéria orgânica. O mesmo se pode dizer com relação aos resultados obtidos por HARRIS et al. (20).

5.2.2 . Efeito do Fe_2O_3 livre

Foi positivo o efeito do Fe_2O_3 livre, corroborando os resultados obtidos por MARTIN et al. (25), os quais concluíram que o Fe_2O_3 livre atua como cimentante, associado com outros agentes, em vários tipos de solos; demonstraram também que em várias frações de agregados, a estabilidade dos mesmos era devida à presença deste óxido. Confirma também as conclusões de CHESTER (8) e de GROHMANN e ARRUDA (17).

Por outro lado, os resultados obtidos não concordam com os de HARRIS et al. (20), que concluíram ser marcante o efeito do Fe_2O_3 na agregação, com tendência a ser mais importante nas frações menores.

5.2.3 . Efeito do conteúdo de argila

O efeito positivo do conteúdo de argila foi constatado no horizonte B_2 , enquanto que no horizonte A_p não apresenta a mesma evidência.

A influência da argila no horizonte B_2 , está de acordo os resultados obtidos por YODER (41) e PETERSON (33). Este fato foi observado por MARTIN et al. (25), os quais concluíram que a argila possui uma ação cimentante na agregação das partículas do solo, ação esta que depende do tipo de argila predominante. A esse respeito, CLEMENT e WILLIAMS (9) concluíram que há uma pequena evidência de interação entre a textura do solo e a tendência de estabilização dos agregados. Também concordam com as observações de HARRIS et al. (20) e de AYLMOORE e QUIRK (1).

Segundo QUEIROZ NETO et al. (35), a não influência da argila na agregação do horizonte Ap em solo Podzólico se deveria à porcentagem de cálcio trocável que exerce uma ação depressiva, tanto sobre a quantidade como na estabilidade dos agregados.

Verifica-se assim, que os efeitos dos fatores anteriormente mencionados, em solos da série Quebra-Dente, são muito significativos nos agregados superiores a 1 mm, fato que é corroborado pela maioria dos autores citados.

5.2.4 . Efeito do conteúdo de íons

Com relação ao efeito do conteúdo de íons, os resultados obtidos mostram que, com respeito ao cálcio, não corrobora os resultados observados por MAZURAK (27) e JONES e MARTIN (22) que concluíram pela efetividade do cálcio na agregação.

Concordam com os resultados apresentados por BAVER (3), o qual conclui que o efeito direto do cálcio na agregação não é positivo, bem como com os de QUEIROZ NETO et al. (35) e de OLIVEIRA et al. (32), segundo os quais o cálcio exerce uma ação depressiva, tanto sobre a quantidade dos agregados como na sua estabilidade.

Por outro lado, discorda dos resultados obtidos por EL-SWAIFY (11), segundo o qual o efeito do cálcio e magnésio (teor médio a baixo) produz menor estabilidade dos agregados de sub-superfície.

Quanto ao efeito do fosfato, não corrobora os resultados de CECCONI et al. (6), porque no caso da série Quebra-Dente os agregados apresentaram boa estabilidade apesar do conteúdo de fosfato

ser muito baixo.

5.3 . Série Godinhos

5.3.1 . Efeito da matéria orgânica

O efeito da matéria orgânica sobre o grau de agregação das partículas deste solo, não foi verificado. Este fato corrobora as conclusões de Bertrausom e Rhoades citados por FREIRE (13) e de KLINTWORTH (23), sugerindo que a estabilidade dos agregados depende dos produtos de decomposição da matéria orgânica e não do conteúdo total deste no solo.

Por outro lado, discorda das conclusões de BREMNER (5), que afirma ter a matéria orgânica um acentuado efeito na agregação e posteriormente na estruturação do solo. Também discorda das conclusões de QUEIROZ NETO et al. (35), de OLIVEIRA et al. (32) e de HARRIS et al. (20) que concluíram que o efeito da matéria orgânica é decisivo para o aumento da quantidade e estabilidade dos agregados.

5.3.2 . Efeito do Fe_2O_3 livre

Os resultados obtidos com relação ao efeito do Fe_2O_3 livre contrariam, até certo ponto, as conclusões de MARTIN et al. (25), segundo os quais este óxido atua como cimentante para a agregação do solo, principalmente no horizonte B_2 . No caso da série Godinhos, observou-se um percentual relativamente elevado na classe de agregados de 4-7 mm e nas classes inferiores a 1 mm, isto no horizonte B_2 . O mesmo se pode dizer com relação aos resultados observados por BOEKEL (4), CHESTER (8) e GROHMANN e ARRUDA (17).

Segundo GREENLAND (14), consegue-se estabilidade

dos agregados com Fe_2O_3 , juntamente com Fe_2Al_3 e materiais orgânicos, o que poderia explicar o ocorrido neste caso. Por outro lado, são concordantes com os resultados obtidos por HARRIS et al. (20), que acharam marcada influência do Fe_2O_3 livre nas frações dos microagregados.

5.3.3 . Efeito do conteúdo de argila

O efeito positivo do conteúdo de argila no estado de agregação foi evidenciado até certo ponto, sendo o efeito mais significativo no horizonte B_2 . Estes resultados são concordantes, nesse ponto, com as conclusões de MYERS (31) e PETERSON (33).

Concordam também com GREENLAND (14), que considera importante no processo de formação dos agregados, a interação entre argila e humo.

Estas afirmações não se aplicam no caso do horizonte Ap . Por outro lado, os resultados obtidos neste horizonte, são concordantes com as conclusões de QUEIROZ NETO et al. (35), a respeito da ação depressiva do cálcio sobre a quantidade e a estabilidade dos agregados.

5.3.4 . Efeito do conteúdo de íons

No tocante ao efeito dos íons contidos nas amostras, sobre a agregação do solo, os resultados obtidos não corroboram as conclusões de BAVER (3) e de MAZURAK (27), segundo os quais o cálcio possui uma ação favorável na agregação. Não corroboram também os resultados observados por Broocks citado por FREIRE (13), sugestivos de que a ação do cálcio e potássio eram semelhantes e favoráveis na agregação e na sua estabilidade.

Por outro lado, corroboram as observações de QUEIROZ NETO et al. (35), OLIVEIRA et al. (32) e EL-SWAIFY (11), que concluíram ocorrer ação depressiva do cálcio e magnésio no estado de agregação do solo.

Concorda com as conclusões de CECCONI et al. (6) a respeito da influência do fosfato, pois este se apresenta com teor relativamente mais elevado no horizonte B₂ do que no Ap, sendo a agregação mais estável naquêlê horizonte.

5.4 . Comparação entre solos

Os resultados da análise de agregados mostram que a série Quebra-Dente contém maior quantidade de macroagregados (maior que 1 mm) sendo mais elevado no horizonte Ap e embora as diferenças com o horizonte B₂ não sejam muito grandes, correspondem a um valor total de cêrca de 10%, favorável ao Ap. Por outro lado, a série Godinhos apresenta as porcentagens mais baixas neste nível de agregados - sendo mais significativa a diminuição no horizonte Ap, comparativamente com a soma das classes de macroagregados no horizonte B₂. Situa-se em posição intermediária a série Iracema, sendo que neste caso a distribuição das classes de agregados aumenta dos maiores (4-7 mm) para os intermediários e mais ainda dêstes para os menores, sem observar uma distinção nítida entre o nível de separação entre macro e micro-agregados, resultados concordantes com os observados por MARCOS (24) para esta mesma unidade de solo.

Observa-se que a série Quebra-Dente apresentou a maior estabilidade, tanto pelo método de peneiramento em água, como a sêco, seguindo-se a série Iracema que apresentou uma redução apreciá-

vel na estabilidade dos agregados. Isto confirma as conclusões de QUEIROZ NETO e GROHMANN (34), em seu estudo sôbre estrutura de Terra Roxa influenciada pelo uso do solo. A série Godinhos, por outro lado, mōstrou redução considerável na estabilidade, com ruptura de cêrca de 85% dos agregados maiores que 1 mm para o horizonte Ap e cêrca de 75% para o horizonte B₂, em relação ao total de agregados separados das amostras. Estes resultados são aproximados aos obtidos por OLIVEIRA et al. (32), em que solos Podzólico Vermelho Amarelo cultivados anualmente, apresentaram apenas 30 - 35% de agregados estáveis em água.

Os resultados obtidos indicam que não existe correlação entre a matéria orgânica e agregação na série Iracema, discordando das observações de BAVER (3) e de QUEIROZ NETO e GROHMANN (34). Por outro lado, concordam com McCALLA (29), segundo o qual materiais orgânicos com diferentes atributos, podem exercer efeitos variados sôbre a estrutura do solo; e que a estabilidade dos agregados é mais influenciada pela qualidade do que pela quantidade de matéria orgânica. É possível também que o comportamento dos agregados da série Quebra-Dente esteja na dependência da qualidade e não da quantidade de matéria orgânica, como fôra verificado para a série Iracema. Esta conclusão não é válida para o caso da série Godinhos, no qual se observam teores relativamente altos de matéria orgânica e pouca estabilidade dos agregados.

Segundo Koloskoya e Shclukina citados por OLIVEIRA et al. (32), os teores de matéria orgânica aumentam dos agregados maiores para os menores. Esta afirmação é corroborada pelos resultados obtidos para ambos os horizontes da série Iracema e o horizonte Ap da série Godinhos, não sendo confirmada para ambos os horizontes da série Quebra-Dente e o horizonte B₂ da série Godinhos, para os

quais os teores da matéria orgânica diminuíram dos agregados maiores para os menores.

Observando e comparando os teores de Fe_2O_3 livre - nota-se que não existe uma correlação entre este óxido e a estabilidade dos agregados na série Iracema, confirmando a conclusão de RANZANI (38). Na série Quebra-Dente foi evidente a correlação, corroborando as observações de MARTIN et al. (25), CHESTER (8) e GROHMANN e ARRUDA (17). Na série Godinhos os teores de Fe_2O_3 livre e estabilidade dos agregados se correlacionam apenas no horizonte B_2 . Os teores deste componente do solo diminuíram progressivamente dos agregados maiores para os intermediários, chegando nos valores máximos, nos menores, só mente no caso do horizonte A_p da série Godinhos, ocorrendo o contrário para ambos os horizontes da série Quebra-Dente e para o horizonte B_2 da série Godinhos. No caso da série Iracema, os teores de Fe_2O_3 livre permanecerão praticamente constantes em ambos os horizontes.

A variação dos teores de argila em função do tamanho dos agregados foi desprezível, não permitindo a obtenção de correlações, embora apresentassem porcentagens de argila bem diferentes para as séries de solos estudadas. Contudo, observa-se que existe uma relação estreita entre a estabilidade dos agregados e o conteúdo de argila no caso do horizonte B_2 da série Quebra-Dente, confirmando os resultados de YODER (41), PETERSON (33) e MARTIN et al. (25). Este efeito não é verificado para os demais casos.

6 . CONCLUSÕES

Os resultados obtidos, nas condições em experimento foram conduzidos, permitiram, para cada um dos solos estudados, as conclusões apresentadas a seguir.

6.1 . Série Iracema

a) - Não houve muita variação na distribuição percentual das classes de agregados, tanto no horizonte Ap como no horizonte B₂. Contudo, observou-se uma tendência para predominância dos agregados menores que 1 mm.

b) - Não se observou correlação entre o conteúdo de matéria orgânica e o grau de agregação.

c) - O conteúdo de Fe₂O₃ livre não apresentou efeito positivo no grau de agregação.

d) - O conteúdo de argila, embora fôsse elevado, não apresentou efeitos sensíveis na estabilidade dos agregados.

e) - Provavelmente, existe uma correlação entre a pouca estabilidade dos agregados e os baixos conteúdos de cálcio, magnésio, potássio e fosfato.

6.2 . Série Quebra-Dente

a) - Houve grande variação na distribuição percentual das classes de agregados, em cada horizonte e entre os horizontes Ap e B₂, observando-se uma tendência para agregação mais estável no horizonte Ap.

b) - O conteúdo de matéria orgânica teve efeito positivo no grau de agregação.

c) - O conteúdo de Fe_2O_3 livre mostrou correlação com a formação de agregados maiores que 1 mm, em ambos os horizontes.

d) - O efeito do conteúdo de argila no grau de agregação foi significativo no horizonte B_2 .

e) - Não foi observada correlação entre o estado de agregação e o conteúdo de cálcio, magnésio, potássio e fósforo.

6.3 . Série Godinhos

a) - houve grande variação na distribuição percentual das classes de agregados, em cada horizonte e entre os horizontes A_p e B_2 , observando-se uma tendência para agregação mais estável no horizonte B_2 .

b) - Não houve correlação entre o conteúdo de matéria orgânica e o estado de agregação.

c) - O conteúdo de Fe_2O_3 livre influenciou favoravelmente no grau de agregação do horizonte B_2 .

d) - Houve correlação entre o conteúdo da argila e o grau de agregação do horizonte B_2 .

e) - Não foi observada correlação entre a agregação e os conteúdos de cálcio, magnésio, potássio e fósforo.

6.4 - Conclusões Gerais

A comparação entre os resultados obtidos para os três solos estudados possibilitou que se tirassem as seguintes conclusões

sões de caráter geral :

a) - O estado de agregação depende da natureza dos solos e dos horizontes, podendo ser influenciado por vários fatores e de maneiras diferentes.

b) - Nos horizontes Ap, a série Quebra-Dente foi a que apresentou maior estabilidade dos agregados, sendo menor na série Godinhos; a série Iracema colocou-se numa posição intermediária.

c) - Nos horizontes B₂, a série Quebra-Dente foi a que apresentou maior estabilidade dos agregados, não havendo, praticamente, diferença entre as séries Godinhos e Iracema.

d) - A matéria orgânica teve efeito positivo para a agregação somente na série Quebra-Dente.

e) - O conteúdo de Fe₂O₃ livre mostrou-se positivo para a agregação em ambos os horizontes da série Quebra-Dente e no horizonte B₂ da série Godinhos.

f) - O conteúdo de argila mostrou efeito positivo no estado de agregação dos horizontes B₂ das séries Quebra-Dente e Godinhos.

g) - Não foi observada correlação entre o grau de agregação e os conteúdos de cálcio, magnésio, potássio e fosfato, sendo provável que isso ocorra na série Iracema.

7 . RESUMO

Este trabalho foi realizado com a finalidade de caracterizar o estado estrutural de três solos de natureza diferentes , submetidos ao mesmo uso agrícola (cultura de cana-de-açúcar).

Foram escolhidas três unidades de solos, identificadas e classificadas ao nível de série sob as designações de Iracema , Quebra-Dente e Godinhos; estas séries se enquadram em três unidades de mapeamento ao nível de reconhecimento, designadas respectivamente como Latossol Roxo, Podzólico Vermelho Amarelo - variação Laras e Podzólico Vermelho Amarelo - variação Piracicaba.

De cada solo foram tomadas amostras em duplicatas , para análise de agregados, dos horizontes Ap e B₂.

Além da caracterização analítica das amostras, procedeu-se à análise de agregados, utilizando-se dois métodos: peneiramento a seco e peneiramento em água.

A comparação entre os resultados obtidos para as três séries de solo, permitiu que se tivessem as seguintes conclusões gerais :

a) - O estado de agregação depende da natureza dos solos e dos horizontes, podendo ser influenciado por vários fatores e de maneiras diferentes.

b) - Nos horizontes Ap, a série Quebra-Dente foi a que apresentou maior estabilidade dos agregados, sendo menor na série Godinhos: a série Iracema colocou-se numa posição intermediária.

c) - Nos horizontes B₂, a série Quebra-Dente foi a

que apresentou maior estabilidade dos agregados, não havendo, praticamente, diferença entre as séries Godinhos e Iracema.

d) - A matéria orgânica teve efeito positivo para a agregação somente na série Quebra-Dente.

e) - O conteúdo de Fe_2O_3 livre mostrou-se positivo para a agregação em ambos os horizontes da série Quebra-Dente e no horizonte B₂ da série Godinhos.

f) - O conteúdo de argila mostrou efeito positivo no estado de agregação dos horizontes B₂ das séries Quebra-Dente e Godinhos.

g) - Não foi observada correlação entre o grau de agregação e os conteúdos de cálcio, magnésio, potássio e fosfato, sendo provável que isso ocorra na série Iracema.

8 . SUMMARY

This work was conducted with the purpose of characterizing the structure of three distinct soils under similar cropping systems (sugar-cane).

The soils selected for this study were identified and classified at the series level as Iracema, Quebra-Dente and Godinhos. These soil series belong to three soil mapping units at the reconnaissance level. There are, respectively: Roxo Latosol, Red-Yellow Podzolic - Laras variety and Red - Yellow Podzolic - Piracicaba variety.

Soil samples were taken in duplicate from the Ap and B₂ horizons. These samples were used for the analytical characterization of these horizons and for aggregate analysis by two methods, namely, wet and dry sieving.

A comparative study of the results obtained for the three soil series led to the following general conclusions:

a) - The state of aggregations depends on the nature of the soils and the horizons. It may however, be modified by various factors in different ways.

b) - Aggregate stability in the Ap horizon was greater for the Quebra-Dente series, intermediate for Iracema and lesser for Godinhos.

c) - Aggregate stability in the B₂ horizon was greater for the Quebra-Dente series and practically identical for the Godinhos and Iracema series

d) - A positive relationship between aggregation and organic matter content was found for the Quebra-Dente series.

e) - A positive relationship between aggregation and free iron oxide content (Fe_2O_3) was found for the Ap and B₂ of Quebra-Dente series and for the B₂ of Godinhos series.

f) - A positive relationship between aggregation and clay content was found for the B₂ horizons of Quebra-Dente and Godinhos series.

g) - No relationship was found between degree of aggregation and calcium, magnesium, potassium and phosphate content in these soils. It is probable, however, that such a relationship exists in the Iracema soil.

9 . LITERATURA CITADA

- 1 . AYLMOORE, L.A.G. & QUIRK, J.P. The micropore size distributions of clay mineral systems. J. Soil Sci., Oxford, 18: 1-18, 1967
- 2 . BARROWS, H.L. & SIMPSON, E.C. An EDTA for the direct routine determination of calcium and magnesium in soil and plant tissues. Proc. Soil Sci. Soc. Am., 26: 443-5, 1962.
- 3 . BAVER, L.D. Soil physics. 2. ed. New York, John Wiley, 1948. 390 p.
- 4 . BOEKEL, P. The effect of absorbed and soluble cations on the soils structure of clay soils Soils Fertil., Harpenden, 22 (3), 1959.
- 5 . BREMNER, J.M. Some soil organic matter problems. Soils Fertil., Harpenden, 19 (2): 115-22, 1956.
- 6 . CECCONI, S. et alii. Soil structure and chemical fertilizers - effect of various cations and anions on the structural stability of soil. Soils Fertil., Harpenden, 26 (3), 1963.
- 7 . CHEPIL, W.S. A compact rotary sieve and the importance of dry sieving in physical soil analysis. Proc. Soil Sci. Soc. Am., 26: 4-6, 1962.
- 8 . CHESTER, G. Soil aggregation and organic matter decompositions Soils Fertil., Harpenden, 23 (3), 1960.

- 9 . CLEMENT, C.R. & WILLIAMS, T.L. An examination of the method of aggregates analysis by wet sieving in relation to the influence of diverse leys on arable soils. J. Soil Sci., Oxford, 9 (2): 252-66, 1958.
- 10 . COMISSÃO DE SOLOS Centro Nacional de Ensino e Pesquisas - Agronômicas Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado de São Paulo. Rio de Janeiro, 1960 634 p (Boletim nº 12).
- 11 . EL-SWAIFY, S.A. The stability of saturated soil aggregates in certain tropical soils affected by solutions composition Soil Sci., 109: 197-202, 1970.
- 12 . FREIRE, O. Dispersão de solos: estudo comparativo de tratamentos químicos empregados no preparado das amostras para análise mecânica. Piracicaba, 1963. 108p. (Doutoramento - ESALQ).
- 13 . _____ Agregação de solos: efeito da matéria orgânica, calagem, adubação e vegetação. Piracicaba, 1967. 103 p. (Livre-Docência - ESALQ).
- 14 . GRENLAND, D.J. Interaction between clays and organic compounds in soils. II. Adsorption of soil organic compounds and its effect on soil properties. Soils Fertil., Harpenden, 28 (6): 521-31, 1965.
- 15 . GREWELING, T. & PEECH, M. Chemical soil tests. Bull. Cornell Univ. Agric. Exp. Stn., Ithaca, (960): 1-54, 1964.
- 16 . GROHMANN, F. Análise de agregados de solos. Bragantia, Campinas, 19: 201-13, 1960.

- 17 . GROHMANN, F. & ARRUDA, H.V. Influência do preparo do solo -
sobre a estrutura de terra roxa legitima. Bragantia,
Campinas, 20: 1203-9, 1961.
- 18 . _____ et alii. Influência da adubação nas caracterís-
ticas dos agregados da série Chapadão (Latossol Roxo).
Bragantia, Campinas, 25: 263-75, 1966.
- 19 . _____ "Estrutura dos solos". In: CURSO BÁSICO DE
SOLOS, 1. Campinas, 1969, Instituto Agrônômico, 1969.
- 20 . HARRIS, R.F. et alii. Dynamics of soil aggregates. Adv.
Agron., New York, 18: 107-69, 1966.
- 21 . JACKSON, M.L. Soil chemical analysis Englewood Cliffs,
N.J., Prentice - Hall, 1960. 498p.
- 22 . JONES, M.B. & MARTIN, W.P. Methods of evaluating aggregate
stabilization by H.P.A.N as it is affected by various
inorganic salts. Soil Sci. 83: 475-9, 1957.
- 23 . KLINTWORTH, H. Organic matter and soil structure. Soil
Fertil., Harpenden, 19 (3), 1956.
- 24 . MARCOS, Z.Z. Estrutura, agregação e água do solo. Piraci-
caba, 1968. 55p. (Doutoramento - ESALQ).
- 25 . MARTIN, J.P. et alii. Soil aggregations Adv. Agron., New
York, 7: 1-37, 1955.
- 26 . MAZURAK, A.P. Effect of gaseous phase on water - stable
synthetic aggregates. Soil Sci., 69: 135-47, 1950.
- 27 . _____ Aggregation of colloidal clay from Hesperia
Sandy Loam as affected by univalent and calcium ions.
Soil Sci., 76: 181-91, 1953.

- 28 . MAZURAK, A.P. & RAMIG, R.E. Aggregation and air water permeabilities in a chernozem soil - cropped to perennial grasses and follow grain. Soil Sci., 94: 151-7, 1962
- 29 . McCALLA, T.M. Influence of microorganismus and some organic substances on soil structure. Soil Sci., 59: 287-97, 1945.
- 30 . MORETTI FILHO, J. Normas e recomendações para a preparação de trabalhos científicos. B. div. Esc. Sup. Agric., "Luiz de Queiroz", Piracicaba (2): 1, 1962
- 31 . MYERS, H.E. Physico - chemical reations between organic and inorganic soil colloids related to aggregates formations Soil Sci., 44: 331-59, 1937
- 32 . OLIVEIRA, J.B. et alii Características dos agregados do solo Podzólico Vermelho Amarelo da Estação Experimental de Monte Alegre do Sul. Bragantia, Campinas, 25: 445-55, 1966.
- 33 . PETERSON, J.B. The role of clay minerals in the formation of soil structure. Soil Sci., 61: 247-56, 1946.
- 34 . QUEIROZ NETO, J.P. & GROHMANN, F. Estado de agregação da Terra Roxa (Série Chapadão) num ensaio de adubação de milho. Bragantia, Campinas, 22: 636-46, 1963.
- 35 . _____ et alii. Característica da estrutura de um Podzólico Vermelho Amarelo da Estação Experimental de Monte Alegre do Sul. Bragantia, Campinas, 26: 117-28, 1966.

- 36 . RANZANI, G. et alii Influência da cobertura morta sôbre a estrutura de solos. R. Agric., Piracicaba, 37 (4): 217-26, 1962.
- 37 . _____; FREIRE, O.; KINJO, T. Carta de solos do município de Piracicaba. Piracicaba, ESALQ, 1966. 85p.
- 38 . _____ Origem e desenvolvimento do solo. Piracicaba, ESALQ, 1967. 2v.
- 39 . _____ Pequeno guia para levantamento de solos. 2 ed. Piracicaba, ESALQ, 1968. 22p.
- 40 . VAN BAVEL, C.H.M. Mean - weight diameter of soil aggregates as a statistical index. Proc. Soil Sci. Soc. Am., 14: 20-3, 1949.
- 41 . YODER, R.E. A direct method of aggregates analysis of soils and a study of the physical nature of crosion losses. J. Am. Soc. Agron., Washington, 28: 337-51, 1936
- 42 . YUAN, T.N. Determination of exchangeable hydrogen in soil by titration method. Soil Sci., 88; 164-7, 1959.