



## VALIDAÇÃO DE MÉTODO DE DETERMINAÇÃO DE ÍNDICE DE AGREGAÇÃO DO SOLO PARA FINS AGRONÔMICOS E AMBIENTAIS

RAFAEL B. S. DELLA BARBA<sup>1</sup>; ISABELLA C. DE MARIA<sup>2</sup> & SONIA C. F. DECHEN<sup>3</sup>

Nº 11162

### RESUMO

O objetivo do trabalho foi validar o método de determinação da estabilidade de agregados do solo por via úmida utilizado no Laboratório de Física do Solo do Instituto Agrônomo (IAC), avaliando-o criticamente e propondo melhorias.

O índice da estabilidade de agregados é importante ferramenta para determinação da qualidade agrônômica e ambiental do solo, uma vez que essa estabilidade é função de outras variáveis como a concentração de matéria orgânica do solo (ácidos húmico e fúlvico), mobilização do solo, atividade de organismos vivos etc. Agregados mais estáveis proporcionam ao solo resistência à erosão, melhoram a permeabilidade, aumentam a conservação da umidade e da fertilidade.

A determinação da estabilidade de agregados por via úmida é um método utilizado em vários laboratórios no Brasil e no exterior e deve, portanto, ser suficientemente confiável para possibilitar a comparação segura entre resultados de diferentes laboratórios. A partir da análise crítica método em uso no IAC e de outros publicados na literatura, foi estabelecido o procedimento para obtenção do resultado desejado para essa determinação.

A análise usou amostras de três solos coletados no Centro Experimental Central do IAC em Campinas. A análise estatística constou da repetitividade e desvio padrão para o método IAC e combinações de variações do método, que foram estabelecidas seguindo o teste de *Youden*, para determinação de robustez.

O resultado final foi a elaboração da instrução de método de ensaio (IME) que será utilizada no laboratório de Física de Solo do Instituto Agrônomo (IAC), sob o título IME-FIS-004 - Determinação de Índice de Agregação do Solo para fins Agrônômicos e Ambientais.

### ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate and propose improvements to the method of Soil Wet-Aggregate Stability, used in the Agronomic Institute (IAC).

The index of aggregate stability is an important tool for determining the agronomic and environmental quality of soils, since this stability is a function of other variables such as concentration of soil organic matter (humic and fulvic acid), tillage, activities of living organisms etc. Stable aggregates provide soil erosion resistance, permeability, moisture conservation and fertility to soils.

The aggregate stability determination is a method used in several laboratories in Brazil and outside, therefore must be trusted to allow a reliable comparison between results from different laboratories.

A critical analysis of the usual method and other published in literature was organized to obtain a correct procedure for best results in the determination. Analyzing three soils collected at Experimental Center of IAC, located in Campinas, standard deviation and repeatability was calculated, and also for the usual method and some variations, which were established following the *Youden* test for determination, method strength was analyzed.

<sup>1</sup> Bolsista CNPq: Graduação em Eng. Ambiental, PUC, Campinas-SP, rafael\_dbarba@yahoo.com.br.

<sup>2</sup> Orientadora: Pesquisadora Científica, Centro de P & D de Solos e Recursos Ambientais / IAC, Campinas-SP.

<sup>3</sup> Colaboradora: Pesquisadora Científica, Centro de P & D de Solos e Recursos Ambientais / IAC, Campinas-SP.

The end result was the elaboration of the method instruction EMI-FIS-004, which is entitled "Determination of Soil Aggregate Index for Agronomic and Environmental Purposes", and that will be used in Soil Physics Laboratory of the Agronomic Institute (IAC).

## INTRODUÇÃO

Os agregados são compostos por partículas de areia e silte que se mantêm unidas pela ação das argilas e da matéria orgânica que atuam como agentes cimentantes, formando unidades individualizadas chamadas unidades estruturais. Entre os torrões do solo encontram-se os poros maiores ou macroporos e, dentro dos torrões, os microporos. A quantidade de macroporos depende do modo com que os torrões se juntam, da mesma forma que o número de cômodos de uma casa depende da disposição de paredes (Lepsch, 2002).

Diferentemente da compactação, os agregados têm grande permeabilidade e permitem a penetração das raízes, a aeração do solo, a infiltração da água e conservação da umidade; logo, a qualidade ambiental do solo pode ser medida em função da quantidade e tamanhos desses aglomerados.

Observando a chuva caindo sobre o solo descoberto, Yoder observou que algumas partículas permaneciam unidas, mesmo com a dissipação da energia cinética das gotas de chuva sobre suas estruturas. A partir dessas observações foi desenvolvida uma análise para identificar a presença de partículas que permaneciam unidas, e com o passar dos anos e desenvolvimento de pesquisas o método foi aprimorado (Yoder, 1936).

As diferentes perturbações externas que possam vir a romper a estrutura dos agregados, agem sobre eles de maneiras diferentes. Um solo pode ser mais resistente ao impacto das gotas de chuva e outro mais resistente ao efeito abrasivo da enxurrada, e para cada efeito a ser estudado utiliza-se uma análise diferente. Para avaliar os efeitos da enxurrada é utilizado o peneiramento por via úmida e para efeitos do impacto das gotas de chuva métodos que a simulam.

A estabilidade de agregados é um importante indicador de qualidade do solo e diversos trabalhos utilizam análises provenientes da metodologia proposta por Yoder (1936) para avaliar a qualidade física e o efeito do uso e manejo do solo, como os de Mendes et al., 2003; Longo et al., 1999; Alvarenga et al., 1999. Os mesmos métodos têm sido utilizados para avaliar efeitos da calagem (Dalbianco et al., 2007), da aplicação de resíduos (De Maria et al., 2007), de teores de C (Assis et al., 2006) e da atividade microbiana (Passos et al., 2007) na estabilidade de agregados do solo e, ainda, a relação entre os agregados e a erodibilidade dos solos (Albuquerque et al., 2000). Os métodos mais utilizados pelos autores são Kemper & Chepil (1965) e Embrapa (1997).

Embora bastante utilizado por laboratórios de Universidades e Institutos de Pesquisa, esse método não tem norma técnica ABNT (as normas sobre agregados referem-se a agregados de asfalto, concretos e argamassas - comitê ABNT/CB-18). Também não existem programas de comparação entre laboratórios e materiais de referência certificados para a análise. Essa questão tem sido freqüentemente debatida por pesquisadores brasileiros. Já em 1994 Dechen apresentou levantamento realizado com associados da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo mostrando as diversidades metodológicas encontradas entre os que afirmavam usar o mesmo procedimento.

## OBJETIVO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o método de determinação da estabilidade de agregados do solo por via úmida utilizado no Laboratório de Física do Solo do Instituto Agrônomo (IAC), realizando uma análise crítica do procedimento e

determinando parâmetros de validação e incerteza da medição.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Análise crítica do método de avaliação da estabilidade de agregados em água

O método avaliado foi o utilizado pelo Laboratório de Física do Solo do Instituto Agronômico baseado em Kemper & Chepil (1965) com algumas alterações de procedimentos e de tamanho de crivo das peneiras. Para a análise crítica foi considerada a descrição desse método e também a do método descrito em Embrapa (1997), comparando-se as variações entre eles, os pontos da marcha analítica que geram dúvidas ao laboratorista e as grandezas de influência.

### Determinação analítica

Para a determinação da estabilidade dos agregados em água foram coletadas amostras da camada de 0-0,20 m de três classes de solo localizados no Centro Experimental Central do Instituto Agronômico, em Campinas: Latossolo férrico (em área com cultivo mecanizado de culturas anuais), Hidromórfico (em área com vegetação rasteira do tipo gramínea) e Argissolo (em área com bosque de árvores nativas).

O equipamento utilizado no Laboratório de Física do Solo do IAC para o peneiramento por via úmida tem frequência de 41 oscilações por minuto e amplitude de 5,1cm, tanto na verificação com os tanques cheios e com as peneiras, quanto na verificação sem peneiras e os tanques sem água. Já os métodos descritos por Kemper e Chepil (1965) e Embrapa (1997) utilizam equipamento com aproximadamente 30 oscilações por minuto e uma amplitude de 4 cm.

Foi determinado o valor do diâmetro médio ponderado (DMP) dos agregados de acordo com:

$$DMP = \sum_{i=1}^6 (x_i * w_i) \quad \text{equação (1)}$$

em que  $w_i$  é a proporção de cada classe em relação ao total e  $x_i$  é o diâmetro médio das classes de agregados (mm). Os valores dos DMPs calculados foram utilizados para as análises estatísticas propostas.

### Determinação do limite de repetitividade (DOQ-CGCRE-008)

Para determinação do limite de repetitividade do método foram realizadas sete repetições do procedimento, pelo mesmo analista, instrumentos e local, calculando-se o diâmetro médio ponderado nos três tipos de solo estudados.

O limite de repetitividade ( $r$ ) foi calculado por:

$$r = t_{\infty} \sqrt{2} \cdot S_r \quad \text{equação (2)}$$

Onde  $S_r$  é o desvio padrão,  $t_{\infty}$  (95%)=1,96 e  $t_{\infty}\sqrt{2}=2,8$ .

### Determinação da robustez

Para a determinação da robustez foram selecionados sete fatores de variação em diferentes etapas do procedimento analítico: a) tamanho inicial dos agregados; b) tempo de peneiramento a seco para separação dos agregados iniciais; c) massa de solo a ser utilizada no peneiramento úmido; d) modo de umedecimento dos agregados antes do peneiramento; e) tempo de umedecimento dos agregados; f) tipo de água para o umedecimento dos agregados; g) tipo de água para o peneiramento dos agregados.

Os valores dos fatores do método padrão e da variação foram respectivamente: a) tamanho inicial dos agregados de 9,52 a 4,00 mm e 13,00 a 2,00 mm; b) tempo de peneiramento a seco para separação dos agregados iniciais de 10 e 5 minutos; c) massa de solo a ser utilizada no peneiramento úmido de 50 e 25 gramas; d) modo de umedecimento dos agregados antes do peneiramento utilizando piceta ou borrifador até que os agregados atinjam o ponto de saturação; e) tempo de umedecimento dos agregados de 10 e 5

minutos; f) tipo de água para o umedecimento dos agregados da torneira e destilada; g) tipo de água para o peneiramento dos agregados da torneira e destilada. O jogo de peneiras utilizado foi 6,53, 4,00, 2,00, 1,00, 0,50 e 0,25 mm.

Com essas variações foi construída a matriz de combinações para

determinação da robustez do método seguindo instruções do DOQ-CGCRE-008 (INMETRO, 2007), conforme a tabela 1. Os ensaios foram realizados respeitando essa ordem e procedimentos, sendo realizadas três repetições de cada uma das variações.

**TABELA 1..** Matriz das combinações para determinação da robustez do método

		Peso da amostra (g)	Peneiramento		Umedecimento		Agregados (mm)	Resultado	
			Úmido (min.)	H2O	H2O	Tempo (min.)			Modo
Combinação ensaiada	Padrão	50	10	Torneira	Torneira	10	Piceta	9,00–4,00	P
	1° Variação	50	10	Destilada	Destilada	10	Piceta	9,00–4,00	s
	2° Variação	50	5	Torneira	Destilada	10	Borrifamento	12,7–2,00	t
	3° Variação	50	10	Destilada	Torneira	5	Borrifamento	12,7–2,00	u
	4° Variação	50	5	Torneira	Torneira	5	Piceta	9,00–4,00	v
	5° Variação	25	10	Torneira	Torneira	10	Piceta	12,7–2,00	w
	6° Variação	25	5	Destilada	Torneira	10	Borrifamento	9,00 – 4,00	x
	7° Variação	25	10	Torneira	Destilada	5	Borrifamento	9,00 – 4,00	y
	8° Variação	25	5	Destilada	Destilada	5	Piceta	12,7–2,00	z

Com os resultados obtidos de cada combinação ensaiada foram calculadas as alterações do fator padrão para a variação estabelecida. O valor referente a essa variação foi calculado conforme a equação (3).

$$C/c = \frac{s+t+u+v}{4} - \frac{w+x+y+z}{4} \text{ equação (3)}$$

em que C/c é o efeito do fator C, os valores de s, t, u e v são os resultados obtidos nas combinações com o fator C de acordo com o método padrão e os valores w, x, y, e z os resultados obtidos com a variação do fator C testada. Por exemplo, considerando-se o fator massa da amostra, os valores s, t, u e v são os resultados das combinações em que foram utilizadas 50 g de solo e w, x, y, e z os resultados das combinações que utilizaram 25 g de solo.

### Comparação entre métodos

Na comparação entre métodos utilizou-se a análise da estabilidade de agregados sob chuva simulada. O

simulador pendular foi ajustado para simular uma chuva de 60 mm/h, a pressão de entrada no bico de 4psi.

Os agregados foram colocados sobre peneiras com malhas de 6,35, 4,00 e 2,00 mm, em um suporte que os mantinham longe do chão e permitiam o escoamento da água. Para cada peneira foram realizadas três reproduções com 16 peneiras por repetições. Estabeleceu-se o tempo de permanência das amostras sob a chuva simulada como 20 minutos.

O material retido nas peneiras foi seco em estufa, pesado, verificada a ocorrência de pedra nos agregados, passando por uma peneira de 2,00 mm e seco novamente caso fosse necessário.

Para a determinação da distribuição do tamanho de agregados secos ao ar, passou-se 1,00 kg de agregados de tamanho entre 9,52 e 4,00 mm de diâmetro por peneiras de 6,35, 4,00, 2,00 mm. Para efeito de cálculo, considerou-se que o menor tamanho de partículas é de 0,25 mm, ou seja, a última classe pertence ao intervalo de 2,00 a 0,25 mm. As amostras foram agitadas

manualmente para que não houvesse rompimento dos agregados, e posteriormente pesadas por intervalo.

Foram realizadas três repetições e calculou-se a razão entre cada classe de agregados e a massa total.

A distribuição do tamanho de agregados secos ao ar (Reichert, 1993), deve ser calculada como o diâmetro médio ponderado (DMPAS), determinado pela fórmula:

$$DMPAS = \sum_{i=1}^4 (D_i \times R_i) \quad \text{equação (4)}$$

em que:

$i$  = número de classes:  $9,52 > i_1 \geq 6,35$ ;  $6,35 > i_2 \geq 4,00$ ;  $4,00 > i_3 \geq 2,00$ ;  $2,00 > i_4 \geq 0,25$ .

$D_i$  = diâmetro médio de agregados retidos na peneira de classe  $i$ :  $D_1 = 7,94$ ;  $D_2 = 5,18$ ;  $D_3 = 3,00$  e  $D_4 = 1,13$ mm.

$R_i$  = razão entre a massa de agregados dentro da classe e a massa total de agregados.

O diâmetro médio ponderado de agregados estáveis sob chuva simulada (DMPAC) foi calculado pela equação:

$$DMPAC = \sum_{i=1}^4 (D_i \times R_i \times FE_i) \quad \text{equação (5)}$$

em que:

$i$ ,  $R_i$  e  $F_i$  são equivalentes aos descritos no DMPAS e  $FE_i$  = fração estável sob chuva da classe  $i$ .

Razão de agregados estáveis sob chuva ( $RAEC_1$  E  $RAEC_2$ )

$$RAEC_1 = DMPAC / DMPAS \quad \text{equação (6)}$$

$$RAEC_2 = \sum_{i=1}^4 (R_i \times FE_i) \quad \text{equação (7)}$$

em que:

$R_i$  e  $FE_i$  são equivalentes aos descritos nas equações de DMPAS E DMPAC.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Análise crítica do método de avaliação da estabilidade de agregados em água

Na análise crítica do método foram identificados dois procedimentos que poderiam ser modificados para a melhoria dos resultados, sendo assim, desde o começo as determinações já foram realizadas da maneira sugerida.

A primeira alteração proposta foi a verificação de ocorrência de pedras no solo retido nas peneiras, passando a amostra depois de seca em estufa, por uma peneira com malha de 2,00 mm, ao invés de passar o agregado pela peneira na qual o mesmo ficou retida.

A outra foi relacionada com a maneira como se depositam os agregados sobre o jogo de peneiras imersas. A metodologia não faz nenhuma referência sobre a distribuição dos agregados no jogo de peneiras, e esses podem ser dispostos espalhados ou junto (como um montinho). Dessa segunda forma a amostra adquire uma característica mais parecida com o que acontece no campo, sendo que eles se ajudam estruturalmente, e o método avalia a resistência do solo não exposto. Já no caso dos agregados avaliados pelo simulador de chuva, que visa medir a resistência dos agregados ao impacto das gotas, os agregados devem ser dispostos de maneira uniforme sobre a peneira.

Entre as grandezas de influência pode estar a qualidade da água utilizada tanto no umedecimento quanto no peneiramento, uma vez que os íons presentes podem auxiliar a dispersão dos agregados. A tabela 2 apresenta a análise da água de torneira e da água destilada do laboratório, mostrando variações nas quantidades de íons (Ca, Na, Mg) e no pH. A utilização de água destilada ou deionizada não é definida nos métodos.



**TABELA 2.** Parâmetros químicos da água destilada e da torneira no laboratório de Física do Solo do Instituto Agrônômico.

Parâmetros	Unidade	Água Destilada	Água Torneira
pH		6,6	8,2
EC	dS/m	0,1	0,2
N-Nitrato		0,2	0,3
Fósforo		0,4	0,2
Cloreto		< 0,01	0,7
Enxofre		0,1	1,0
N- amônia		0,2	0,6
Potássio		0,4	2,8
Sódio	mg/l	0,4	27,3
Cálcio		0,8	16,7
Magnésio		0,5	4,3
Boro		0,01	0,03
Cobre		0,03	< 0,01
Ferro		0,03	0,01
Manganês		0,01	0,01
Zinco		0,02	0,01

### Determinação analítica

Os resultados do diâmetro médio ponderado e das frações retidas por peneira para os três tipos de solo estão apresentados na tabela 3.

Os valores de DPM foram considerados elevados devido ao uso e ocupação das áreas em que os solos foram coletados, mesmo o Latossolo, que foi coletado em uma área de cultivo, apresentou um DPM maior que outras áreas de cultivo com o mesmo solo, devido ao seu manejo ser o sistema plantio direto. O solo Hidromórfico é proveniente de uma várzea coberta por gramíneas que ajudam na agregação do solo. O solo Argissolo foi coletado em um bosque, com espécies de árvores nativas, apesar de espaçadas.

**TABELA 3.** Valores médios\* dos parâmetros de agregação nos três tipos de solo estudados, de acordo com o procedimento padrão de análise da estabilidade de agregados em água.

Dados sobre o procedimento padrão de análise do solo quanto ao agregado em água								
Solo	Classe de agregados (mm)							DMP
	9,52 - 7,93	7,93 - 6,35	6,35 - 4,00	4,00 - 2,00	2,00 - 1,00	1,00 - 0,50	< 0,50	
Porcentagem de agregados por classe (%)								(mm)
Hidromórfico	71,38	11,14	9,37	1,42	1,06	1,93	3,36	7,20
Argissolo	45,21	16,40	17,52	3,88	2,49	4,22	7,92	6,26
Latossolo	20,78	7,14	9,92	12,95	10,72	14,75	23,48	3,55

### Determinação do limite de repetitividade

A tabela 4 apresenta os valores do desvio padrão e do limite de repetitividade para o procedimento padrão, calculados a partir do resultado das sete repetições para os três tipos de solo.

O limite de repetitividade, para o nível de significância de 95% foi calculado por:

$$r = 2,8 \cdot S_r \quad \text{equação (8)}$$

**TABELA 4.** Desvio padrão e limite de repetitividade

	LR	PVL	Hi
Desvio padrão	0,54	0,52	0,57
Limite de Repetitividade	1,51	1,46	1,61

O limite de repetitividade capacita o analista a decidir se a diferença entre análises duplicadas é significativa.

### Determinação da robustez

Para comparação dos resultados do método padrão com as variações, foram utilizados os valores de DMP (Tabela 5). O procedimento que apresentou os resultados, para todos os solos, mais próximos do método padrão foi a 4ª combinação, que tem o tempo de umedecimento e o tempo de peneiramento úmido como variações. Isso demonstra que o tempo de cada um desses fatores é importante, mas não alteram muito o resultado, o que determina que o método é robusto.

**TABELA 5.** Resultados do DMP e desvio padrão das combinações ensaiadas e do método padrão

Combinações ensaiadas	LR	PVL	Hi
1°	3,89	6,26	7,83
2°	5,36	5,29	7,28
3°	4,91	5,26	7,05
4°	3,83	6,11	7,12
5°	3,72	4,79	5,73
6°	4,98	6,56	6,25
7°	5,78	5,01	7,43
8°	4,29	5,12	6,96
média	4,60	5,55	6,96
método padrão	3,55	6,22	7,20

Cada uma das combinações foi feita em triplicada. A diferença entre as repetições em cada combinação para cada tipo de solo é apresentada na Tabela 6. Dos oito resultados, cinco foram maiores que o desvio padrão do método

padrão, sendo que os resultados que foram menores, os DMPs foram diferentes do resultado obtido pelo método analisado.

**TABELA 6.** Variação em relação a média dos procedimentos realizados

Combinação	Diferença da média
1°	0,70
2°	0,76
3°	0,32
4°	0,76
5°	0,87
6°	0,38
7°	1,19
8°	0,31

#### Robustez do método

A Tabela 7 apresenta os resultados do cálculo das alterações de cada fator para os três solos avaliados.

**TABELA 7.** Fator C/c entre os resultados do procedimento padrão e das variações propostas.

Fator analisado	Latossolo	Argissolo	Hidromórfico
	C/c		
Peso da amostra: 50 / 25 g	0,19	0,36	<b>0,72</b>
Tempo de umedecimento: 10 / 5 minutos	0,22	0,35	-0,37
Tempo de peneiramento: 10 / 5 minutos	0,04	0,44	0,11
H <sub>2</sub> O Umedecimento: Torneira / Destilada	0,47	0,26	<b>0,84</b>
H <sub>2</sub> O peneiramento: Torneira / Destilada	0,16	0,50	0,13
Modo de umedecimento: Piceta / Borrifador	<b>1,33</b>	0,04	-0,09
Tamanho dos agregados: 9,00-4,00 / 12,7-2,00 mm	0,05	<b>0,87</b>	0,40

Para análise desses resultados, foram comparados os C/c das variações com o desvio padrão: os resultados que foram maiores que o valor comparado são significativos, já os menores não.

A análise crítica dos resultados de robustez indicou os quatro fatores em que é necessário um controle rigoroso. Considerando-se a influência no resultado e a rotina operacional no laboratório, optou-se por uma modificação no método

padrão, que foi o uso de água destilada para o umedecimento dos agregados.

#### Comparação entre métodos

O peneiramento de agregados em água e o impacto de gotas com simulador de chuva são os métodos mais utilizados para avaliar a estabilidade dos agregados em estudos de manejo do solo. Os resultados obtidos pelos dois métodos para os três tipos de solo são apresentados na tabela 8.

De forma geral os solos se mostraram mais resistentes ao peneiramento em água do que ao impacto das gotas de chuva.

Houve também uma interação entre o método e o tipo de solo. O solo com maior estabilidade de agregados pelo método do peneiramento úmido e sob a chuva simulada foi o Hidromórfico. O Latossolo analisado apresentou índices de agregação menores que os outros solos em ambos os métodos. As razões para a menor estabilidade de agregados no Latossolo são o fato desse solo estar sendo cultivado e o fato de que a estrutura dos Latossolos apresenta-se com grande estabilidade de microagregados e não forma naturalmente agregados de maiores tamanhos.

**TABELA 8.** Estabilidade dos agregados sob chuva simulada (DMPAC) e por peneiramento por via úmida (DMP) nos três tipos de solos avaliados.

	LR	PVL	Hi
DMPAS	5,19	4,78	5,06
DMPAC	<b>1,03</b>	<b>1,67</b>	<b>3,56</b>
RAEC <sup>1</sup>	0,20	0,35	0,70
RAEC <sup>2</sup>	0,27	0,44	0,67
DMP	<b>3,556</b>	<b>6,229</b>	<b>7,208</b>

### Resultado final do projeto

O resultado final do projeto foi a elaboração do procedimento instrução de método IME-FIS-004 - Determinação de Índice de Agregação do Solo para fins Agronômicos e Ambientais, e que será utilizada no laboratório Física do Solo do Instituto Agronômico (IAC).

Essa IME especifica todo o procedimento para a realização da análise avaliada neste projeto, incluindo as alterações propostas no método de referência (Kemper & Chepil, 1965), descrevendo o método completo, desde o peneiramento para a separação da fração de agregados a serem utilizados, à verificação de presença de pedras e secagem em estufa por 48 horas a temperatura de 105-110°C. Também foram incluídos procedimentos para o

cálculo dos parâmetros e índices de agregação.

### CONCLUSÃO

A análise crítica do procedimento seguido pelo laboratório é importante para detectar fatores relevantes para a qualidade dos resultados. Após essa análise foram determinados os procedimentos para tratamento da presença de pedra nas amostras de solo.

As análises de repetibilidade e robustez auxiliam na determinação de fatores que necessitam de um controle mais rigoroso na execução do método.

### AGRADECIMENTOS

Ao CNPQ – PIBITI, pela bolsa concedida.

Ao IAC pela oportunidade de estágio.

Aos pesquisadores, alunos da PG/IAC e estagiários do Centro de Solos.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, J. A.; CASSOL, E. A. E REINERT, D. J. **Relação entre a erodibilidade em estressulcos e estabilidade dos agregados.** Revista Brasileira de Ciências do Solo, 24:141-151, 2000.

ALVARENGA, M. I. N.; SIQUEIRA, J.O. E DA VIDE, A. C. **Teor De Carbono, Biomassa Microbiana, Agregação E Macorriza Em Solos De Cerrado Com Diferentes Usos.** Ciênc. agrotec., Lavras, v.23, n.3, p.617-625, jul./set., 1999

ASSIS, C. P.; JUCKSCH, I.; MENDONÇA, E. S. E NEVES, J. C. **Carbono e nitrogênio em agregados de latossolo submetido a diferentes sistemas de uso e manejo.** Pesq. agropec. bras., Brasília, v.41, n.10, p.1541-1550, out. 2006.



CAMARGO, O. A.; MONIZ, A. C.; JORGE, J. A.; VALADARES, J. M. A. S. Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do Instituto Agronômico de Campinas. Campinas, Instituto Agronômico, 1986. 94 p. (B. técnico, 106)

DALBIANCO, L.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M.; LIMA, C. L. R. E GUBIANI, P. I. **Estabilidade de agregados após calagem superficial em um latossolo vermelho sob plantio direto.** Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Gramado-RS, 2007.

DECHEN, S. C. F. Estudo da agregação do solo. Boletim Informativo da SBCS, 19(1): 8-12, 1994.

DE MARIA, I. C.; KOCSSI, M. A. E DECHEN, S. C. F. **Agregação do solo em área que recebeu lodo de esgoto.** Bragantia, Campinas, v. 66, n. 2, p. 291-298, 2007.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de métodos de análises de solos.** Rio de Janeiro, 1997. 247p.

INMETRO. Orientação sobre validação de métodos de ensaios químicos – DOQ-CGCRE – 008, 2ª Revisão, julho de 2007.

KEMPER, W.D. & CHEPIL, W.S. **Size distribution of aggregates.** In: BLACK, C.A.; EVANS, D.D.; WHITE, J.L.; ENSMINGER, L.E. & CLARK, F.E., eds. Methods of soil analysis: Physical and mineralogical properties, including statistics of measurement and sampling. Madison, American Society of Agronomy, 1965. Part 1. p.499-510.

KEMPER, W.D. & ROSENAU, R.C. **Aggregate stability and size distribution.** In: KLUTE, A., ed. Methods of soil analysis. Part 1. Physical And Mineralogical Methods. 2nd Ed. Madison, American Society of Agronomy, 1986. p.425-442. (Agronomy Series n.º 9).

LEPSCH, I. F. Solos: **Formação e conservação.** 2. ed. São Paulo: Edições Melhoramentos, 1976.

LONGO, R. M.; ESPÍNDOLA, C. R. E RIBEIRO, A. I. **Modificações na estabilidade de agregados no solo decorrentes da introdução de pastagens em áreas de cerrado e floresta amazônica.** R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental, Campina Grande, v.3, n.3, p.276-280, 1999.

MENDES, I. C.; SOUZA, L. V.; RESCK, D. V. S. E GOMES, A. C. **Propriedades biológicas em agregados de um latossolo vermelho-escuro sob plantio convencional e direto no cerrado.** Revista Brasileira de Ciências do Solo, 27:435-443, 2003.

PASSOS, R. R.; RUIZ, H. A.; MENDONÇA, E. S.; CANTARUTTI, R. B. E SOUZA, A. P. **Substâncias húmicas, atividades microbiana e carbono orgânico lábil em agregados de um latossolo vermelho distrófico sob duas coberturas vegetais.** Revista Brasileira de Ciências do Solo, 31:1119-1129, 2007.

YODER, R.E. **A direct method of aggregate analysis of soil and a study of the physical nature of erosion losses.** J. Am. Soc. Agron., vol. 28, p. 337-351, 1936.