

Erodibilidade dos Solos Residuais do Complexo Juiz de Fora

Lucas Henrique Vieira
UFJF, Juiz de Fora, Brasil, lucas.vieira@engenharia.ufjf.br

Mateus Lino Leite
COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil, mateusleite.93@gmail.com

Tatiana Tavares Rodriguez
UFJF, Juiz de Fora, Brasil, tatiana.rodriguez.ttr@gmail.com

RESUMO: Esta pesquisa objetiva determinar a erodibilidade dos solos da região através de ensaios diretos. Para tanto, foi realizada análise granulométrica e ensaios empíricos de dispersão e desagregação em solos de origem residual denominados de SA e P3 (siltes arenosos), P4 (silte arenoso a argiloso), SR (silte argiloso) e P5 (areia siltosa). No ensaio de dispersão, os solos P3, P4 e P5 apresentaram comportamento não dispersivo e os solos SR e SA comportamento dispersivo. Já no ensaio de desagregação, o principal comportamento ocorrido foi o fraturamento. Concluindo-se que há diferença entre os potenciais erodíveis dos solos residuais da região.

PALAVRAS-CHAVE: Erodibilidade, Solos residuais, Juiz de Fora.

1 INTRODUÇÃO

Por se tratar de um país com clima predominantemente tropical, caracterizado pela elevada incidência de chuvas, o Brasil tem como principal meio de degradação do solo, a erosão hídrica, perdendo por ano, aproximadamente, 500 milhões de toneladas de solo. Essa perda ocorre por meio da desagregação das partículas, que é ocasionada pelo impacto direto das gotas de chuva, assim como pelas águas dos rios e pelo escoamento superficial. (LEPSCH, 2002; STEPHAN, 2010).

A declividade acentuada do talude somada ao comprimento da encosta propicia o aumento da velocidade de escoamento, a redução da capacidade de infiltração e o consequente aumento do volume escoado (KERTZMAN *et al.*, 1995).

A cidade de Juiz de Fora – Minas Gerais, é caracterizada por uma alta atuação antrópica e extrema vulnerabilidade do meio físico, contribuindo assim para uma erosão acelerada (ROCHA *et al.*, 2003).

Esta pesquisa objetivou determinar a erodibilidade dos solos desta região através de ensaios empíricos, que segundo Leite (2016) são os ensaios que melhor representam os efeitos ocorridos pelo fenômeno da erosão.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Erosão

O fenômeno erosão pode ser entendido, de uma forma geral, como sendo uma sequência de processos, que resultam na fragmentação da estrutura do solo através do carreamento de suas partículas, na maior parte das vezes, por meio da água (erosão hídrica) ou do vento (erosão eólica) (BERTONI e LOMBARDI NETO, 2005).

De acordo com Bertoni e Lombardi Neto (1990), a erosão não é a mesma em todos os solos. Suas propriedades físicas, estrutura, permeabilidade, densidade, características químicas e biológicas exercem diferentes influências no fenômeno.

Por se tratar de um fenômeno natural que ocorre na faixa mais externa da superfície terrestre, a erosão tem a atividade antrópica como um dos fatores intensificadores de sua evolução. Além deste, o potencial erosivo da chuva incidente no local, as condições de infiltração e escoamento superficial, declividade e extensão da encosta são exemplos de fatores que influenciam diretamente nesta evolução (LIMA, 2003; CAMAPUM *et al.*, 2006).

2.1 Solo Residual

Os solos são classificados entre solos residuais e transportados. Nesta pesquisa foram enfatizados os assuntos pertinentes aos solos residuais por serem comuns na região Centro-Sul do Brasil, a qual compreende a região estudada.

Os solos residuais são aqueles provenientes da decomposição e alteração das rochas “in situ”. Sua composição depende do tipo e da composição mineralógica da rocha que lhe deu origem.

Os solos residuais são subdivididos em horizontes que se dispõem sequencialmente a partir da superfície. A transição entre um horizonte e o outro é gradativa de modo que a separação entre eles pode ser aleatória. Não existe um contato ou limite direto e brusco entre o solo e a rocha que o originou. Segundo Vargas (1979) *apud* DNER (2006), os horizontes se classificam de acordo com a zona de intensidade de intemperismo em que se encontram: (I) solo residual maduro; (II) solo residual jovem ou solo saprolítico; (III) blocos em material alterado (Figura 1).

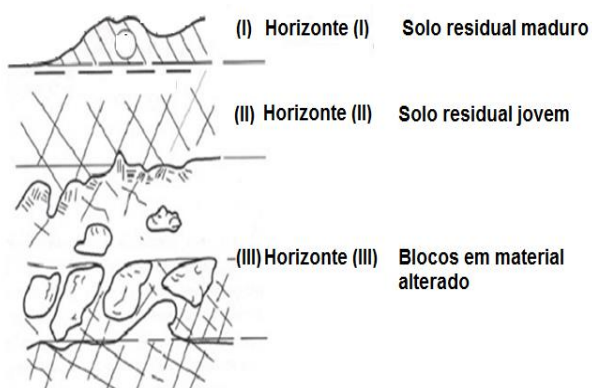


Figura 1 - Perfil de decomposição das rochas (Modificado de DNER, 2006).

3 ESTUDO DE CASO

O estudo desta pesquisa teve por base um local situado na região do bairro Salvaterra, Avenida Deusdedith Salgado em Juiz de Fora – MG.

A cidade é marcada pela formação geológica denominada Complexo de Juiz de Fora que é petrograficamente formado por rochas de origem magmática e metassedimentar, estruturalmente se apresentando como migmatitos, gnaisses e cataclasitos e secundariamente como quartzitos encaixados em falhas, sendo abundante a ocorrência de anfibólios, quartzos e feldspato

A região em estudo é predominantemente formada por latossolos amarelo (PJF, 2014a) originados de rochas como charnockitos/granulitos (PJF, 2014b).

Os solos encontrados no local foram denominados de P3, P4 e P5 - Coletados na Região I (Feição erosiva) e Solo Rosa (SR) e Solo Amarelo (SA) - Coletados na Região II (Talude de corte). Na Figura 2 são apresentadas essas duas regiões.



Figura 2– Regiões de coleta das amostras. (AUTORES, 2017).

4 METODOLOGIA

4.1 Análise Granulométrica

Para a análise granulométrica com defloculante seguiram-se as orientações da norma ABNT (1988). Já para a análise granulométrica sem defloculante foi utilizado água destilada no lugar do defloculante, mantendo os demais procedimentos listados na ABNT (1988).

4.2 Dispersão

Para a análise de dispersibilidade do solo foram utilizados os passos concernentes à norma da ABNT (1996a). Ao fim do ensaio são atribuídas às amostras as seguintes classificações:

Grau 1 (Não-Dispersivo), o torrão pode absorver água, sofrer esboroamento e esparramar-se no fundo do béquer, mas não se observa turvação do líquido;

Grau 2 (Levemente Dispersivo), há indícios de turvação da água próxima à superfície do torrão;

Grau 3 (Moderadamente Dispersivo), observa-se uma nuvem de colóides em suspensão, geralmente finos veios espalhando-se no fundo do béquer;

Grau 4 (Fortemente Dispersivo), observa-se uma nuvem coloidal, uma película muito fina cobrindo o fundo do béquer, toda a água se torna turva.

4.3 Desagregação

O ensaio de desagregação consiste na colocação de amostra cúbica, de 6 cm de aresta, dentro de uma bandeja com água, observando-se a sua reação ao fenômeno de submersão. O ensaio foi realizado com inundação controlada em quatro estágios seguindo o procedimento descrito por Santos e Camapum (1998) *apud* Rodriguez (2005).

Ao fim do ensaio, as amostras são classificadas em quatro grupos: Sem resposta, quando a amostra mantém sua forma e tamanho originais; Abatimento (Slumping), quando a amostra se desintegra, formando uma pilha de material desestruturado; Fraturamento, quando a amostra se quebra em fragmentos, mantendo a forma original das faces externas; Dispersão,

quando as paredes da amostra se tornam difusas com o surgimento de uma “nuvem” coloidal que cresce à medida que a amostra se dissolve.

4.4 Grau de Flocação

A análise do grau de flocação foi realizada com base na norma da ABNT (1996b), sendo o diâmetro adotado de 0,002 mm.

5 RESULTADOS

5.1 Análise Granulométrica

Ao fim dos ensaios de análise granulométrica foram plotados os gráficos apresentados da Figura 5 à Figura 7.

Para o SR foi coletada uma amostra, na Figura 5 é apresentada a curva granulométrica obtida nos ensaios feitos com defloculante (CD) e sem defloculante (SD). A partir da curva o solo foi classificado como um silte argiloso.

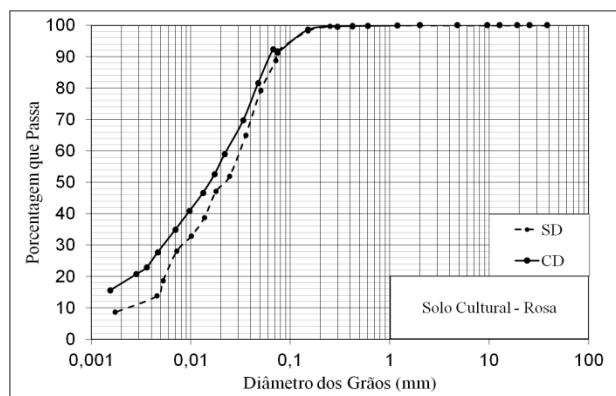


Figura 3 - Curva granulométrica para o SR (RODRIGUEZ *et al.*, 2015).

A curva granulométrica obtida para o SA é apresentada na Figura 4. Sendo ele, classificado como silte arenoso (com e sem defloculante).

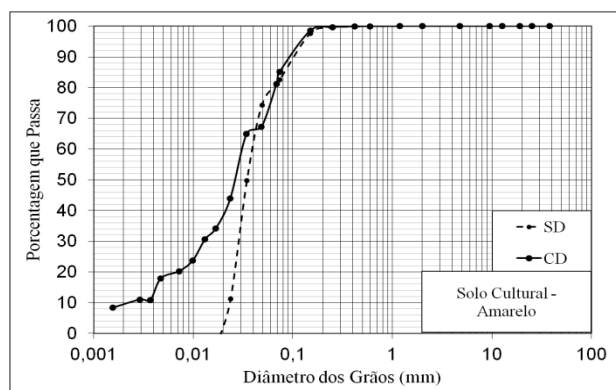


Figura 4 - Curva granulométrica para o SA (RODRIGUEZ *et al.*, 2015).

Para o P3 foram coletadas duas amostras denominadas AM1.P3 e AM2.P3. A Figura 5 apresenta a curva granulométrica obtida nos ensaios feitos com defloculante e sem defloculante. Sendo este solo classificado como silte arenoso.

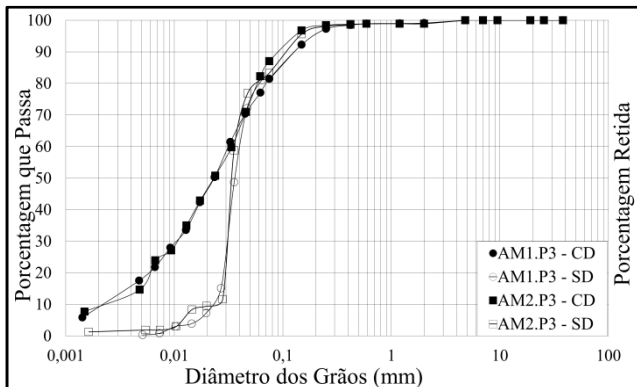


Figura 5 - Curva granulométrica para o P3 (RODRIGUEZ *et al.*, 2016).

No caso do solo P4 a curva granulométrica obtida é a apresentada na Figura 6. Para este solos também foram coletadas duas amostras, denominadas AM1.P4 e AM2.P4. Ambas foram ensaiadas em meio dispersor com defloculante e meio dispersor sem defloculante. Ao fim a AM1.P4 foi classificada como um silte argiloso e a AM2.P4 como silte arenoso.

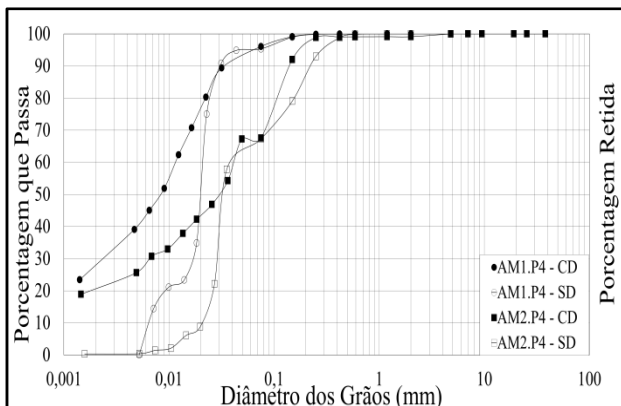


Figura 6 - Curva granulométrica para o P4 (RODRIGUEZ *et al.*, 2016).

No P5 foi coletada apenas uma amostra para ensaio com e sem defloculante. A Figura 7 apresenta a curva granulométrica obtida ao fim dos ensaios, sendo o solo classificado como uma areia siltosa.

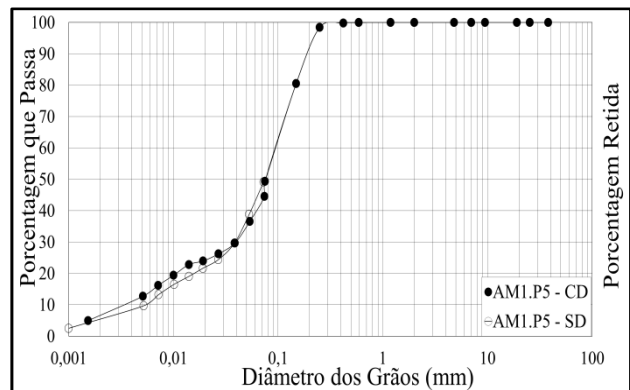


Figura 7 - Curva granulométrica para o P5 (RODRIGUEZ *et al.*, 2016).

Os solos SA, P3 e P4 apresentaram grau de floculação de 100%, indicando que *in situ* as partículas podem estar agregadas. O solo P5 apresentou grau de floculação de 0% e o solo SR apresentou grau de floculação inferior a 100%.

5.2 Dispersão

O ensaio de dispersão classificou todos os solos da Região I como não dispersíveis (1) quando úmido e, somente o P4, como levemente dispersivo (2) quando seco ao ar. A classificação passa a ser moderadamente dispersiva (3) apenas quando o meio dispersor é mais agressivo (NaOH) e a amostra se encontra seca ao ar.

Já os solos da Região II apresentaram comportamento predominantemente dispersivo.

A Tabela 1 apresenta um resumo dos resultados obtidos para cada amostra ensaiada com a amostra úmida e seca ao ar.

Tabela 1 - Resultados do ensaio de Dispersão (AUTORES, 2017).

Amostra	Dispersão									
	Água					NaOH				
	P3	P4	P5	SR	SA	P3	P4	P5	SR	SA
Seca ao Ar	1	2	1	2	3	3	3	3	3	3
Úmida	1	1	1	3	2	1	2	1	3	4

Com base nestes resultados, pode-se inferir que os solos da Região I não são dispersíveis, porém, quando ensaiados em hidróxido de sódio todas as amostras secas ao ar são consideradas moderadamente dispersivas. Já os solos da Região II são dispersíveis, porém, o solo Rosa quando seco ao ar e o solo Amarelo quando em umidade natural, ambos em solução de água, são considerados levemente dispersivos.

5.3 Desagregação

As amostras utilizadas para o ensaio de desagregação foram retiradas perpendicularmente à encosta estudada.

De forma geral todos os solos ensaiados, reagiram ao ensaio de desagregação apresentando fraturamento e/ou abatimento. Detalhes dos ensaios são apresentados da Figura 8 à Figura 12.



Figura 8 - Ensaio de desagregação para o SR (LEITE, 2016).



Figura 9 - Ensaio de desagregação para o SA (LEITE, 2016).



Figura 10 - Ensaio de desagregação para o P3 (VIEIRA, 2017).

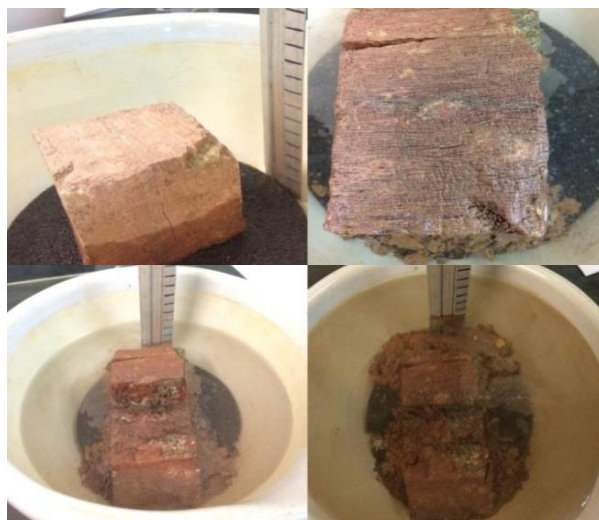


Figura 11 - Ensaio de desagregação para o P4 (VIEIRA, 2017).

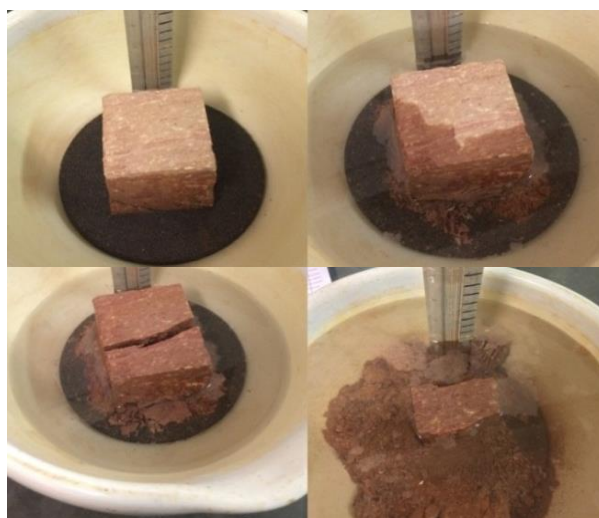


Figura 12 - Ensaio de desagregação para o P5 (VIEIRA, 2017).

Na Tabela 2 são apresentados os resultados para todas as condições de ensaio. À frente de cada resultado o número entre parênteses representa o estágio onde foi percebida tal ocorrência.

Tabela 2 - Desagregação (AUTORES, 2017).

Amostra	Desagregação
	Úmida
P3	Fraturamento (1)
P4	Sem Resposta
P5	Fraturamento (3) Abatimento (4)
SR	Abatimento (2) Fraturamento (2)
SA	Abatimento (2) Fraturamento (2)

6 CONCLUSÕES

A partir das curvas granulométricas pode-se observar que a quantidade de argila presente nos solos da Região I e da Região II, quando significativa em termos de quantidade, apresenta tendência à flocculação (Grau de flocculação 100%), exceto para o SR.

O ensaio de dispersão mostrou que há uma diferença significativa entre os solos das duas regiões estudadas, sendo os solos da Região I com tendência não dispersiva (Grau 1), enquanto os da Região II com tendência dispersiva (Grau 3). Ao analisar os solos da Região II, em condições naturais e imersos em água (condições encontradas *in situ*) o solo Amarelo apresentou tendência menor à dispersão do que o solo Rosa, coerente com o menor grau de flocculação deste.

Os ensaios de desagregação indicaram que os solos da Região I tendem a ser menos erodíveis que os da Região II. As ocorrências encontradas no ensaio de desagregação revelam que não foi observada dispersão e que o principal comportamento é o de fraturamento.

Por fim, conclui-se que o potencial erodível dos solos residuais do Complexo Juiz de Fora, no bairro Salvaterra, apresentam tendências diferentes.

REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13601– *Solo – Avaliação da dispersibilidade de solos argilosos pelo ensaio do torrão (crumbtest)*. Rio de Janeiro, RJ, BR. 2 p. 1996a.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13602– *Solo – Avaliação da dispersibilidade de solos argilosos pelo ensaio sedimentométrico comparativo – Ensaio de dispersão SCS*. Rio de Janeiro, RJ, BR. 5 p. 1996b.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7181 - *Solo - Análise granulométrica*. Rio de Janeiro, RJ, BR. 13 p. 1988.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. *Conservação do solo*. 3ª ed., São Paulo: Ícone Editora, SP, 355 p. 1990.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. *Conservação do solo*. 5. ed. São Paulo: Ícone, 2005.

CAMAPUM DE CARVALHO, J.; SALES, M.M.; SOUZA, N.M.; MELO, M.T.S. (Org.). *Processos erosivos no centro-oeste brasileiro*. Brasília: Universidade de Brasília: FINATEC, 464 p., 2006.

DNER - DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. *Manual de Pavimentação*. 3 ed. 274 p. – Rio de Janeiro, 2006.

KERTZMAN, F. F.; OLIVEIRA, A. M. S.; SALOMÃO, F. X. T.; GOUVEIA, M. I. F. Mapa de Erosão no Estado de São Paulo. In: 5º SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSÃO, Bauru. Anais. São Paulo: ABGE, 1995.

LEITE, M. L. *Estudo da erodibilidade de solos de Juiz de Fora por ensaios geotécnicos: Caso do Cultural – Bairro Salvaterra*. 94 p. Trabalho Final de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, MG, 2016.

LEPSCH, Igo F. *Formação e Conservação do Solo*. São Paulo; Oficina de Textos, 178 p. 2002.

LIMA, M. C. *Degradação físico-química e mineralógica de maciços junto às voçorocas*. 336 p. Tese (Doutorado em Geotecnia) - Universidade de Brasília, Brasília, 2003.

PJF- PREFEITURA DE JUIZ DE FORA. Mapa de classes de solos, 2014a. Disponível em: <http://www.planodiretorparticipativo.pjf.mg.gov.br/documentos/participativo/mapas_novos/meio_fisico/lasses_de_solos.pdf>. Acesso em: Abr. 2017.

PJF- PREFEITURA DE JUIZ DE FORA. Mapa de Geologia, 2014b. Disponível em: <http://www.planodiretorparticipativo.pjf.mg.gov.br/documentos/participativo/mapas_novos/meio_fisico/geologia.pdf>. Acesso em: Abr. 2017.

ROCHA, G. C.; LATUF, M. de O.; CARMO, L. F. Z. do. Mapeamento de riscos ambientais à escorregamentos na área urbana de Juiz de Fora, MG, *Geografia*, Vol. 12, p. 509-516, 2003

RODRIGUEZ, T. T. *Proposta de classificação geotécnica para colúvios brasileiros*. 370 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 2005.

RODRIGUEZ, T. T.; LEITE, M. L.; SILVA, I. N. *Estudo da erodibilidade de solos por ensaios geotécnicos*. 62 p. Relatório de pesquisa - Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, MG, 2015.

RODRIGUEZ, T. T.; VIEIRA, L. H.; FERREIRA, L. L. *Estudo da erodibilidade de solos de Juiz de Fora por ensaios geotécnicos*. 34 p. Relatório de pesquisa - Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, MG, 2016.

STEPHAN, A.M. *Análise de processos erosivos superficiais por meio de ensaios de Inderbitzen*. 165 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2010.

VARGAS, M. *Introdução à mecânica dos solos*. São Paulo: McGraw-Hill, Universidade de São Paulo, 1979.

VIEIRA, L. H. *Influência das estruturas reliquias em ensaios de erodibilidade*. 58 p. Trabalho Final de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, MG, 2016.