

**ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DO HORIZONTE SUPERFICIAL DE UM LATOSSOLO AMARELO SOB PASTAGEM COMO SUBSÍDIO À COMPREENSÃO DE PROCESSOS EROSIVOS NO MUNICÍPIO DE PARATY - RJ**

**Raphael Rodrigues Brizzi**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro – IFRJ  
Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais em Áreas Costeiras, RJ, Brasil  
[rbrizzi@gmail.com](mailto:rbrizzi@gmail.com)

**Hugo Portocarrero**

Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ  
Programa de Pós-Graduação em Geografia, Rio de Janeiro, RJ, Brasil  
[hportocarrero@gmail.com](mailto:hportocarrero@gmail.com)

**Nadja Maria Castilho da Costa**

Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ  
Programa de Pós-Graduação em Geografia, Rio de Janeiro, RJ, Brasil  
[nadjacastilho@gmail.com](mailto:nadjacastilho@gmail.com)

**Andréa Paula de Souza**

Faculdade de Educação da Baixada Fluminense – FEBF/UERJ  
Instituto de Geografia, Duque de Caxias, RJ, Brasil  
[andreaps.uerj@gmail.com](mailto:andreaps.uerj@gmail.com)

**Alexander Josef Sá Tobias da Costa**

Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ  
Programa de Pós-Graduação em Geografia, Rio de Janeiro, RJ, Brasil  
[ajcostageo@gmail.com](mailto:ajcostageo@gmail.com)

**RESUMO**

O trabalho analisa a influência do uso e do manejo da pastagem na estrutura física do horizonte superficial de um Latossolo Amarelo e sua relação com os tipos de processos erosivos atuantes em uma das regiões mais florestadas do Estado do Rio de Janeiro. A metodologia utilizada para este estudo contou com análises morfológicas, distribuição granulométrica, densidade das partículas ( $D_p$ ) e do solo ( $D_s$ ), porosidade total ( $P_t$ ) e análise qualitativa por imagem da microestrutura do solo no Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV), com identificação de elementos químicos intra-agregado pela Espectroscopia por Energia Dispersiva (EDS). O resultado das análises físicas mostrou que o solo avaliado possui média suscetibilidade à erosão, com classificação franco-argilo-arenoso,  $D_s$  de 1,3 Kg/dm<sup>3</sup> e  $P_t$  de 48%. No MEV, o solo apresenta a microestrutura compactada, com identificação de óxidos e silicatos de Ferro e Alumínio, e indicativo de argilomineral do tipo Caulinita, típicos de solos bem desenvolvidos. Esses resultados refletem o manejo da pastagem com queimadas e pecuária extensiva que alteram a microestrutura do solo, agravado pela tipologia do argilomineral, que favorece a predominância de erosão laminar com possibilidade de evolução para de ravinas e voçorocas na encosta estudada.

**Palavras-chave:** Pastagem. Processos erosivos. Horizonte superficial. Latossolo.

**ANALYSIS OF PHYSICO-CHEMICAL CONDITIONERS OF THE SURFACE HORIZON OF A YELLOW LATOSOL UNDER PULP AS A SUBSIDY TO THE COMPREHENSION OF EROSIVE PROCESSES IN THE MUNICIPALITY OF PARATY – RJ**

**ABSTRACT**

This paper analyzes the influence of pasture use and management on the physical structure of the surface horizon of a Yellow Latosol and its relationship with the types of erosive processes in one of the most forested regions of the Rio de Janeiro state. The methodology used included morphological analysis, grain size distribution, soil and particle density (Ds and Dp), total porosity (Pt) and qualitative image analysis of the soil microstructure in the Scanning Electron Microscope (SEM), identifying intra-aggregate chemical elements by Dispersive Energy Spectroscopy (ESD). The results of the physical analyzes showed that the evaluated soil has a medium susceptibility to erosion, with a sand clay loam classification, a Ds of 1.3 Kg / dm<sup>3</sup> and a Pt of 48%. The SEM analyzes showed the compacted soil microstructure, with identification of both iron and aluminum oxides and silicates, and indicative of Caulinite argillomineral type, typical of well developed soils. These results reflect the management of grazing with extensive burning and grazing that alter the soil microstructure, aggravated by the typology of the argillomineral, which favors the predominance of laminar erosion with the possibility of evolution to ravines and gullies on the studied slope.

**Keywords:** Pasture. Erosive processes. Surface horizon. Latosol.

**INTRODUÇÃO**

A estrutura do solo tem sido foco de muita preocupação quando se trata de perdas por erosão. A erosão, embora condicionada por um processo natural, é potencializada pelo uso e o manejo de pastagens que colaboram para a compactação dos solos. Ainda que manejada de forma rotacionada, é inevitável a alteração dos agregados devido ao peso que o gado exerce sobre os horizontes superficiais, além da prática de queimada.

Sabendo-se da importância da agregação no controle da erosão, principalmente nos horizontes superficiais, tem sido corriqueiro tratar a perda do solo a partir do fator erodibilidade, que compreende diversas propriedades físicas dos solos para responder a sua suscetibilidade à erosão. Segundo Guerra (2009), uma das propriedades mais importantes no fator erodibilidade é a estabilidade dos agregados em água, que faz uma alusão ao início do processo erosivo descrito pioneiramente por Horton (1945), associado ao fator erosividade da chuva. Outras propriedades, tais como a densidade do solo e a porosidade também são muito comuns para tentar explicar a dinâmica erosiva nas encostas e sua relação com a morfogênese.

Nessa perspectiva, alguns trabalhos (RANGEL; GUERRA, 2014, 2017) mostram que a densidade do solo encontra-se elevada no uso da terra por pastagens, mas também com elevado índice na estabilidade dos agregados. Tais resultados são decorrentes de três possíveis fatores: (1) erros na análise de laboratório; (2) eficácia das raízes das gramíneas associado ao carbono orgânico, e; (3) padronização dos resultados sem considerar possíveis mudanças no manejo. Ou seja, a agregação do solo é uma propriedade física que não é estável no tempo, e que depende das ações sobrejacentes ao horizonte superficial, muito embora a textura (que é menos alterada com o tempo) também tenha influência sobre a agregação, em função da sua capacidade de troca catiônica (BRONICK; LAL, 2005). Assim, muitos estudos mostram, ora a pastagem apresentando valores superiores ao pousio e ao uso florestal, ora com valores inferiores, o que ocasiona uma incerteza sobre a influência da pastagem no desencadeamento de processos erosivos.

Wendling et al. (2005), Salton et al. (2008), e Pereira e Thomaz (2014) desmistificam a ideia de que a pastagem é ruim para a qualidade física dos solos quando se trata da estabilidade dos

agregados, pois apresentam altos valores de agregação em relação às áreas de cultivo e uso florestal, muito embora estudos realizados por An et al. (2008; 2010) e Jamil et al. (2016) mostrem o quão prejudicial é o desmatamento para qualidade física e química dos solos.

Em síntese, acredita-se que o problema da erosão não seja necessariamente o uso, mas sim, o manejo realizado nessas áreas que, em se tratando do compartimento morfoestrutural da Serra do Mar, possuem parâmetros morfométricos que colaboram para a ocorrência de processos erosivos, tais como erosão laminar, ravinhas e voçorocas. Por esse motivo, é fundamental compreender as alterações na estrutura superficial dos solos sob as pastagens em declividades acentuadas, uma vez que este uso tem aumentado e acelera os processos erosivos nas encostas com a diminuição da porosidade em detrimento do aumento da compactação pelo pisoteio do gado.

Ademais, o estudo da microestrutura também se faz necessário pela influência que ela exerce sobre a percolação da água no perfil e nas trocas gasosas, fator fundamental para a compreensão dos processos erosivos superficiais e subsuperficiais, além da respiração da fauna endopedônica. Defronte a essas questões, este estudo também realiza o esforço analítico de compreender o porquê de as áreas de pastagem apresentarem a erosão laminar como dominante nas encostas da região.

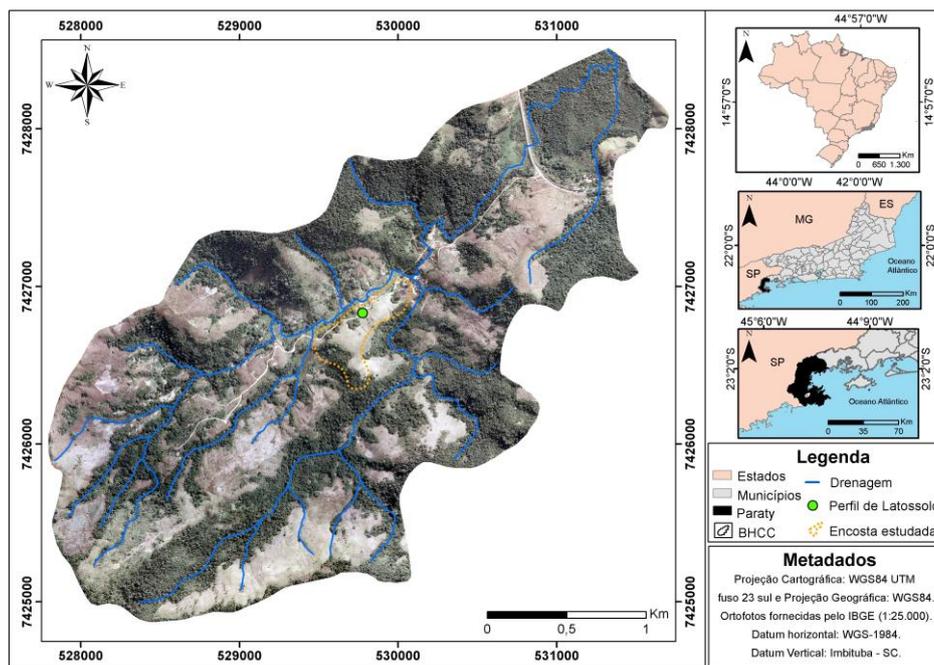
Este estudo tem por objetivo avaliar o impacto do uso da pastagem e sua forma de manejo na estrutura do horizonte superficial de um Latossolo Amarelo Distrófico através das análises de distribuição granulométrica, morfologia, densidade do solo e densidade das partículas, porosidade total e relacionar como esses fatores alteram a microestrutura real do horizonte superficial.

## METODOLOGIA

### Área de estudo

O estudo foi realizado em uma encosta dentro da Bacia Hidrográfica do Córrego da Caçada (BHCC), pertencente à Área de Proteção Ambiental Federal de Cairuçu, no município de Paraty-RJ, localizado sob as coordenadas UTM 7829000N, 7424000S, 527000E e 532000W – fuso 23 Sul.

Figura 1 – Localização da área de estudo.



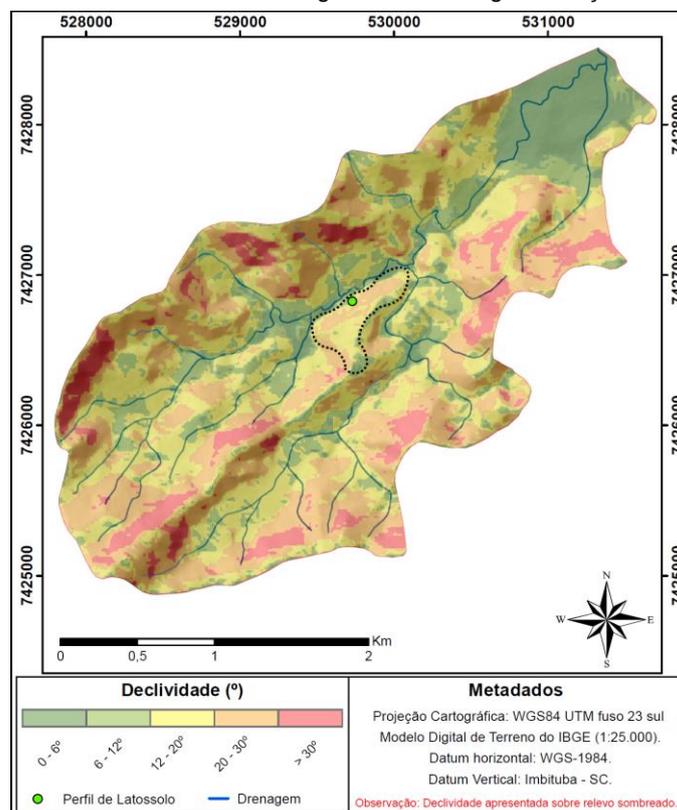
De acordo com o ICMBio (2004), a área de estudo apresenta clima do tipo tropical úmido/superúmido correspondente à classificação Cwa de Köppen, sendo caracterizado principalmente pelos altos regimes pluviométricos, temperaturas elevadas e relevo escarpado. A série histórica dos dados de precipitação indica uma média de 1.547 mm de chuva/ano e apresentam índices que variam de 768 a 2.150 mm, com média mensal de chuvas de aproximadamente 129 mm, temperaturas que variam de 21 a 23°C e com altimetria que passa dos 1500 metros de altitude, respectivamente.

O embasamento cristalino da BHCC, constituído principalmente por formações granito-gnáissicas, foi estruturado a partir de fenômenos colisionais referidos como ciclos brasileiros, o qual é datado do Neoproterozoico (650-545 Ma). O escudo cristalino submetido às reativações tectônicas na época do mioceno, possivelmente em função dos dobramentos andinos (FULFARO; PONÇANO, 1974), possibilitou a formação do relevo de *Horst* e *Graben*, e que, associado às alternâncias climáticas ao longo do período quaternário, possibilitou a formação de processos denudacionais que deram origem aos patamares escalonados, com presença significativa dos depósitos de tálus e depósitos oriundos de corridas de massa pretéritos nas encostas (ASMUS; FERRARI, 1978, ALMEIDA; CARNEIRO, 1998; FERRARI, 2001; HASUI, 2010; WALDHERR; TUPINAMBÁ, 2014).

A geomorfologia é marcada pela presença de montanhas e morros, cones de dejeção e corpos de tálus, e planície fluvio-marinha (DANTAS, 2000). Segundo Bigarella e Mousinho (1965), o tipo de geomorfologia encontrada na bacia hidrográfica do Córrego da Caçada favorece a formação de colúvios no terço médio e inferior das encostas até que esse material chegue às calhas fluviais (alúvio).

Segundo o mapa de solos da CPRM (2000), pode ser encontrado na BHCC Cambissolo álico e Latossolo Vermelho-Amarelo álico, sendo Brizzi (2015) indicando associações de Cambissolo Háptico Tb Distrófico Típico (CXbd) e Latossolo Amarelo Tb Distrófico típico (LAd), com indicadores de coluvionamento na encosta estudada, e sem a possibilidade de utilização de maquinário para a agricultura devido à declividades que variam de 12° a 30° (figura 2).

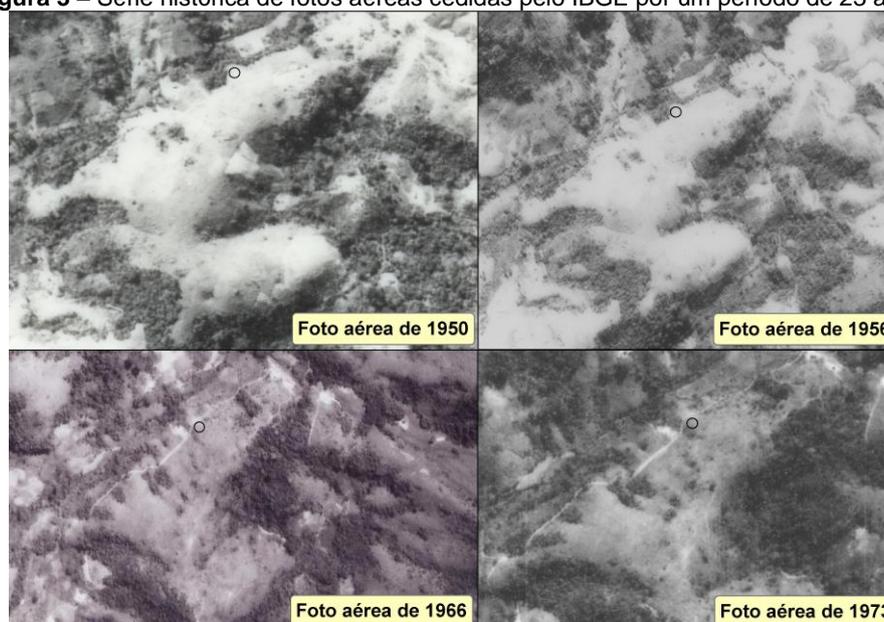
Figura 2 – Mapa de declividade da bacia hidrográfica do Córrego da Caçada com relevo sombreado.



No que diz respeito à cobertura vegetal, adotou-se a classificação utilizada no Projeto RADAM (Radar na Amazônia) (1983) referente ao qual a BHCC apresenta as subclasses Floresta Ombrófila Densa Submontana (altitudes de 50m a 500m) e Floresta Ombrófila Densa de terras baixas (de 5m a 50m). Essa presença marcante se justifica pelo clima tropical operante e seu regime de chuvas abundantes e bem distribuídas ao longo do ano e influenciadas, principalmente, pelo relevo da Serra do Mar. Além disso, a BHCC é marcada por uma vegetação pioneira de campos antrópico, derivada das práticas agropastoris.

Como marco dos processos de degradação dentro da BHCC, tem-se a construção da rodovia Rio-Santos (BR-101) na década de 70. Antes desse período, os processos de degradação à Mata Atlântica eram direcionados ao corte da floresta para o cultivo da cana de açúcar e comercialização de madeira legal para a construção civil. Posteriormente, esses usos da terra deram origem às pastagens, ao plantio da mandioca, bananais e outras culturas de subsistência já herdadas da cultura indígena. No decorrer da construção da rodovia, tais práticas declinaram, pois, as famílias que viviam do cultivo foram absorvidas pela construção e pelas atividades do setor de serviços – propiciadas pelo crescimento do turismo na região. Entretanto, o mosaico paisagístico composto pelos usos da terra pouco foi alterado a partir da instalação da BR-101 (figura 3), tendo o manejo de pastagem se mantido desde o período abordado.

**Figura 3** – Série histórica de fotos aéreas cedidas pelo IBGE por um período de 23 anos.



Assim, as terras foram aos poucos abandonadas, sendo submetidas muitas vezes, a queimadas intensas (naturais ou induzidas) que repercutem até os dias atuais e que tem como consequência direta o empobrecimento e a degradação físico-química dos solos, assim como a alteração da paisagem local com a formação de diferentes tipos de processos erosivos nas encostas, com predominância de erosão laminar.

A forma com a qual as ações antrópicas agem em relação aos fatores ambientais (geologia, geomorfologia, clima, solos, vegetação e etc.), gera um estágio de degradação contínua na bacia hidrográfica que se firma pelo avanço da pastagem em relação à floresta, caracterizando uma paisagem mosaificada de fragmentos florestais, diminuídos pelo avanço da própria pastagem e/ou da agricultura de queima e corte com o intuito de valorizar as terras para especulação fundiária. Dessa forma, tais práticas merecem total atenção da administração da Área de Proteção Ambiental de Cairuçu frente a sua importância no contexto regional onde a mesma está inserida.

### Análises de laboratório

Com o objetivo de determinar as características pedológicas atreladas à estrutura dos solos em função dos usos sobrejacentes, foram determinadas, em laboratório, as curvas de distribuição granulométrica, morfologia, porosidade total, densidade do solo e densidade das partículas de acordo com Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), Vieira e Vieira (1983) e Embrapa (2011), conforme mostra a tabela abaixo, respectivamente:

Tabela 1 – Metodologias utilizadas no estudo.

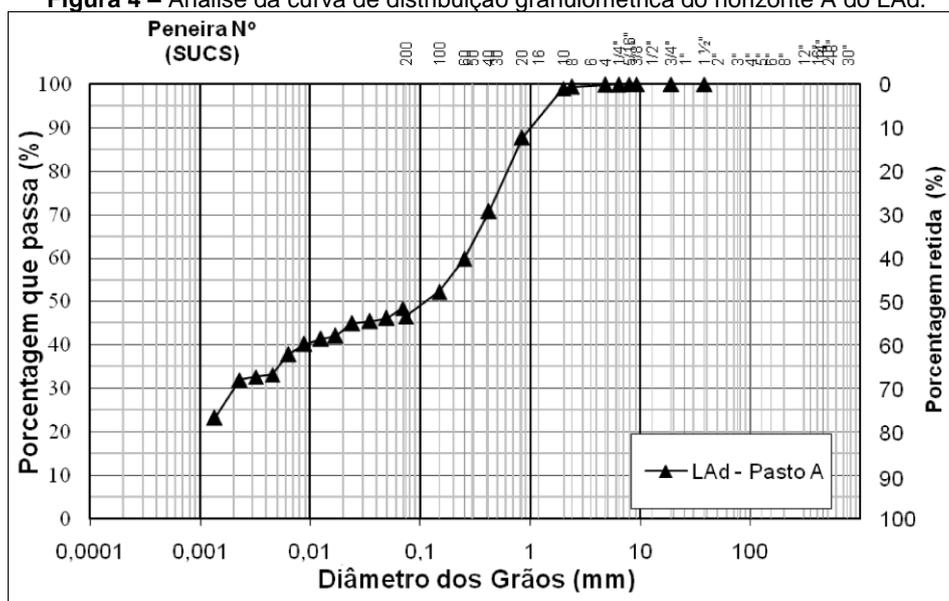
| ANÁLISES FÍSICAS DO SOLO  | Método             |
|---|--------------------|
| Preparação de amostra para ensaio de caracterização e compactação | NBR 6457/1986      |
| Análise granulométrica por peneiramento                           | NBR 7181/1984      |
| Análise granulométrica por sedimentação                           | NBR 7181/1984      |
| Análise morfológica   | SANTOS et al. 2005 |
| Porosidade total  | EMBRAPA/ 2001      |
| Densidade do solo   | EMBRAPA/ 2001      |
| Densidade das partículas  | EMBRAPA/ 2001      |

Para a análise da estrutura do agregado do solo no Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV), foram coletados torrões do horizonte A do Latossolo, onde foi selecionado um agregado em laboratório (previamente seco ao ar) de aproximadamente 2cm<sup>3</sup> que possibilitou a ampliação da sua estrutura numa escala de até 900.000 vezes (MALISKA, 2017). Ao Microscópio Eletrônico de Varredura, estava acoplada a EDS (Espectroscopia por Energia Dispersiva), que possibilitou a identificação mineralógica dos agregados por meio da emissão contínua de Raios – X comumente distribuídos do baixo número atômico (baixa energia) para elevado Z (alta energia), nos gráficos apresentados, através da distribuição dos elementos químicos identificados (MALISKA, 2017).

### RESULTADOS

A análise da curva de distribuição granulométrica possibilita classificar o horizonte A do Latossolo Amarelo (LAd) como Franco Argilo Arenoso (Figura 4). Destacam-se os seguintes valores de sua distribuição: 21% areia grossa, 22% areia média e 8,7% areia fina que soma 40,9% de areia total, seguido de 0,9% de pedregulho fino, 18% de silte e 29,4% de argila.

Figura 4 – Análise da curva de distribuição granulométrica do horizonte A do LAd.



A análise morfológica mostrou que o solo apresenta diferenciação de cores quando seco (10YR 3/4) e quando úmido (10Y 4/2); estrutura de tamanho médio, grau moderado e de forma granular; não apresenta nódulos e concreções minerais; consistência ligeiramente dura quando seca, friável quando úmida e, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa quando molhada; coesão moderada; raízes muito finas e atividade biológica inexistente. A porosidade total foi de 48,07%, com densidade do solo ( $D_s$ ) de 1,35  $\text{Kg}/\text{dm}^3$  e densidade das partículas ( $D_p$ ) de 2,60  $\text{Kg}/\text{dm}^3$  (tabela 2).

**Tabela 2** – Análise morfológica e das propriedades físicas do LAd.

| Horiz.                      | Prof. cm | Cor      |           | estrutura  |          |          | consistência   |         |   | Coesão   | Raízes      | Atividade Biológica |
|-----------------------------|----------|----------|-----------|--|----------|----------|--|---------|---|----------|-------------|---------------------|
|                             |          | Seco     | Úmido     | Tamanho  | Grau     | Forma    | Seco   | Úmido   | Molhado                                       |          |             |                     |
| A                           | 0-15     | 10YR 3/4 | 2,5 Y 4/2 | Médio  | Moderado | Granular | Ligeiramente duro  | Friável | Ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso | Moderado | Muito finas | Ausente             |
| <b>Porosidade total (%)</b> |          |          |           | <b><math>D_s</math> (<math>\text{Kg}/\text{dm}^3</math>)</b> |          |          | <b><math>D_p</math> (<math>\text{Kg}/\text{dm}^3</math>)</b> |         |   |          |             |                     |
| 48,07                       |          |          |           | 1,35   |          |          | 2,6  |         |   |          |             |                     |

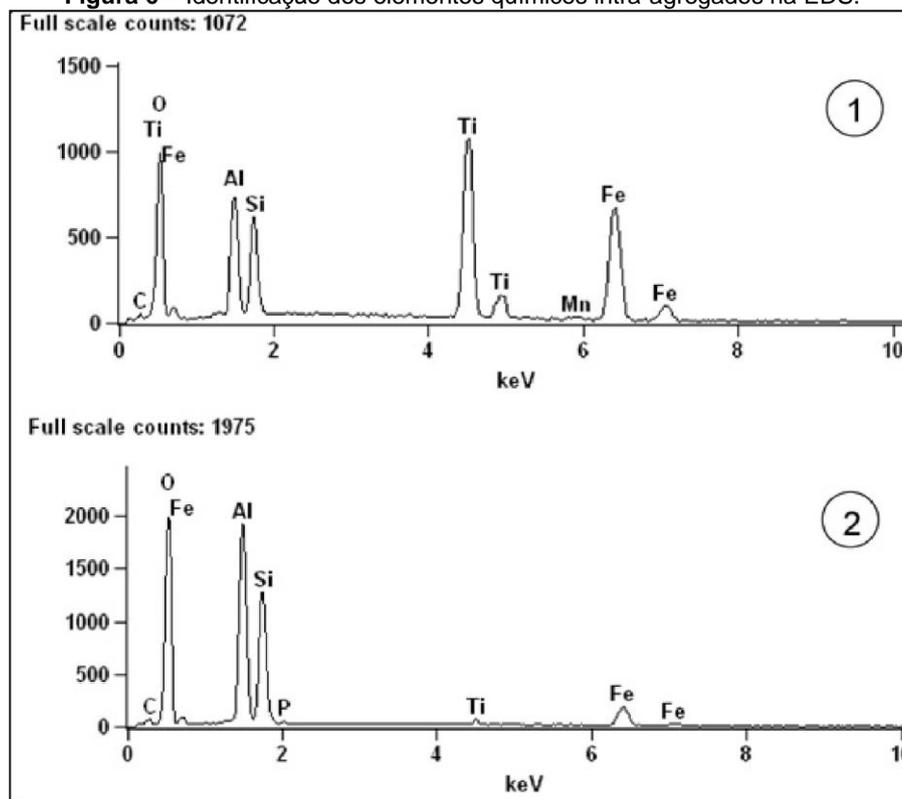
De acordo com a análise do agregado no Microscópio Eletrônico de Varredura - MEV (figura 5) pode ser observada a microestrutura subangular com aspecto maciço. As rachaduras visualizadas na imagem não podem ser confundidas com a porosidade, pois as mesmas foram geradas em função do ressecamento da amostra. No canto inferior direito é possível identificar um pedaço de uma raiz em decomposição. Na imagem, dois pontos foram selecionados para a análise dos elementos químicos pela EDS presentes no agregado.

**Figura 5** – Análise da microestrutura do horizonte A do Latossolo pelo MEV e a identificação dos elementos químicos pela EDS nos pontos 1 e 2.



Através da espectroscopia por energia dispersiva (EDS) (figura 6), foi possível identificar os seguintes elementos químicos presentes no ponto 1: Carbono (C) - 0,94%, Oxigênio (O) - 43,81%, Alumínio (Al) - 6,90%, Sílica (Si) - 4,95%, Titânio (Ti) - 19,38%, Manganês (Mn) - 0,65 e Ferro (Fe) - 23,37. Já para o ponto 2, os seguintes elementos: Carbono (C) - 4,23%, Oxigênio (O) - 60,36%, Alumínio (Al) - 15,88%, Sílica (Si) - 11,98%, Fósforo (P) - 0,18% Titânio (Ti) - 0,75% e Ferro (Fe) - 6,61%.

**Figura 6** – Identificação dos elementos químicos intra-agregados na EDS.



## DISCUSSÃO

Os resultados obtidos a partir da curva de distribuição granulométrica (figura 4) indicam que o horizonte A do Latossolo amarelo é de baixa suscetibilidade à erosão, já que é representado por porcentagens baixas de areia fina e silte. Entretanto, cabe destacar que o uso sobrejacente é caracterizado por pastagem abandonada com práticas de queimada que acabam por expor o solo aos impactos das gotas de chuva.

Segundo Morgan (2005), o intervalo granulométrico de 0,3 a 0,1 mm de diâmetro (areia média, areia fina e muito fina) é o mais importante na suscetibilidade dos solos à erosão a qual pode ser agravado pelo uso e o manejo agrícola como as áreas de pastagens - com o pisoteio do gado e com a monocultura - com a prática de arado da terra (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2010).

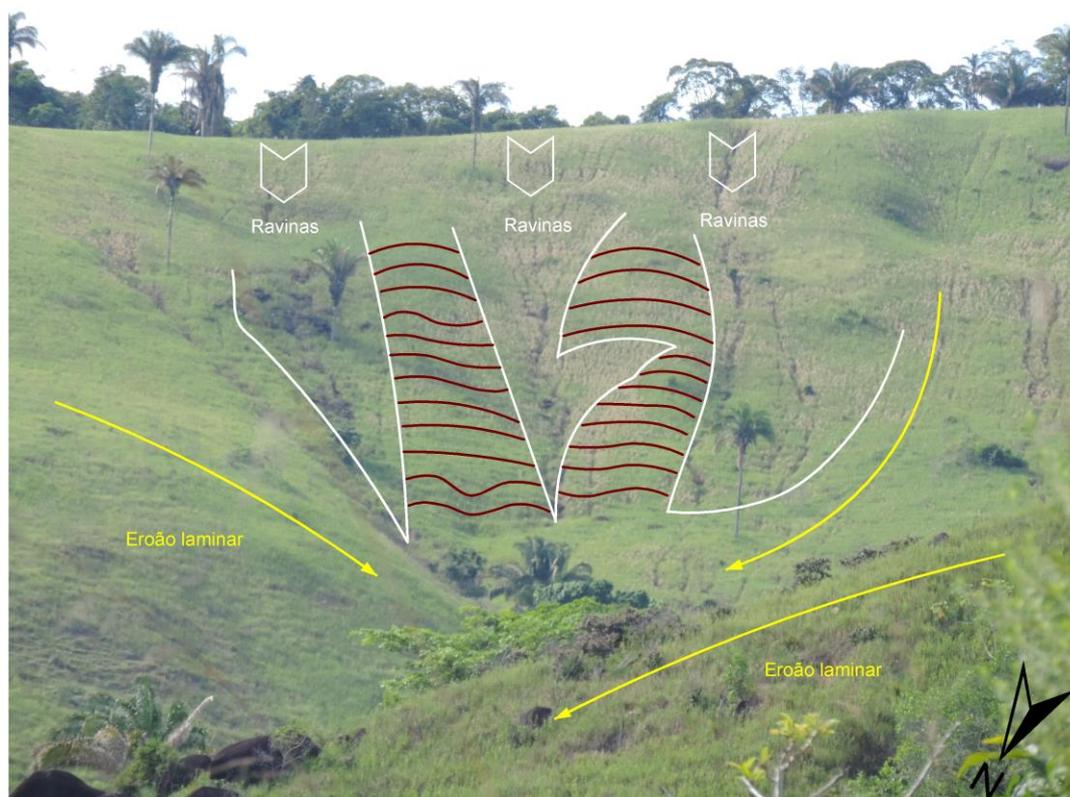
Guerra (2009, p. 155), também, salienta que “a *textura afeta a erosão, porque algumas frações granulométricas são removidas mais facilmente do que outras*” e que o silte e a areia fina, por exemplo, são as mais propensas a serem erodidas, ao contrário da areia grossa e da argila, que possuem maior peso e coesão, respectivamente (GUERRA; BOTELHO, 1996).

A análise morfológica e da curva de distribuição granulométrica (figura 4) permitem apontar que os agregados encontrados no horizonte A do Latossolo Amarelo, quando submetidos a um evento chuvoso, possuem consistência ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa, que certamente influencia a coesão moderada dos mesmos, devido aos 29,4% de argila presentes

e pelos teores de carbono orgânico que serão apresentados *a posteriori*, oriundos da decomposição da matéria orgânica, das cinzas das queimadas e do esterco de animais. A presença de raízes muito finas está relacionada ao tipo de uso presente (pastagem com gramíneas) e a ausência de atividade biológica deve-se ao manejo utilizado, com a prática rudimentar de queimada para renovação da pastagem.

Ressalta-se também que, embora a granulometria e a morfologia constatadas em Latossolos de uma maneira geral sejam favoráveis a uma menor suscetibilidade à erosão, a área de estudo se encontra em uma das regiões mais chuvosas do Estado do Rio de Janeiro, ultrapassando os 2.000 mm de chuva/ano e tais características são contribuintes a evolução de processos erosivos na encosta estudada (erosão laminar>ravinas>voçorocas), haja vista a constatação de processos erosivos em outras encostas da BHCC (figura 7) sob a mesma classe de solo e intervalo clinográfico.

**Figura 7** – Anfiteatro mostrando diferentes tipos de processos erosivos na BHCC – Paraty/RJ.



**Foto** – Do autor

Ainda, de acordo com a tabela 2, a densidade do solo ( $D_s$ ) foi de  $1,35 \text{ kg/dm}^3$  e a porosidade total foi de 48,08% em solos com predominância de mineralogia quartzosa, confirmado pela densidade das partículas ( $D_p$ ) de  $2,6 \text{ kg/dm}^3$ .

Segundo Kiehl (1979), em solos minerais, os valores da densidade do solo oscilam de 1,1 a 1,6  $\text{Kg/dm}^3$ . Já em solos orgânicos, os valores variam de 0,6 a 0,8  $\text{Kg/dm}^3$ , principalmente, pela presença de raízes e restos de animais. Acrescenta-se, também, a faixa de  $D_s$  de 1,25 a 1,40  $\text{Kg/dm}^3$  para solos arenosos. A porosidade total dos solos varia de 40 a 60%, cuja densidade média das partículas fica em torno de  $2,65 \text{ Kg/dm}^3$ . Já Guerra (1990) aponta valores mínimos de densidade do solo abaixo de  $1,3 \text{ Kg/dm}^3$  e valores altos acima de  $1,6 \text{ Kg/dm}^3$ , tendo Loureiro et al. (2011) e Rangel e Guerra (2017) encontrado valores de  $1,4 \text{ Kg/dm}^3$  e  $1,5 \text{ Kg/dm}^3$  para pastagens da região serrana e sul fluminense do Estado do Rio de Janeiro, respectivamente.

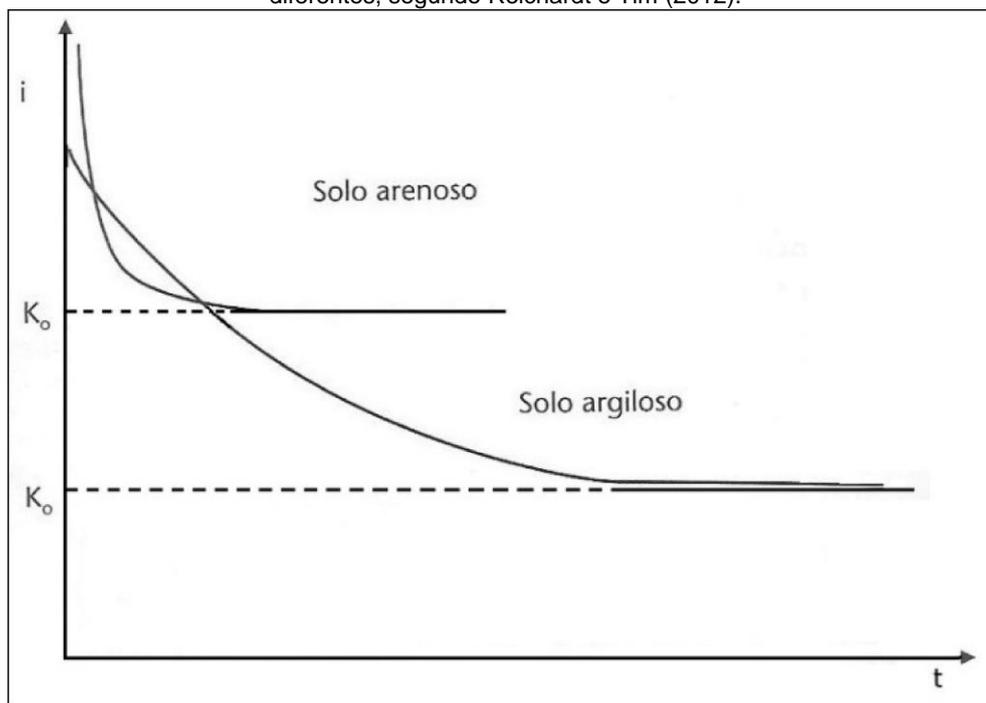
Nota-se, portanto, que os resultados encontrados para esta pesquisa são intermediários, fato que pode explicar a ocorrência preponderante de erosão laminar na encosta estudada, diferente de como ocorre em outras encostas da BHCC como mostrado na figura 7.

A imagem apresentada no MEV (figura 5) possibilita maior compreensão do tipo de processo erosivo que ocorre na encosta estudada em função do maior detalhamento da microestrutura do solo apresentada. Nota-se, portanto, que a microestrutura maciça encontra-se compactada, de modo que as “fissuras” presentes são causadas pela contração do material devido à secagem ao ar.

De acordo com Horton (1945), os dados apresentados para esse estudo (porosidade total, densidade do solo e da visualização da microestrutura do solo no MEV), possibilitam inferir que diante de um evento chuvoso, o tipo de solo presente, se seco, irá possibilitar a infiltração da água nos primeiros minutos, não saturando o solo como um todo e dará início ao escoamento superficial – *runoff*, provocando a erosão laminar.

Souza (2003) ressalta que ainda que o solo arenoso favoreça, num primeiro momento, a entrada de água no perfil devido à grande quantidade de espaços porosos, o mesmo também é altamente susceptível à remoção devido a sua baixa capacidade de agregação. Isso se dá, principalmente, pela baixa capacidade de troca catiônica (CTC) inerente de solos arenosos e que pode se apresentar alta, quando possui valores significativos de colóides (BISSANI et al., 2012). Neste sentido, pode-se observar a relação da textura com o tempo de infiltração da água no solo, segundo Reichardt e Tim (2012) (figura 8).

**Figura 8** – Velocidade da infiltração vertical, em função do tempo, para dois tipos de solos com texturas diferentes, segundo Reichardt e Tim (2012).



Entretanto, Freire (2006), ao correlacionar a influência da textura na infiltração, destaca a importância da estrutura no perfil e que esta propriedade pode ser, também, reguladora na entrada de água, quando afirma que:

A estrutura modifica a manifestação de propriedades que dependem da textura. Por exemplo: um solo de textura argilosa deve apresentar baixa permeabilidade à água e ao ar; mas, se estiver bem estruturado, sua permeabilidade à água pode ser alta (FREIRE, 2006, p. 19).

Bronick e Lal (2005) salientam que a boa estruturação do solo é vital para o crescimento das raízes e manutenção da fauna endopedônica do solo e que essa manutenção é fator determinante na estabilidade dos agregados, que por sua vez, é determinada, também, pela quantidade de carbono orgânico encontrada no solo. Os autores destacam que a elevada estabilidade dos agregados favorece a fertilidade dos solos e o aumento da produtividade agrícola, assim como, na diminuição da erodibilidade dos solos. No entanto, eles acrescentam que a estrutura está diretamente ligada às formas de manejo destinadas aos solos e, por esse motivo, pode variar no tempo.

Os elementos químicos apresentados na EDS (figura 6) indicam a presença significativa de óxidos de Ferro, (com indicativo de Goethita – devido à cor amarelada do Latossolo, mas também podendo conter Hematita), Alumínio (sendo a Gibbista o mais comum em solos muito intemperizados) e Titânio (derivado de minerais resistentes ao intemperismo como o Rutilo e Anatásio – típico de rochas granitas-gnáissicas do embasamento cristalino).

Também foi possível identificar silicatos de Ferro e Alumínio indicando argilomineral do tipo caulinita. Este último é consequência da degradação de minerais como Feldspato, Muscovita, Biotita e Quartzo que estão submetidos a chuvas frequentes, com temperaturas elevadas e que dão origem a solos muito intemperizados, como os Latossolos, comumente formados em zonas de monossilicização (MELO; WYPYCH, 2009).

Segundo Melo e Wypych (2009), a caulinita, com estrutura mineralógica do tipo 1:1 e forma laminar-hexagonal, favorece a formação de agregados e a infiltração da água nos solos devido à baixa absorção de água entre camadas. Entretanto, se este argilomineral estiver sob condições de manejo que compacte a estrutura dos agregados, sua morfologia passa a colaborar para impedir o processo de infiltração e favorecer a erosão laminar.

A EDS também apontou alta concentração de carbono orgânico (4,23%) no ponto 2 da imagem (figura 5). Este é resultado de uma pastagem manejada com queimadas, e que tem as cinzas como um produto da queima da matéria orgânica. Segundo Anjos et al. (2008) esse valor se aproxima de concentrações extremas de carbono orgânico (em torno de 2 a 5 g.kg<sup>-1</sup>) para Latossolos tropicais unificados, em que o esterco de animais também pode ter colaborado para este resultado.

A partir dos dados apresentados e com indicativo do argilomineral do tipo caulinita, pode-se afirmar que as queimadas como forma de manejo e a pastagem como uso permanente (figura 3) estão colaborando para o aumento da compactação do Latossolo e eliminação das atividades biológicas, o que acarreta diretamente na quebra dos macroagregados e redução do horizonte superficial estudado, com 15 cm de espessura.

Essa pesquisa se faz importante dentro da Geografia devido ao esforço analítico de tentar compreender o processo erosivo de forma multiescalar, numa das regiões mais florestadas do Estado do Rio de Janeiro e que pode resultar na mudança expressiva da paisagem em detrimento da mudança do uso da terra com a redução da Mata Atlântica e, conseqüentemente, no aumento da degradação dos solos.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

1. A curva de distribuição granulométrica indica que o horizonte superficial apresenta baixa suscetibilidade à erosão, devido às baixas porcentagens de areia fina e silte.

2. A análise do solo ao MEV mostra a estrutura subangular maciça do Latossolo Amarelo, mesmo sendo a *Ds* apresentando valores intermediários de acordo com a literatura.

3. O uso e o manejo ao longo dos anos colaboram para uma maior compactação do horizonte A do Latossolo Amarelo, agravado pelo indicativo do argilomineral caulinita, justificando a maior presença de erosão laminar na encosta avaliada, e a profundidade de 15 cm no horizonte superficial estudado.

4. Faz-se necessário uma discussão e revisão de literatura, e até mesmo mais estudos relativos à integração entre a análise da microestrutura de horizontes superficiais no MEV, densidade do solo e estabilidade dos agregados em água, com o intuito de compreender melhor a estrutura dos solos quando submetidos ao uso e ao manejo tradicional, além de ajudar na calibração de modelos que tratam da perda de solos em países tropicais.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR-6457: Amostras de solo: Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização. Rio de Janeiro, 1986. 9p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR-7181: Análise granulométrica: Método de ensaio. Rio de Janeiro, 1984. 13p.

ALMEIDA, F. F. M. DE; CARNEIRO, C. D. R. Origem e evolução da serra do mar. Revista Brasileira de Geociências, v. 28, n. 2, p. 135-150, 1998.

<https://doi.org/10.25249/0375-7536.1998135150>

AN, S.; MENTLER, A.; MAYER, H.; BLUM, W. E. H. Soil aggregation, aggregate stability, organic carbon and nitrogen in different soil aggregate fractions under forest and shrub vegetation on the Loess Plateau, China. Catena, v. 81, n. 3, p. 226-233, 2010.

<https://doi.org/10.1016/j.catena.2010.04.002>

AN, S.; ZHENG, F.; ZHANG, F.; VAN PELT, S.; HAMER, U.; MAKESCHIN, F. Soil quality degradation processes along a deforestation chronosequence in the Ziwuling area, China. Catena, v. 75, n. 3, p. 248-256, 2008.

<https://doi.org/10.1016/j.catena.2008.07.003>

ANJOS, L. H. C. DOS; PEREIRA, M. G.; FONTANA, A. Matéria orgânica e pedogênese. In: CAMARGO, G. DE A. S. L. S. DA S. L. P. C. F. A. DE O. C. (Ed.). Fundamentos da matéria orgânica do solo - ecossistemas tropicais e subtropicais. 2. ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p. 65-86.

ASMUS, H. E.; FERRARI, A. L. Hipótese sobre a causa do tectonismo cenozóico na região sudeste do Brasil. In: PETROBRÁS. Aspectos estruturais da margem continental leste e sudeste do Brasil. Rio de Janeiro: PETROBRÁS/CENPES/DINTEP, 1978. p. 75-88 (Projeto REMAC 4).

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. Conservação do solo. 7. ed. São Paulo: Ícone, 2010.

BIGARELLA, J. J.; MOUSINHO, M. R. Considerações a respeito dos terraços fluviais, rampas de colúvio e várzeas. Boletim paranaense de Geografia, v. 16/17, p. 153-198, 1965.

BISSANI, C. A.; MEURER, E. J.; CAMONA, F. C. Solos ácidos e solos afetados por sais. In: MEURER, E. J. (Ed.). Fundamentos de química do solo. 2. ed. Porto Alegre: Evangraf, 2012. p. 155-174.

BRIZZI, R. R. Avaliação da influência do manejo agrícola no uso e cobertura das terras através de ferramentas de geoprocessamento e indicadores de qualidade dos solos na bacia hidrográfica do Córrego da Caçada - Paraty/RJ. [s.l.] UERJ, 2015.

BRONICK, C. J.; LAL, R. Soil structure and management: A review. Geoderma, v. 124, n. 1-2, p. 3-22, 2005.

<https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2004.03.005>

CPRM. Mapa de solos do Estado do Rio de Janeiro. Disponível em:

<<http://www.cprm.gov.br/publique/Gestao-Territorial/Geodiversidade/Projeto-Rio-de-Janeiro-3498.html>>.

DANTAS, M. E. Mapa geomorfológico do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 2000.

EMBRAPA. Manual de métodos de análises de solos. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 2011.

FERRARI, A. L. Evolução Tectônica do Graben da Guanabara. [s.l.] Universidade de São Paulo, 2001.

FREIRE, O. Solos das regiões tropicais. São Paulo: FEPAF, 2006.

FULFARO, V. J.; PONÇANO, W. L. Recent tectonic features in the Serra do Mar region, state of São Paulo, Brazil and its importance to Engineering Geology. In: International Congress of the I. A.E.G., 2. São Paulo, ABGE, 1: II-7.1-II-7.7, 1974.

GUERRA, A. J. T. O papel da matéria orgânica e dos agregados na erodibilidade dos solos. Anuário do Instituto de Geociências, v. 13, p. 43-52, 1990.

GUERRA, A. J. T. O processo erosivo nas encostas. In: GUERRA, A. J. T.; BOTELHO, R. G. M. (Eds.). . Geomorfologia: Uma atualização de bases e conceitos. 9. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009. p. 149-199.

GUERRA, A. J. T.; BOTELHO, R. G. M. Características e Propriedades dos solos relevantes para os estudos pedológicos e análise de processos erosivos. Anuário do Instituto de Geociências, vol, v. 19, n. M, p. 93-114, 1996.

HASUI, Y. A grande colisão pré-cambriana do sudeste brasileiro e a estruturação regional. Geociencias, v. 29, n. 2, p. 141-169, 2010.

HORTON, R. Geological Society of America Bulletin. Geological Society Of America Bulletin, v. 56, n. 1, p. 275-370, 1945.

[https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1945\)56\[275:EDOSAT\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1945)56[275:EDOSAT]2.0.CO;2)

ICMBIO. Encarte I - caracterização ambiental. Plano de Manejo da APA de Cairuçu, 2004.

JAMIL, N.; SAJJAD, N.; ASHRAF, H.; MASOOD, Z.; BAZAI, Z. A.; KHAN, R.; ANJUM, N.; AKMAL, F.; ARBAB, N.; TAREEN, P.; KHAN, R. Physical and Chemical Properties of Soil Quality Indicating Forests Productivity : A Review. American-Eurasian Journal of Toxicological Sciences, v. 8, n. 2, p. 60-68, 2016.

KIEHL, E. J. Manual de edafologia: relação solo - planta. São Paulo: Agronômica Ceres, 1979.

LOUREIRO, H.; NEVES, S. R. DE A.; BRIZZI, R. R. MENDES, S. P.; GUERRA, A. J. T. Soil erodibility and monitoring at a gully in São Pedro river ' s drainage basin , Macaé municipality / Rio de Janeiro State - Brazil. Regional Geographic conference: Santiago, Chile. Anais...2011

MALISKA, A. M. Microscopia Eletrônica De Varredura. Disponível em:

<[http://www.usp.br/nanobiodev/wp-content/uploads/MEV\\_Apostila.pdf](http://www.usp.br/nanobiodev/wp-content/uploads/MEV_Apostila.pdf)>. Acesso em: 17 maio. 2017.

MELO, V. DE F.; WYPYCH, F. Caulinita e Halosita. In: MELO, V. DE F.; ALLEONI, L. R. F. (Eds.). . Química e mineralogia do Solo I. 1. ed. Minas Gerais: SBCS, 2009. p. 428-504.

MORGAN, R. P. . Soil erosion & conservation. 3. ed. Oxford: Blackwell Publishing, 2005.

PEREIRA, A. A.; THOMAZ, E. L. Estabilidade de Agregados em Diferentes Sistemas de Uso e Manejo no Município de Reserva-PR. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 7, p. 378-387, 2014.

RADAMBRASIL. Projeto RADAMBRASIL - V.32 - Folha SF 23/24 Rio de Janeiro/Vitória, 1983.

RANGEL, L. DE A.; GUERRA, A. J. T. Degradação de trilhas na Reserva Ecológica da Juatinga em Paraty - Rio de Janeiro. *Revista Ambiente & água*, v. 9, p. 752-766, 2014.

<https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1434>

RANGEL, L. DE A.; GUERRA, A. J. T. Qualidade física de um cambissolo háplico sob diferentes usos na bacia do córrego dos micos, paraty (rj). *Boletim Goiano de Geografia*, v. 37, n. 1, p. 91-105, 2017.

<https://doi.org/10.5216/bgg.v37i1.46245>

REICHARDT, K.; TIMM, L. C. Solo, planta e atmosfera - conceitos, processos e plicações. 2. ed. Barueri, SP: Manole, 2012.

SALTON, J. C.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; BOENI, M.; CONCEIÇÃO, P. C.; FABRÍCIO, A. C.; MACEDO, M. C. M; BROCH, D. B. Agregação e estabilidade de agregados do solo em sistemas agropecuários em Mato Grosso do Sul. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 32, n. 1, p. 11-21, 2008.

<https://doi.org/10.1590/S0100-06832008000100002>

SANTOS, R. D. DOS; LEMOS, R. C. DE; SANTOS, H. G. DOS; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C. D. . Manual de descrição e coleta de solo no campo. 5. ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência de Solo, 2005.

SOUZA, A. P. DE. Monitoramento da erosão de solos durante eventos pluviométricos: subsídio à compreensão dos processos erosivos em ambiente agrícola serrano. [s.l.] Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2003.

VIEIRA, L. S.; VIEIRA, M. DE F. Manual de morfologia e classificação de solos. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 1983.

WALDHERR, F.; TUPINAMBÁ, M. A dinâmica dos depósitos pretéritos na deflagração de corridas de detritos em eventos catastróficos : a bacia de drenagem do corridas de detritos em eventos catastróficos : a bacia de drenagem do Córrego do Príncipe , Teresópolis - RJ. VIII Simpósio Latinoamericano de Geografia física. Anais...Santiago (Chile): 2014

WENDLING, B.; JUCKSCH, I.; MENDONÇA, E. DE S.; NEVES, J. C. L. Estoque de carbono e estabilidade de agregados em um Latossolo Vermelho distrófico, sob diferentes manejos. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, v. 40, n. 5, p. 487-494, 2005.

<https://doi.org/10.1590/S0100-204X2005000500010>

---

Recebido em: 13/02/2018

Aceito para publicação em: 28/11/2018