

## Fracionamento da Matéria Orgânica e Micromorfologia dos Solos da Ilha da Trindade, Atlântico Sul

### *Organic Matter Fractionation and Micromorphology From Soils of Trindade Island, South Atlantic*

Eliane de Paula Clemente<sup>1</sup>, Fábio Soares Oliveira<sup>2</sup>, Mariana Resende Machado<sup>3</sup>, Carlos Ernesto Gonçalves Reynaud Schaefer<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Embrapa Solos, eliane.clemente@embrapa.br

<sup>2</sup> Universidade Federal de Minas Gerais, fabiosolos@gmail.com

<sup>3</sup> Universidade Federal de Minas Gerais, mmachadogeo@gmail.com

<sup>4</sup> Universidade Federal de Viçosa, carlos.schaefer@ufv.br

Recebido (Received): 26/08/2018

Aceito (Accepted): 01/12/2018

**Resumo:** Este estudo caracterizou a matéria orgânica dos solos (MOS) da Ilha da Trindade a partir das suas frações húmicas e organização micromorfológica, buscando reconhecer a influência de aspectos ambientais na distribuição destas frações. Foram analisados oito perfis de solos, representativos das distintas classes existentes na Ilha (Neossolos, Cambissolos e Organossolos), associados a três materiais de origem (rochas alcalinas, básicas e sedimentos carbonáticos) e em distintas posições topográficas. O fracionamento das substâncias húmicas e a relação C/N foram analisados em todos os horizontes. Um horizonte superficial de cada classe foi selecionado para a caracterização micromorfológica em seções delgadas. A humina constituiu a fração predominante na composição da MOS dos solos de Trindade. As maiores concentrações ocorrem nos solos situados das porções mais altas, úmidas, e sob vegetação de maior porte. A acumulação majoritária da fração humina se deve à limitada ou baixa transformação da MOS, por sua vez associada a baixa atividade da macro e mesofauna. Trata-se de uma humina herdada diretamente do material pouco transformado. Outros aspectos como textura, cobertura vegetal, pedoclima explicam o maior ou menor acúmulo, e contribuem para explicar as diferenças entre os perfis. A fração humina predominantes destaca a baixa mobilidade da MOS nos horizontes superficiais. Contudo, perfis das áreas altas apresentaram indicativos de podzolização incipiente, concentrando AF e Ah em profundidade. O estudo contribui com uma primeira aproximação na caracterização da MOS de Trindade, importante para o entendimento da dinâmica de carbono no solo e recuperação ambiental da Ilha.

**Palavras-chave:** Recuperação Ambiental; Ilha Oceânica; Substâncias húmicas; Solos Tropicais.

**Abstract:** This study characterized the soil organic matter (SOM) of Trindade Island from its humic fractions and micromorphological organization, recognizing the influence of environmental aspects on the distribution of these fractions. Eight soil profiles, representative of the different classes (Neosols, Cambisols and Organosols), associated to three parent materials (alkaline, basic rocks and carbonate sediments) and different topographic positions were analyzed. The fractionation of the humic substances and the C / N ratio were analyzed in all horizons. A surface horizon of each class was selected for micromorphological characterization in thin sections. Humina constituted the predominant fraction in the composition of the MOS of the Trindade soils. The highest concentrations occur in soils located in the highest, humid areas, and under larger vegetation. The majority accumulation of the humina fraction is due to the limited or low transformation of MOS, in turn associated with low macro and mesofauna activity. It is a humina inherited directly from the little transformed material. Other aspects such as texture, vegetal cover, pedoclimate explain the greater or lesser accumulation, and contribute to explain the differences between the profiles. The predominant humina fraction emphasizes the low mobility of MOS in the superficial horizons. However, profiles of the high areas presented indicative of incipient podzolization, concentrating AF and AH in depth. The study contributes with a first approximation in the characterization of Trindade MOS, important for the understanding of the carbon dynamics in the soil and fundamental for the environmental recovery of the Island.

**Keywords:** Environmental recovery; Oceanic island; Humic substances; Tropical soils.

## 1. Introdução

As ilhas oceânicas são reconhecidas como laboratórios biológicos desde os tempos de Wallace e Darwin. O isolamento biogeográfico torna suas faunas e floras mais simplificadas, onde a existência de fronteiras bem definidas facilita a observação e estudo de muitos processos ecológicos e evolutivos (Whittaker, 1998; Gillespie e Roderick, 2002).

As ilhas podem ser colonizadas por dispersão e imigração, ou por evolução e especiação *in situ*. Em ambos os casos, os ambientes insulares oferecem condições geográficas muito restritas. Processos vulcânicos, condições climáticas diversas, evolução morfodinâmica peculiar são alguns dos fatores que propiciam a diversidade de habitats e contribuem na geração de populações de fauna e flora muito especializadas e endêmicas (Marin *et al.*, 2004). Por evoluírem confinadas com populações pequenas, as espécies se desenvolvem praticamente livres de competição por recursos e com menor variabilidade genética, o que as tornam sensíveis a invasões de espécies exóticas (Walter, 2004; Serafine *et al.*, 2010).

Séculos de exploração em ilhas mostraram o caráter finito dos recursos naturais e as consequências do manejo ambiental voraz e inadequado nestes ambientes. Em Trindade, a mais isolada ilha do território brasileiro, localizada no Atlântico Sul a 1.100 km da costa, cinco séculos de ocupação humana resultaram em fortes modificações da vegetação e da fauna (Alves, 1998). Desde sua descoberta até o século XX, foram introduzidas espécies exóticas responsáveis pelo desequilíbrio das relações ecossistêmicas e pela degradação ambiental da paisagem (Barth, 1958; Alves, 1998;). Dessa forma, a flora original de Trindade compunha-se de espécies que estão, hoje, praticamente extintas, como a Colubrina glandulosa (Pau Tucano). As práticas de recuperação vegetal em Trindade constituem empreendimentos realizados desde a década de 1990, e durante as décadas seguintes resultados pouco expressivos suscitaram a necessidade de estudos ambientais para subsidiar a recuperação.

Estudos pedológicos têm revelado um mosaico de solos em Trindade com processos pedogenéticos e propriedades em condições singulares e, sendo assim, reconhecidos como solos endêmicos (Firme Sá, 2010; Schaefer *et al.*, 2017; Machado *et al.*, 2017). Mesmo que tenham sido investigados, as propriedades físicas e químicas da matéria orgânica do solo (MOS) ainda são uma lacuna na compreensão da evolução e dinâmica pedológica de Trindade, uma vez que sua elevada reatividade faz com que desempenhe importante papel em várias propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (Dick *et al.*, 2009).

Nesse sentido, o estudo contribui com uma primeira aproximação na caracterização da MOS da Ilha da Trindade. O fracionamento químico da matéria orgânica foi empregado para avaliar os teores de C nas diferentes frações húmicas, já que se baseia na diferença de solubilidade dessas frações em meios ácido e básico. De maneira complementar, estudos micromorfológicos foram empreendidos para demonstrar o estado de degradação e formas de organização dessa matéria orgânica. As substâncias húmicas representam mais de 70% do carbono presente no solo e são diferenciadas uma das outras pela cor, massa molecular, presença de grupos funcionais (carboxílicos, fenólicos, etc.) e grau de polimerização (Madari *et al.*, 2009).

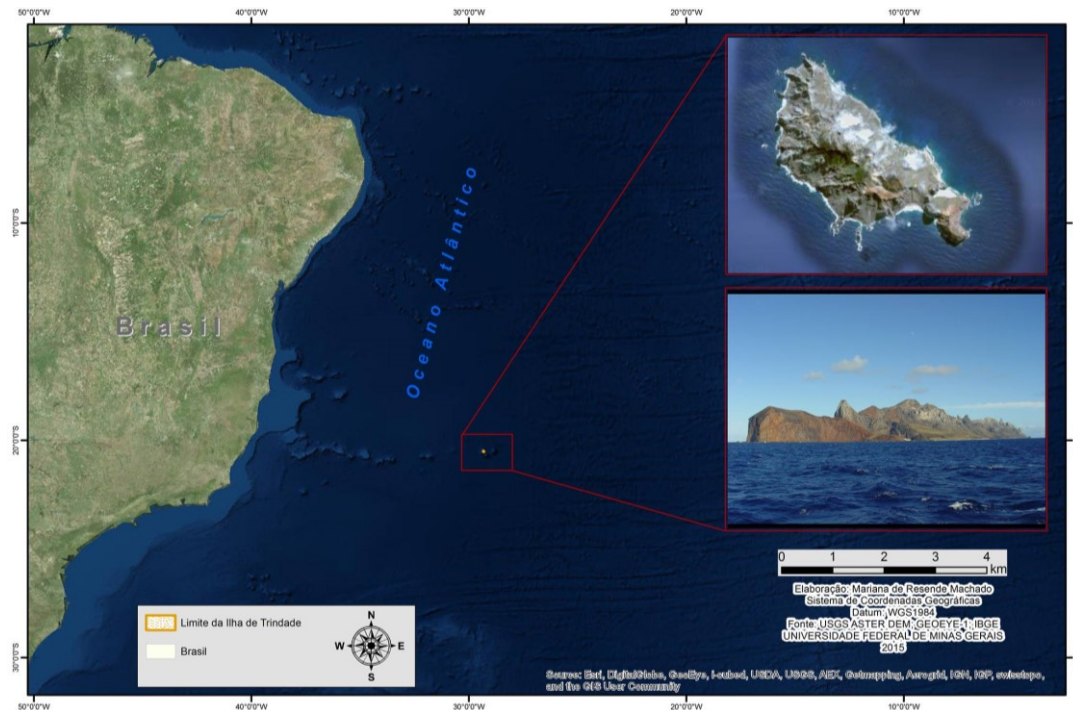
De modo geral, é aceita a distribuição das frações humificadas em três categorias: as huminas (H) que representam a matéria orgânica intimamente ligada à fração mineral do solo, e por isso insolúvel; os ácidos fúlvicos (AF), que apresentam grande quantidade de grupamentos funcionais oxigenados e são solúveis tanto em meio ácido como básico, e os ácidos húmicos (AH), insolúveis em meio fortemente ácido, pois, com a protonação dos grupamentos funcionais ocorre o colapso da estrutura e floculação das macromoléculas. Os AH representam a fração reativa mais estável da matéria orgânica humificada (Schnitzer, 1991) e o conteúdo relativo de cada fração da matéria orgânica é um indicativo da qualidade do húmus do solo (MacCallister & Chui, 2000).

O objetivo do estudo foi caracterizar a MOS dos solos de Trindade a partir das suas frações húmicas, e discutir a influência de fatores como o material de origem, grau evolutivo dos solos e topografia na sua distribuição ao longo dos perfis. Esse estudo traz importantes contribuições sobre aspectos da fertilidade dos solos de Trindade, fundamentais para a recuperação ambiental da Ilha.

## 2. Materiais e Métodos

### 2.1 Localização da área de estudo

A Ilha de Trindade localiza-se no Oceano Atlântico Sul, afastada 1.140 Km da costa continental brasileira (Figura 1). É uma ilha vulcânica, com aproximadamente 3,9 Ma, integrante de cadeia de montanhas submarinas conhecida como Lineamento Vitória-Trindade.



**Figura 1.** Localização da Ilha de Trindade no Atlântico Sul. Fonte: Machado (2016)

O evento vulcânico mais antigo responsável pela formação da Ilha, denominado Complexo Trindade (Almeida, 1961), é constituído por piroclastos, brechas de fonólito e tanbuschito, com composição alcalina. Há também derrames de ignimbritos, além de diques ultramáficos. Trata-se de uma formação heterogênea, incluindo diversas manifestações vulcânicas, tendo sido intensamente erodida antes do seu recobrimento parcial pela formação seguinte, a Sequência Desejado. Essa formação consiste numa sucessão de derrames de fonólito, grazinito e nefelinito intercalados com piroclastos de composição equivalente, podendo atingir até 400 m de espessura. Segue-se a formação Morro Vermelho, mais recente, provavelmente com origem pleistocênica, resultado de uma fase vulcânica explosiva que produziu corridas de lavas (ankaratritos) no interior da Ilha, além de tufos de lúpili e brechas. A Formação Morro Vermelho, cuja espessura mínima é de 230m, foi seguida de um vulcanismo do qual só foi encontrado um foco na face norte e que produziu derrames basálticos e piroclastos, denominada Formação Valado. Finalmente, da formação mais nova, constituída de derrames de lava ankaratrítica, tufos e brechas, provavelmente de idade pleistocênica superior/holocênica, originou-se do Vulcão do Paredão, cujos restos da cratera vulcânica ainda podem ser observados (Almeida, 1961).

Possui relevo extremamente dissecado, com escarpas íngremes, vales profundos e platôs estruturais, sendo que os pontos mais altos alcançam cerca de 600 m de altitude (Schaefer e Oliveira, 2015). O clima é caracterizado como do tipo oceânico tropical, mas com regime de precipitação característico de semi-úmido e tendências a semi-árido, com média anual de 923 mm, e temperatura média de 25,2°C (Alves, 1998).

## 2.2 Solos Estudados

Para avaliar a distribuição das frações húmicas em solos de distintos materiais de origem e posições topográficas da Ilha da Trindade, foram selecionados 8 perfis da coleção apresentada por Clemente (2006) e Clemente *et al.* (2009). Em termos taxonômicos, foram selecionados três perfis de Neossolos Regolíticos, três de Cambissolos Háplicos, um Organossolo e um Cambissolo Hístico, contemplando as principais classes e materiais de origem existentes na área de estudo, quais sejam, rochas alcalinas (fonolitos), rochas básicas (derrames e piroclásticas) e sedimentos carbonáticos (**Tabela 1**). A disposição destes perfis ocorre ao longo de uma sequência topográfica (**Figura 2**), abrangendo toda a face norte da Ilha e parte da face sul. Estes solos também refletem as variações da cobertura vegetal. As características gerais das áreas de coleta dos solos são apresentadas na Tabela 1.

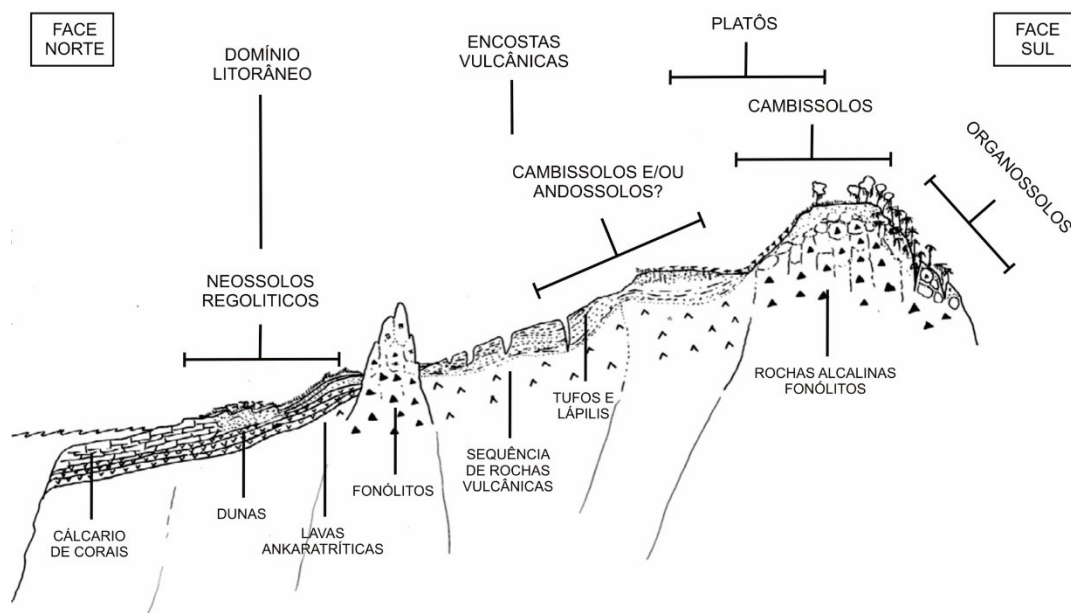
**Tabela 1.** Perfis de solos e características gerais das áreas de coleta

Solo	Perfil	Altitude (m)	Material de Origem	Características da área de coleta
Neossolo Regolítico	P1	26	Sedimentos - Bioclastos Carbonáticos	Terço superior de duna vegetada com <i>Cyperus atlanticus</i> , logo abaixo da crista fonolítica e tálus, em relevo ondulado
	P2	49	Rocha alcalina - Fonolito	Terço inferior de rampa com blocos e matacões, representando o nível mais baixo de rampas atrás da Praia dos Portugueses, recoberta de <i>Cyperus atlanticus</i> e revegetada de <i>Colubrina glandulosa</i> .
	P3	136	Rocha Básica - Lava ankaratrítica	Topo aplainado do platô do Príncipe, abaixo da saia de tálus do Morro da Gruta, com vegetação de <i>Cyperus atlanticus</i> , em relevo plano, poucos blocos e matacões de lava ankaratrítica.
Cambissolo Háptico	P4	196	Rocha Básica - Lava ankaratrítica	Terço inferior da borda do Morro Vermelho, na saia abaixo do Pico do Elefante com <i>Cyperus atlanticus</i> .
	P5	448	Rocha Básica - Tufo básico	Topo aplainado do platô, abaixo do Pico do Desejado, vegetado de <i>Bulbostylis nesiotis</i> e alguns <i>Cyperus atlanticus</i> , em relevo plano, com blocos e matacões fonolíticos nas vizinhanças da borda do platô devido à erosão laminar severa pelo pastoreio de cabras.
	P6	478	Rocha alcalina - Fonolito	Base de rampa na saia do pico do Desejado, na área coberta de <i>Pityrogramma calomelanos</i> , com raros blocos e matacões recobertos de líquens crustosos e foliosos.
Organossolo e Cambissolo Hístico	P7	554	Rocha alcalina - Fonolito	Topo do anfiteatro ravinada com vegetação de <i>Cyathea delgadii</i> , em relevo montanhoso, em terço superior de vertente, com blocos e matacões rochosos de fonolito recoberto de líquens crustosos e foliosos. Representa nível elevado da Ilha, abaixo do platô do Desejado.
	P8	517	Rocha alcalina - Fonolito	Terço superior da vertente de face sul, mais úmida, ravinada, com floresta nebulosa de <i>Cyathea delgadii</i> com comunidade de sub-bosque de <i>Peperomia glabella</i> , em relevo montanhoso, com poucos blocos e matacões rochosos de fonolitos recoberto de líquens. Representa o nível mais elevado e antigo de floresta de pteridófitas da ilha.

### 2.3 Análises

Amostras dos horizontes dos 8 perfis de solo foram coletadas para caracterização das substâncias húmicas, totalizando 26 amostras. O fracionamento foi realizado em triplicatas, conforme procedimento proposto por Mendonça e Matos (2005). Pesou-se 0,5 g de TFSA em tubos de centrífuga de 50 mL e pipetaram-se 10 mL de NaOH 0,1 mol L<sup>-1</sup> em cada tubo. Agitou-se em agitador vertical por 1 hora a 12 rpm. Em seguida, o conjunto foi colocado para descansar durante 12 horas. Centrifugou-se a 3000 g (FCR média) por 20 minutos e transferiu-se o sobrenadante para becker de 100 mL. Pipetou-se novamente 10 mL de NaOH em cada tubo de centrífuga e agitou-se manualmente, ficando em repouso durante 1 hora. Centrifugou-se novamente a 3000g (FCR média) por 20 minutos, adicionando o sobrenadante ao anterior. Repetiu-se o procedimento. O extrato alcalino no becker contém a fração ácidos húmicos (AH) e fúlvicos (AF) e teve seu pH aferido para 2,0 ± 0,1 com solução H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (20%). O resíduo remanescente no tubo que contém a fração húmica foi levado à estufa a 45°C. A solução contendo as FAH e FAF, após ajustado o pH, foi transferida para outro tubo de centrífuga, ficando em repouso por 12 horas para total precipitação da fração húmica. Centrifugou-se a seguir a 3000g (FCR média) por 5 minutos e o sobrenadante, que contém a AF, foi transferido para balão de 50 mL e seu volume aferido com água destilada. No precipitado retido no tubo, AH, foram adicionados aproximadamente

30 mL de NaOH 0,1 mol L<sup>-1</sup>, rediluído, homogeneizado e transferido para balão de 50 mL, completando-se o volume com solução de NaOH 0,1 mol L<sup>-1</sup>.



**Figura 2.** Distribuição das classes de solos na Ilha da Trindade ao longo do relevo. Fonte: Schaefer e Oliveira (2017), adaptado de Clemente *et al.* (2009).

A determinação quantitativa do carbono nos extratos AF e AH e Humina (H) foi realizada também em triplicata, sendo empregado o método de dicromatometria, com uso de fonte externa de calor, conforme descrito por Yoemans e Bremner (1988). Os valores de carbono obtidos por este método foram denominados Carbono Orgânico Total (COT), embora este não seja considerado um método padrão para a determinação de COT (Nelson e Sommers, 1982). Para a determinação da relação C/N, as mesmas amostras foram submetidas a análise de carbono e nitrogênio. No primeiro caso, foi utilizado o método de Walkley-Black e, no caso do nitrogênio, o método de Kjeldahl por destilação a vapor e determinado por acidimetria (Embrapa, 1997).

Adicionalmente, foram selecionados alguns horizontes superficiais para estudo da matéria orgânica através da descrição micromorfológica de seções delgadas. Este estudo foi realizado através do reconhecimento das principais microestruturas e de como sua formação está relacionada às frações húmicas presentes. Para efeitos comparativos, foram selecionados os horizontes superiores de um Neossolo Regolítico (P2), um Cambissolo Háplico (P6) e um Organossolo (P7), todos associados a rocha alcalina como material de origem. Foram coletadas amostras indeformadas nestes horizontes, posteriormente impregnadas a vácuo com resina de poliéster Polilyte (Reforplás T208) pré-acelerada (Castro, 1985; Filizola & Gomes, 2004). As seções delgadas foram descritas em microscópio óptico trinocular da marca Zeiss, modelo Axiophot, com câmera digital integrada para registro fotográfico. Tais descrições basearam-se nos pressupostos de Stoops (2003).

### 3. Resultados

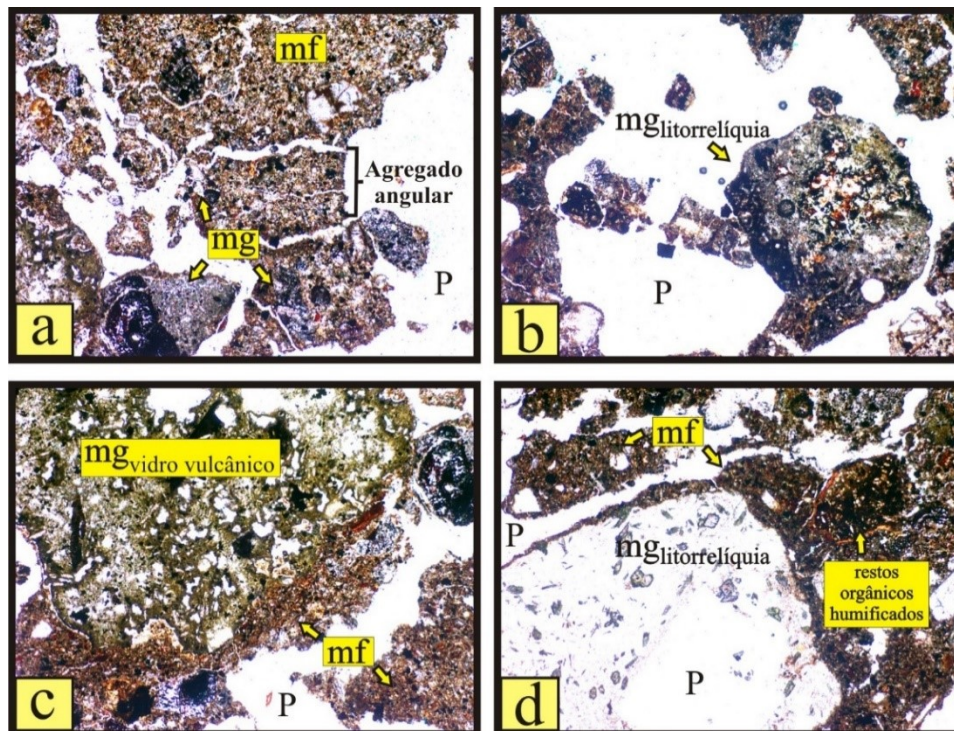
#### 3.1 Frações Húmicas

A fração humina (H) foi predominante em todos os solos analisados, com valores próximos ao carbono total (**Tabela 2**), independente da classe de solo, material de origem ou posição topográfica. Considerando a organização morfológica vertical dos perfis, essa fração foi maior nos horizontes superficiais, principalmente no horizonte A1. Verifica-se a redução em profundidade em praticamente todos os perfis, mas com comportamento distinto nos solos situados nas posições mais altas do relevo. No horizonte A do P4 (196 m de altitude), por exemplo, o valor encontrado na superfície é 10 vezes superior ao horizonte subsuperficial. No P6 (478 m de altitude), entretanto, os teores de humina em A são ligeiramente maiores que no horizonte Bi, muito escurecido. Ainda considerando a topografia, os maiores teores absolutos de humina foram observados a partir do P6, sendo ainda mais expressivos em P7 e P8, isto é, nos solos das partes mais altas da Ilha.

Os AH e AF se comportaram de forma semelhante à humina (**Tabela 2**), mas com baixos valores em todos os perfis. Os maiores valores ocorrem a partir do P5, sendo um pouco mais elevados em P7 e P8. A tendência de diminuir em profundidade acompanhou a humina.

### 3.2 Micromorfologia

No perfil 2 o horizonte organo-mineral superficial (A) apresenta estrutura em blocos angulares a subangulares (**Figura 3a**) com pedalidade incipiente e poros planares a de empilhamento complexo (Stoops, 2003). Ocorrem tanto pedoporos, associados à organização pedológica dos constituintes, quanto litoporos, derivados da alteração geoquímica e abertura do sistema fissural nos minerais primários (**Figura 3a e 3d**), sendo os últimos mais abundantes. A micromassa bruno-amarelada envolve litorelíquias de minerais máficos (**Figura 3b**) e escórias vulcânicas de cor verde (**Figura 3c e 3d**). Alguns raros agregados possuem internamente distribuição relativa do tipo porfírica (**Figura 3a**). Tais minerais e escória representam o material grosso que suporta o fundo matricial. Verifica-se a presença de raros restos orgânicos humificados (**Figura 3d**)



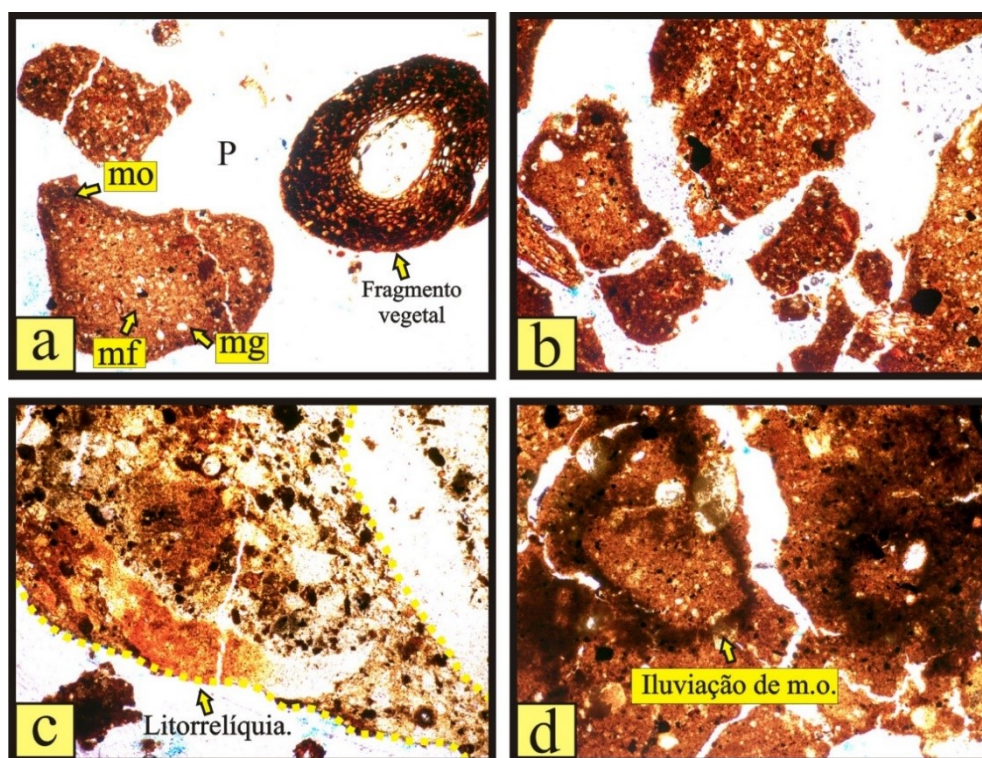
**Figura 3.** Fotomicrografias do Perfil P2, NEOSSOLO REGOLÍTICO, em microscópio petrográfico, com aumento de 40 vezes

O perfil 7 possui horizonte superficial orgânico (O) constituído por blocos subangulares (**Figura 4a**). A micromassa tem cor bruno-avermelhada, com porosidade constituída por poros planares e material grosso com grãos de fonolito parcialmente alterados, associado a restos orgânicos, raízes e fibras de *Cyathea* conservadas e ferruginizadas, ao lado de material orgânico humificado como relíquia dos tecidos vegetais (**Figura 4b**). No contato entre os horizontes O e C ocorrem blocos subangulares de tamanho médio e grânulos organominerais, atípicos para Organossolos. A micromassa bruno-avermelhada escura (**Figura 4c**) tem presença de canais e está associada a grãos de fonolitos, além de abundantes restos orgânicos fibrosos de *Cyathea* e grãos desconhecidos de origem biológica. O horizonte C é constituído por blocos com pedalidade fraca, com micromassa bruno-avermelhada menos cromada que o horizonte superficial. A porosidade se apresenta em fissuras, canais intergranulares e vazios conectados. O material grosseiro é formado de grãos de fonolito parcialmente alterados (alteromorfos) com pouco material humificado e restos orgânicos, raízes e fibras vegetais, assim como nos demais horizontes (**Figura 4d**).

No perfil 8, o horizonte A possui microestrutura em blocos angulares com pedalidade moderada a forte (**Figuras 5a e 5b**). O material grosso é composto por pequenos cristais de nefelina, (e noseanas?), piroxênios, além de litorelíquias com bordas alteradas, ferruginizadas (**Figura 5c**), que se intensificam na base, em direção ao Bi. Ocorre material orgânico escuro, muito fragmentado, dentro da micromassa, e associado com material orgânico pouco alterado, de cor ferruginosa (*Cyathea*) (**Figura 5a**). São comuns feições de difusão de material orgânico (iluviação) na matriz (**Figura 5d**), porém as pelotas fecais são mais raras.

**Tabela 2.** Fracionamento da matéria orgânica e relação C/N nos perfis de solos estudados

Horizontes	C/N	COT	Huminas (H)	Ac. Húmicos (AH)	Ac. Fúlvicos (AF)	AH/AF	H/EA+H	EA/H	EA/COT	AG	AF	S	A	pH
-----dag/kg-----														
<b>P1 - NEOSSOLO REGOLÍTICO – sedimentos carbonáticos</b>														
A	6,21	0,83	0,96	0,01	0,04	0,14	0,95	0,05	0,06	750	110	50	90	7,78
C1+C2	15,89	1,02	0,93	0,01	0,06	0,14	0,93	0,08	0,07	790	60	60	90	8,25
<b>P2 - NEOSSOLO REGOLÍTICO – rocha alcalina (fonolito)</b>														
A1	11,15	5,81	4,13	0,28	0,21	1,33	0,90	0,12	0,08	170	80	440	310	5,94
A2	11,07	5,27	3,60	0,25	0,19	1,26	0,89	0,12	0,08	140	90	460	310	6,23
C1	11,71	2,69	1,50	0,12	0,18	0,69	0,83	0,20	0,11	580	90	170	160	6,36
C2	6,11	2,58	1,48	0,10	0,16	0,62	0,85	0,18	0,10	630	70	140	160	6,38
<b>P3 - NEOSSOLO REGOLÍTICO - rocha básica (lava ankaratrítica)</b>														
A1	17,25	3,64	3,10	0,12	0,15	0,80	0,92	0,09	0,07	310	120	390	180	6,81
A2	10,73	2,36	1,74	0,06	0,08	0,70	0,92	0,08	0,06	530	170	220	80	7,47
C1	0,21	0,61	0,50	0,01	0,03	0,22	0,93	0,08	0,07	770	40	110	80	7,7
C2	14,41	0,79	0,53	0,00	0,03	0,11	0,95	0,06	0,04	300	140	360	200	7,45
C3	0,21	0,64	0,25	0,00	0,02	0,20	0,91	0,08	0,03	780	60	100	60	7,81
<b>P4 - CAMBISSOLO HÁPLICO - rocha básica (lava ankaratrítica)</b>														
A1	20,63	2,35	6,09	0,11	0,11	0,96	0,97	0,04	0,09	60	40	420	480	6,72
AB	10,49	1,95	0,68	0,05	0,05	0,92	0,87	0,15	0,05	50	40	370	540	6,30
Bt	14,39	0,70	0,32	0,02	0,04	0,60	0,84	0,19	0,09	40	40	320	600	6,90
BC	14,50	1,08	0,46	0,02	0,04	0,57	0,88	0,13	0,06	40	40	320	600	7,08
C1	14,50	0,56	0,39	0,02	0,03	0,80	0,87	0,13	0,09	30	20	340	610	7,03
C2	7,25	2,68	0,46	0,04	0,02	2,30	0,90	0,13	0,02	10	20	400	570	7,16
<b>P5 – CAMBISSOLO HÁPLICO - rocha básica (tufo)</b>														
A	10,55	3,09	2,17	0,03	0,13	0,22	0,93	0,07	0,05	70	60	390	480	6,17
Bi1	10,97	2,74	1,82	0,02	0,12	0,18	0,93	0,08	0,05	50	60	380	510	6,22
Bi2	13,22	2,82	1,89	0,07	0,13	0,57	0,90	0,11	0,07	60	70	410	460	6,24
<b>P6 - CAMBISSOLO HÁPLICO – rocha alcalina (fonolito)</b>														
A	11,41	7,24	6,09	0,23	0,24	0,98	0,93	0,08	0,06	100	90	450	360	5,84
Bi	12,83	3,85	6,09	0,17	0,18	0,93	0,95	0,06	0,09	70	70	340	520	5,89
<b>P7 - ORGANOSSOLO FÓLICO – rocha alcalina (fonolito)</b>														
C	3,08	14,12	8,20	0,56	0,48	1,16	0,99	0,13	0,07	250	60	320	370	4,52
<b>P8- CAMBISSOLO HISTICO – rocha alcalina (fonolito)</b>														
O2	-	12,13	6,09	0,50	0,39	0,79	0,87	0,15	0,07	110	60	390	440	4,71
A1	6,54	12,84	5,91	0,45	0,46	1,03	0,87	0,15	0,07	150	30	390	430	4,70
C/A	13,34	9,83	4,41	0,41	0,48	1,18	0,83	0,20	0,09	160	40	380	420	4,65



**Figura 4.** Fotomicrografias do Perfil P7, ORGANOSSOLO FÓLICO em microscópio petrográfico, com aumento de 40 vezes.

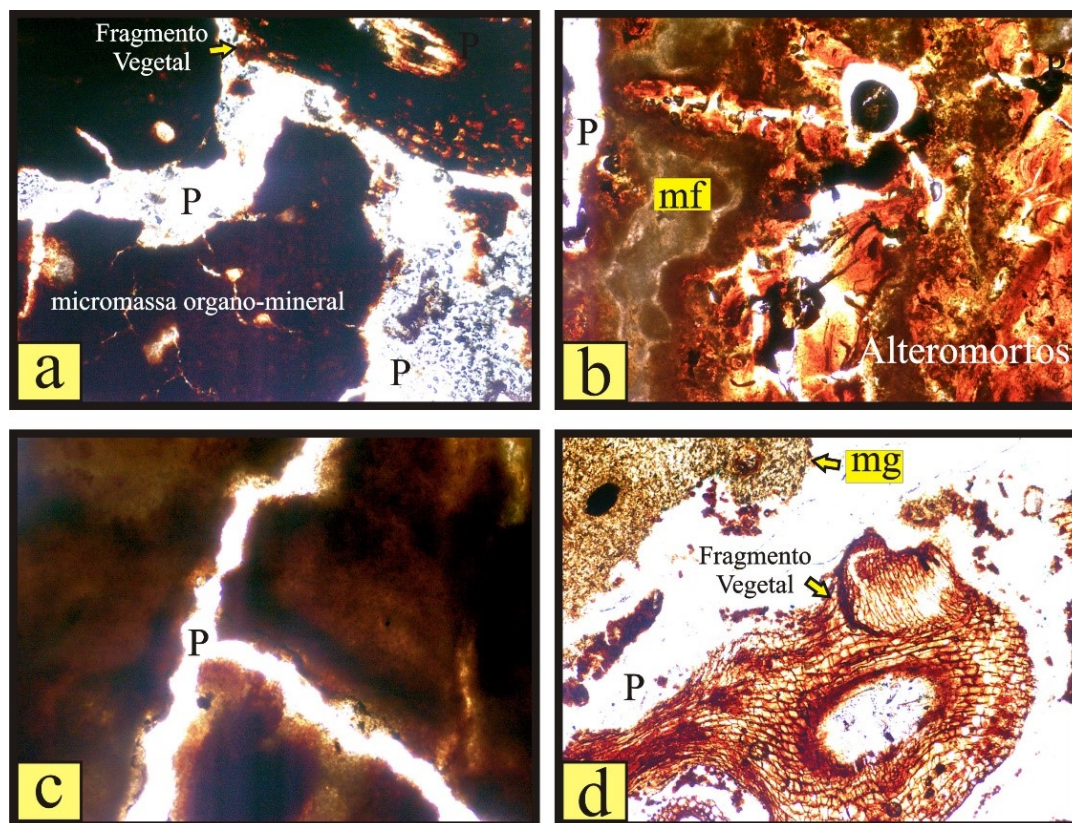
### 3. Discussões

Conforme Dick *et al.* (2009), os fatores determinantes da distribuição de carbono nas três frações húmicas são, em linhas gerais, o tipo de solo e seus atributos físicos, químicos e mineralógicos, o tipo de vegetação, o uso e manejo dos solos, as condições climáticas e as condições de drenagem. Em estudo sobre as substâncias húmicas em solos mais intemperizados, Volkoff e Cerri (1980) concluíram que a acidez, a aeração e a temperatura, nessa ordem de importância, são os principais fatores determinantes da natureza do húmus. No que tange à aeração, os efeitos da pedobioturbação são fundamentais para criar bioporos e aumentar a oxidação dos solos em profundidade. Em Trindade, pela ausência de organismos revolvedores, detritores ou saprofíticos (cupins, formigas, coleópteros) da macro e mesofauna, os materiais orgânicos tendem a uma mineralização bem mais lenta, por não sofrerem uma cominuição física. Manzatto (1990) considera que a umidade é a chave da transformação da MOS, observando que em áreas moderadamente úmidas, mas não encharcadas, os restos vegetais são rapidamente mineralizados e estabilizados na fração húmica. Diversos aspectos podem explicar o comportamento observado para as substâncias húmicas nos solos de Trindade, conforme discutido a seguir.

Em primeiro lugar, o predomínio e a concentração de húmica estão, em grande parte, relacionados a sua herança direta do material pouco transformado. Nas partes altas da Ilha há acúmulo de material húmico mesmo em condições de boa drenagem, originando húmica por herança do material lignificado, pouco transformado. Apesar do predomínio de húmica, há processos incipientes de podzolização em P6, P7 e P8, evidenciado pelo escurecimento do topo do horizonte Bi por matéria orgânica translocada. Bloomfield (1954) já apontava o papel de substâncias húmicas de baixo peso molecular (polifenóis) como agente de mobilização de alumínio e ferro no perfil, corroborado por Stevesson (1982) como modelo clássico de cheluviação de metais pela matéria orgânica. Os valores de AF bem mais elevados nos horizontes subsuperficiais dos solos de maiores altitudes (P6, P7 e P8), confirmam a hipótese de podzolização incipiente dos materiais fonolíticos.

Tais evidências podem ser também confirmadas pelos resultados das relações AH/AF e EA/H. Essas relações podem indicar, respectivamente, a mobilidade ou potencial de perda de carbono no solo e potencial de estabilidade do carbono no solo. Em conjunto, trata-se de relações que permitem compreender a estabilidade do carbono através das frações húmicas (Baldotto, 2006; Ribas *et al.*, 2008). No caso da relação AH/AF, na maioria dos perfis o valor foi inferior a 1, indicando menor potencial de perda. Valores da relação EA/H menores que 0,5 para os horizontes superficiais confirmam maior estabilidade da matéria orgânica, indicando a baixa capacidade iluvial dos solos (Benites *et al.*, 2001).





**Figura 5.** Fotomicrografias do Perfil P8, CAMBISSOLO HISTICO em microscópio petrográfico, com aumento de 40 vezes.

Entretanto, os horizontes subsuperficiais de P7 e P8 apresentaram valores superiores a 1 para a relação AH/AF. Este comportamento sustenta a maior movimentação da fração fúlvica, sinalizando a podzolização incipiente. É provável que os horizontes minerais subsuperficiais destes perfis estejam recebendo componentes orgânicos iluviados e sendo, ainda que em microsítios, embebidos por material orgânico. Esse fato pode ser comprovado nas fotomicrografias, em que agregados em blocos apresentam feições de iluviação tipicamente orgânicas. Assim, os maiores teores de AH e AF destes horizontes em comparação com os demais podem representar complexos de Al-MO com possível migração de complexos organo metálicos

Nos solos das partes baixas da Ilha, em pH's mais neutros ou básicos, o predomínio absoluto de huminas revela o baixíssimo grau de humificação e transformação da MOS depositada pelas plantas, onde não existe praticamente ação da macro e mesofauna de detritívoros. Os ácidos AF e AH possuem capacidade de reagir no solo em ampla faixa de pH, em que as ligações O-H em ácidos carboxílicos geram mais acidez que compostos fenólicos (Siggel e Thomaz, 1986), o que explica a acidificação com aumento da altitude.

Um fator secundário para explicar variações da humina é a textura. Os solos mais argilosos, contidos principalmente na classe dos Cambissolos, foram aqueles que apresentaram a tendência de maior concentração de humina. De maneira inversa, os solos mais esqueléticos, cascalhentos ou arenosos, representados pelos Neossolos, foram os que apresentaram, comparativamente, menor concentração, ainda que em todos os solos seja a fração predominante. De acordo com Volkoff *et al.* (1984), partículas mais finas podem ajudar a estabilizar e proteger grande parte o carbono humificado. É possível também que ocorram perdas de AF e AH pela erosão e remoção nos solos mais arenosos. Assim, a estabilização da matéria orgânica pela argila se associa com as condições de drenagem para explicar a distribuição das frações húmicas nos solos (Dick *et al.*, 2009).

A cobertura vegetal é um aspecto a ser considerado. A constante deposição de material orgânico e a associação com a matriz mineral do solo podem interferir na transformação da MOS e favorecer o acúmulo, na forma de frações húmicas mais estáveis, da humina (Felbeck Junior, 1965; Stevenson, 1982). Em Trindade, os solos com maior concentração de humina estão relacionados à vegetação de maior porte, que no caso da Ilha é representada por samambaias gigantes e por indivíduos isolados de *Myrsine sp.*, onde os horizontes hísticos espessos revelam grande acumulação de MOS pouco humificada.

As pteridófitas são praticamente as responsáveis pelo material fibrico encontrado na serapilheira dos perfis P7 e P8 (**Figura 6**), representantes dos maiores valores de humina. A maior parte da matéria orgânica nesses perfis é constituída pela fração herdada, não humificada, chamada de matéria orgânica leve, em que muitos fragmentos ainda podem ser reconhecidos nas fotomicrografias (**Figuras 4 e 5**). Nestes solos, o horizonte superficial apresenta aspecto de xaxim, diferenciando-se do horizonte mineral subjacente através de um contato plano, abrupto a claro. A presença desta trama ou colchão de fibras vegetais é tão marcante que, embora para a análise do P7 tenha sido separado o material mineral, a abundância de fibras acabou interferindo negativamente na taxa de recuperação do COT.



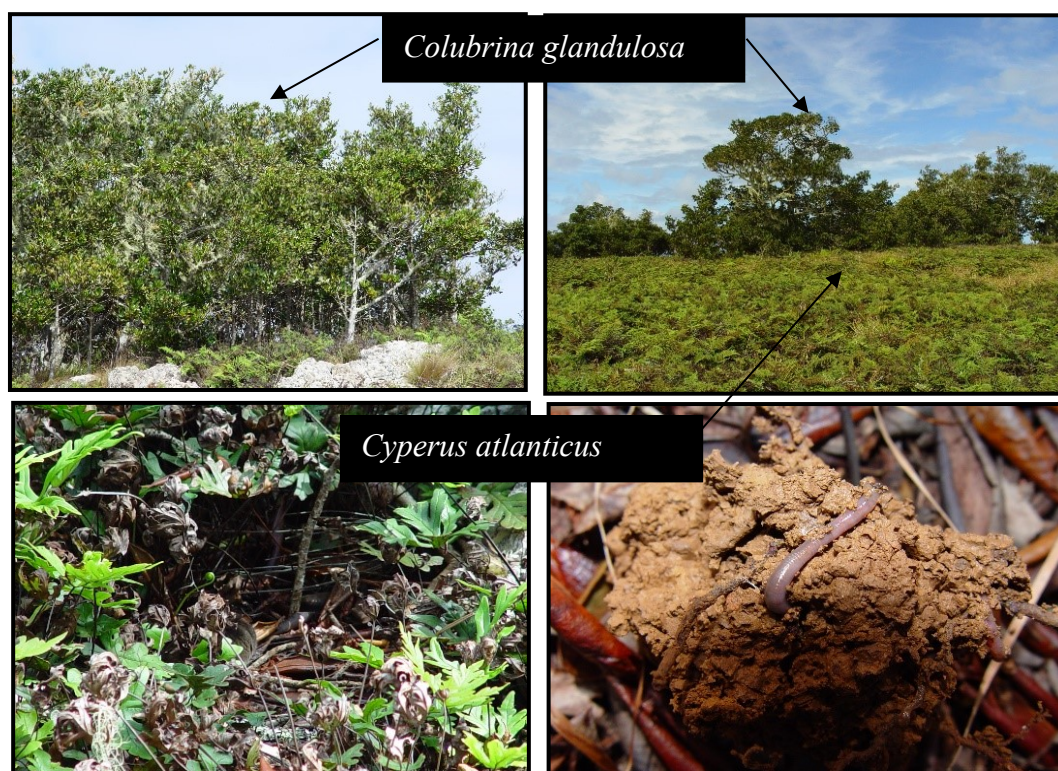
**Figura 6.** Solos sob floresta de *Cyathea degaldii* (P7 e P8)

Nos demais solos, sobretudo naqueles em que os valores de humina foram mais baixos, a vegetação mais herbácea, com coberturas esparsas de *Cyperus atlanticus*. Um exemplo do papel da vegetação pode ser reconhecido no perfil P2, onde valores um pouco maiores de substâncias húmicas foram reconhecidos em comparação com os demais Neossolos. Este perfil, especificamente, está influenciado pelo maior aporte de MOS em decorrência da presença de indivíduos jovens de *Colubrina glandulosa* (**Figura 7**), introduzida nas tentativas de revegetação, bem como do histórico de cultivo na Ilha, já que estes solos foram intensamente cultivados na época dos colonos açorianos.

Mais um aspecto a ser considerado diz respeito às condições climáticas, e, principalmente, pedoclimáticas, isto é, temperatura e umidade dos solos. Os solos com maior conteúdo de humina estão localizadas nas porções mais frescas e úmidas da Ilha, que, no caso de Trindade, estão relacionados às condições topográficas. Por efeito orográfico, as porções mais altas e voltadas para a face sul são também aquelas mais úmidas (Alves, 1998). Além disso, nas partes mais altas ocorrem os relevos mais favoráveis à captação de água pluvial, quais sejam, os platôs axiais sustentados por rochas do Complexo Trindade e Desejado.

Na associação entre condições pedoclimáticas mais úmidas e solos das posições mais altas, processos como a lixiviação são favorecidos e a pedogênese conduz à formação de solos mais ácidos. Assim, os solos com menor valor de pH em água apresentaram os maiores valores de humina. A estabilização desta fração sob condições ácidas se deve ao fato de ser insolúvel em qualquer condição de pH, permanecendo nos solos na medida em que esses ficam mais intemperizados.

Um último aspecto e com igual relevância é a natureza da atividade biológica nos solos de Trindade. Ainda que estudos mais detalhados sejam necessários para compreender a atividade biológica nestes solos, as menores taxas de decomposição da MOS parecem estar ligadas, em quaisquer contextos, à restrita fauna do solo (meso e microfauna), o que também contribui para a maior resistência à decomposição da matéria orgânica (Duchafour, 1970; Stevenson, 1982).



**Figura 7.** Perfis sob florestas de *Colubrina glandulosa* e *Cyperus atlanticus*, P2.

Alguns indicadores baseados nas relações entre as frações húmicas confirmam o papel dos aspectos acima descritos (Benites *et al.*, 2003). Os dois primeiros, expressos pelas relações H/AH+H+AF e EA/COT, confirmam a maior participação da humina na constituição das frações húmicas. No primeiro caso, os resultados indicaram valores sempre próximos de 1, ao passo que para o segundo os valores são sempre muito baixos, destacando a baixa participação das frações mais solúveis na composição do carbono total (**Tabela 2**).

Os resultados da relação C/N foram altos e evidenciam um material orgânico de média a elevada decomponibilidade, em detrimento aos altos teores de materiais orgânicos residuais, como fibras vegetais, comprovando a baixa atividade biológica nos solos da Ilha. As análises realizadas não permitiram uma avaliação da recalitrância do material vegetal predominante.

Os perfis mais ácidos de topo, desenvolvidos de fonólitos, possuem maior contribuição das frações AH e AF, com aumento da relação AH/AF. A participação notável dos AH no intemperismo químico foi destacada por Baker (1973), que demonstrou a efetividade na mobilidade de metais. Os ácidos fúlvicos com reduzido peso molecular são ainda mais efetivos no processo de dissolução mineral (Benites *et al.*, 2007).

Alguns autores sugerem que a relação AH/AF próxima a 1 caracteriza material orgânico de ótima qualidade, isto é, que permitiria o estabelecimento de propriedades físicas e químicas favoráveis ao desenvolvimento de plantas (Canelas, 1999). Da mesma maneira, a elevação no conteúdo de AH pode ser indicador de melhoria da qualidade do húmus ou do incremento da atividade biológica, que promove a síntese de substâncias húmicas mais condensadas. No caso de Trindade, entretanto, a limitada ou baixa transformação da MOS pode não estar favorecendo a formação de ácidos húmicos, e possivelmente está havendo a estabilização direta, via interação com a fração mineral, e sua dissociação em moléculas menos condensadas (Orlov, 1998, citado por Canellas *et al.*, 2000a). Esse fato explica que, mesmo em solos mais jovens e com baixo aporte orgânico, a humina seja a principal substância húmica, pela rota direta da herança, na qual ligninas pouco transformadas, já naturalmente resistentes ao ataque microbiano, acumulam-se. Segundo tal rota, conhecida como Teoria da Lignina, de Waksman (1932), ligninas pouco modificadas, constituindo a fração humina, podem se acumular onde já restrições de drenagem ou baixa atividade fúngica para degradar lignina.

Assim, as ligninas modificadas sofreram apenas um processo de perda seletiva de grupos O-CH<sub>3</sub>, com expansão dos grupos O-H fenólicos, com oxidação das cadeias laterais para formar grupamentos COOH. Muitas bactérias podem demetilar lignina sem degradar o polímero, gerando huminas de herança. Com menor atividade dos basidiomicetos decompositores de lignina, os solos de Trindade podem acumular MOS mesmo em condições aeróbicas e quentes.

#### 4. Conclusões

- A humina constitui a fração húmica predominante na composição da MOS dos solos de Trindade. As maiores concentrações ocorrem nos solos situados das porções mais altas, úmidas, e sob vegetação de maior porte, classificados como Cambissolos, Háplicos ou Hísticos, e Organossolos. Ainda assim, representa também a fração predominante nos solos menos desenvolvidos das partes baixas.
- A acumulação majoritária da fração humina nos solos de Trindade, incluindo solos menos desenvolvidos e sob condições de boa drenagem e maior temperatura, deve-se à limitada ou baixa transformação da MOS, por sua vez associada a baixa atividade da macro e mesofauna. Por esse motivo, o acúmulo de humina deve ser relacionado a sua herança direta do material pouco transformado. Ainda que jovens e com baixo aporte orgânico, a humina está sendo favorecida pela rota direta da herança, isto é, na qual ligninas pouco transformadas, já naturalmente resistentes ao ataque microbiano, acumulam-se pela limitada capacidade de atuação de organismos revolvedores, detritores ou saprofíticos. Outros aspectos como a textura, cobertura vegetal, pedoclima seriam também relacionados, explicando o maior ou menor acúmulo, e contribuindo para explicar as diferenças entre os perfis.
- Apesar da humina ser a fração predominante, alguns perfis apresentaram indicativos da ocorrência de podzolização incipiente, sobretudo aqueles localizados nas partes altas. Esses indicativos são expressos por maiores valores de AF e AH em horizontes subsuperficiais, mais escurecidos e com sutis feições de iluviação. Estudos mais detalhados devem ser realizados para indicar os mecanismos pelos quais essa translocação da matéria orgânica ocorre, bem como sua associação com a remobilização de metais nos solos fonolíticos.

#### REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, F.F.M. **Geologia e Petrologia da Ilha da Trindade**. Rio de Janeiro: DNPM/DGM, 1961. 197p
- ALMEIDA, F.F.M. **Petrologia da Ilha da Trindade**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, SP, 1962. 223p
- ALVES, R.J.V. **Ilha da Trindade & Arquipélago Marin Vaz: Um Ensaio Geobotânico**. Rio de Janeiro: Serviço de Documentação da Marinha, 1998. 144p.
- BALDOTTO, M.A. **Propriedades redox e grupos funcionais de ácidos húmicos em produção vegetal**. Campos dos Goytacazes, UENF, 2006. 100p. (Tese de Doutorado)
- BARTH, Rudolf. **Observações biológicas e meteorológicas feitas na Ilha Trindade**. Memórias do Instituto Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, v.56, n.1, p.261-289. 1958.
- BAKER, W.E. Role of humic acids from Tasmanian podzolic soils in mineral degradation and metal mobilization. **Geochim. Cosmochim. Acta**, 37, p. 269-281, 1973.
- BENITES, V.M.; SCHAEFER, C.E.G.R.; MENDONÇA, E.S.; MARTIN NETO, L. Caracterização da matéria orgânica e micromorfologia de solos sob campos de altitude no Parque Estadual da Serra do Brigadeiro (MG). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, p.661-674, 2001.
- BENITES, V.M.; MADARI, B.; MACHADO, P.L.O.A. **Extração e fracionamento quantitativo de substâncias húmicas do solo: um procedimento simplificado de baixo custo**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2003. 7p. (Embrapa Solos. Comunicado Técnico, 16).
- BENITES, V.M.; SCHAEFER, C.E.G.R.; SIMAS, F.N.B. & SANTOS, H.G. Soils associated with rock outcrops in the Brazilian mountain ranges Mantiqueira and Espinhaço. **Revista Brasileira de Botânica**, 30:569-577, 2007.
- BLOOMFIELD, C. A study of podzolization. **European Journal of Soil Science**, 5, p. 39-45. 1954.
- CASTRO, S.S. **Impregnação de amostras de solos para confecção de lâmina delgada**. B. Inf. SBCS, 10:44, 1985.
- CANELLAS, L.P.; SANTOS, G.A.; AMARAL SOBRINHO, N.M.B. Reações da matéria orgânica. In: SANTOS, G.A.; CAMARGO, F.A.O. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Gênese: Porto Alegre, 1999.
- CANELLAS, L.P.; SANTOS, G.A.; MORAES, A. A.; RUMJANEK, V. M. e OLIVARES, F. L. Avaliação de características de ácidos húmicos de resíduos sólidos urbanos I. Métodos espectroscópicos (IV, UV e

- RMN 13C) e microscopia eletrônica de varredura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, 24 (4):741-750, 2000a.
- CLEMENTE, E. C. **Ambientes terrestres da Ilha da Trindade, Atlântico Sul: caracterização do solo e do meio físico como subsídio para a criação e uma unidade de conservação**. Doutorado (tese do Programa de Pós Graduação em Solos e Nutrição de Plantas). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG, 2006, 167p.
- CLEMENTE, E.P. SCHAEFER, C.E.; OLIVEIRA, F.S.; ALBUQUERQUE-FILHO, M.R., ALVES, R.V., SÃ, M.M.F.; MELO, V.S. Topossequência de solos na Ilha da Trindade, Atlântico Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Sol**, v. 33, p. 1357-1371, 2009.
- DICK, D.P.; NOVOTNY, E.H., DIECKOW, J.; BAYER, C. Química da matéria orgânica do solo, Capítulo XI. In: **Química e mineralogia do solo, parte II. Aplicações**. Melo, V.F. & Alleoni, R.F., eds. 2009.
- DUCHAFOUR, P. **Humification et ecologie**. Cahiers Orstom Paris, 7 (4):379-390, 1970. (Sér. Pédologie).
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de métodos de análise de solo** / Centro Nacional de Pesquisa de Solos. – 2. ed. rev. atual. – Rio de Janeiro, 1997. 212p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, 2006. 306p.
- FELBECK JUNIOR, G.T. Structural chemistry of soil humic substances. **Adv. Agron.**, New York, 17:327-368, 1965.
- FILIZOLA, H. F.; GOMES, M. A. F. **Coleta e impregnação de amostras de solo para análise micromorfológica**. Jaguariúna: EMBRAPA Meio Ambiente, 2004. 4 p. (Comunicado técnico, 20).
- FIRME SÁ, M. M. F. **Caracterização ambiental, classificação e mapeamento dos solos da ilha da Trindade, Atlântico Sul**. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas), Universidade Federal de Viçosa, 2010, 58p.
- FREIXO, A.A.; CANELLA, L.P.; MACHADO, P.L.O.A. Propriedades espectrais da matéria orgânica leve-livre e leve-intra-agregado de dois latossolos sob plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 26 (2):445-453, 2002.
- GILLESPIE, R.G.; RODERICK, G.K. Arthropods on Islands: colonization, speciation, and conservation. **Annual Revue of Entomology**, 47, pp. 595-632, 2002.
- GOLCHIN, A.; BALDOCK, J. A.; OADES, J. M. A model linking organic matter decomposition, chemistry, and aggregate dynamics. In: LAL, R.; KIMBLE, J. M.; FOLLETT, R. F.; STEWART, B. A. (Ed.). **Soil processes and the carbon cycle**. Boca Raton: CRC Press, 1997. p. 245-266. (Advances in Soil Science).
- MACARTHUR, R.H.; WILSON, E.O. **The theory of island biogeography**. Princeton, Princeton University Press. 1967.
- MacCALLISTER, D. L.; CHUIEN, W. L. Organic carbon quantity and forms as influenced by tillage and cropping sequence. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, 31: 465-479, 2000.
- MACHADO, M. R. **O papel da avifauna na transformação geoquímica de substratos na Ilha da Trindade, Atlântico Sul**. Dissertação (Mestrado em Geografia e Análise Ambiental). Universidade Federal de Minas Gerais, 2016, 92p.
- MACHADO, M. de R.; OLIVEIRA, F. S. de; SCHAEFER, C. E. G. R.; ALMEIDA, E. de P. C. Endemismo pedológico e os solos da Ilha da Trindade: Atlântico Sul, Brasil. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, p. 238-248, 2017. Volume especial. Edição dos Trabalhos do XVII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada e I Congresso Nacional de Geografia, Campinas, jun./jul. 2017.
- MADARI, B. E.; CUNHA, T. J. F.; NOVOTNY, E. H.; MILORI, D. M. B. P.; MARTIN NETO, L.; BENITES, V. de M.; COELHO, M. R.; SANTOS, G. A. Matéria orgânica dos solos antrópicos da Amazônia (Terra Preta de Índio): suas características e papel na sustentabilidade da fertilidade do solo. In: TEIXEIRA, W. G.; KERN, D. C.; MADARI, B. E.; LIMA, H. N.; WOODS, W. (Ed.). **As terras pretas de índio da Amazônia: sua caracterização e uso deste conhecimento na criação de novas áreas**. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2009. p. 172-188. 1 CD-ROM.
- MANZATTO, H.R.H. **Dinâmica da matéria orgânica em solo Glei Pouco Húmico cultivado com arroz inundado no vale do São João**. Itaguaí: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro-Rio de Janeiro,

- 143p., 1990. (Dissertação de Mestrado).
- MARIN, J. A.; HERNANDEZ, T; GARCIA, C. Biorremediation of oil refinery sludge by landfarming in semiarid conditions: Influence on soil microbial activity. **Environmental Research**, v.98, n.2, p.185-195, 2004.
- MARQUES, C.P.M.; MAGALHÃES JÚNIOR, A.P.; OLIVEIRA, F.S. Hidrogeomorfologia da ilha da trindade caracterização da única rede hidrográfica permanente nas ilhas oceânicas brasileiras. Os desafios da geografia física na fronteira do conhecimento. In: **I Congresso Nacional de Geografia Física**. p. 4834 – 4845. 2017.
- MENDONÇA, E.S.; MATOS, E.S. **Matéria orgânica do solo; métodos de análises**. Viçosa: UFV; 2005. 107 p.
- NELSON, D.W.; SOMMERS, L.E. Total carbon, organic carbon, and organic matter. In: PAGE, A.L.; MILLER, R.H.; KEENEY, D.R. (ed.) **Methods of soil analysis -chemical and microbiological properties**. Part 2, 2 ed. Madison: American Society of Agronomy e Soil Science Society of America, cap. 29, p.539-579, 1982.
- OLIVEIRA, F. S., SCHAEFER, C. E. G. R., ABRAHÃO, W. A. P., CLEMENTE, E. P., SIMAS, F. N. B. Soil-geomorphology interactions and paleoclimatic implications of na ornithogenic soil toposequence on Rata Island, Fernando de Noronha Archipelago, South Atlantic. **Journal of South American Earth Sciences**, 52:119-128, 2014.
- PIRAKORNPHANICH, P.; WADA, K. Metal-humus complexes in a horizon of Thai and Kovan red and yellow soils. **Journal of Soil Science**, Oxford, 39:529-537, 1998.
- RIBAS, L.M.; BALDOTTO, M.A.; CANELLAS, L.P. & REZENDE, C.E. Qualidade e mobilidade da matéria orgânica de sistemas adjacentes à Lagoa de Cima, Campos dos Goytacazes. **Geochimica Brasiliensis**, 22:103-112, 2008.
- SANTOS, R. D. dos; LEMOS, R. C. de; SANTOS, H. G. dos; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C. dos; SHIMIZU, S. H. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 6. ed. rev. e ampl. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2013. 100 p. il. color.
- SCHAEFER C.E.G.R., DE OLIVEIRA F.S. Brazil in the South Atlantic: The Fernando de Noronha and Trindade Archipelagos. In: Vieira B., Salgado A., Santos L. (eds) **Landscapes and Landforms of Brazil**. World Geomorphological Landscapes. Springer, Dordrecht, 2015.
- SCHAEFER, C. E. G. R.; OLIVEIRA, F. S. de; MARQUES, F. A. Solos das ilhas oceânicas. In: CURI, N.; KER, J. C.; NOVAIS, R. F.; VIDAL-TORRADO, P.; SCHAEFER, C. E. G. R. (Ed.). **Pedologia: solos dos biomas brasileiros**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2017. cap. 12, p. 546-597.
- SCHMID, E.M.; SKJEMSTAD, J.O.; GLASER, B.; KNICKER, H.; KÖGEL-KNABNER. Detection of charred organic matter in soils from a Neolithic settlement in Southern Bavaria, Germany. **Geoderma**, 107(1/2): 71-91. 2002.
- SCHNITZER, M. Soil organic matter — the next 75 years. **Soil Sci.**, 151:41-58, 1991.
- SERAFINI, T.Z.; FRANÇA, G.B.D.; ANDRIGUETTO-FILHO, J.M. Ilhas oceânicas brasileiras: biodiversidade conhecida e sua relação com o histórico de uso e ocupação humana. **Journal of Integrated Coastal Zone Management** 10(3): 281- 301. 2010.
- SILVA, J.E.; LEMAINSKI, J.; RESCK, D.V.S. Perdas de matéria orgânica e suas relações com a capacidade de troca catiônica em solos da região de cerrados do oeste baiano. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 18:541-547, 1994.
- STEVENSON, J. F. **Humus chemistry: genesis, composition**. New York, John Wiley, 443p., 1982.
- STEVENSON, F.J. **Humus chemistry: genesis, composition, reactions**. New York, J. Wiley & Sons, 496p., 1994.
- STOOPS, G. Guidelines for analysis and description of soil and regolith thin sections. Madison: **Soil Science Society of America**, 2003.
- VOLKOFF, B.; CERRI, C.C. Comparação de húmus de um Solonchak, uma Rendzina e um Litólico da região semi-árida do Rio Grande do Norte. **R. Brasileira Ciência Solo**, Campinas, 4:49-56, 1980.
- VOLKOFF, B.; CERRI, C.C.; MELFI, J.A. Húmus e mineralogia dos horizontes superficiais de três solos de

campo de altitude dos Estados de Minas Gerais, Paraná e Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, 8 (3):277-283, 1984.

YOEMANS, J.C.; BREMNER, J.M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Comm. Soil Sci. Plant Anal.**, 19:1467-1476, 1988.

WALTER, H. S. The mismeasure of islands: implications for biogeographical theory and the conservation of nature. **Journal of Biogeography**, v. 31, p. 177-197, 2004.

Waksman, S. **Principles of soil microbiology**. Second edition. Williams and Wilkins, Baltimore, Maryland, USA, 1932.

WHITTAKER, R.J. **Island Biogeography: Ecology, Evolution and Conservation**. Oxford University Press, 1998.