

Utilização do Índice de Perda ao Fogo para Caracterização de Perfil de Intemperismo de Solo Residual e de Horizontes de Deposição do Terciário de Taubaté, SP.

Priniely Beatriz Reis Scarin,
UNESP/FEG, Guaratinguetá, Brasil, priniely@gmail.com

George de Paula Bernardes
UNESP/FEG, Guaratinguetá, Brasil, gpb@feg.unesp.br

RESUMO: O intemperismo consiste no conjunto de alterações que ocorrem nas rochas, sendo o importante agente no processo de formação dos solos. Os tipos de intemperismo são o físico e o químico, sendo que o intemperismo químico se caracteriza pela quebra da estrutura química dos minerais que compõem a rocha (decomposição) enquanto o intemperismo físico consiste na degradação ou desintegração em fragmentos cada vez menores sem que ocorram alterações químicas na estrutura da rocha. O grau de intemperismo pode ser obtido através de vários índices com base em análises químicas, petrográficas, de difração de raios-X, microscopia e índices físicos, porém, apesar de bastante precisos, algumas análises apresentam elevados custos, uma vez que demandam laboratórios, equipamentos e mão de obra especializada. O método de quantificação do grau de intemperismo através do índice de perda ao fogo (PF), embora ainda esteja em fase de estudos, é mais simples e barato e tem se demonstrado eficiente. A massa que se perde no processo de PF representa a quantidade de argilominerais e hidróxidos de Ferro e Alumínio que estavam presentes no solo, sendo esses produtos do intemperismo.

PALAVRAS-CHAVE: Intemperismo, Perda ao Fogo, Argilominerais, Hidróxidos.

1 INTRODUÇÃO

O intemperismo químico é a decomposição das rochas que afloram na superfície terrestre e que, para tornarem-se mais estáveis nesse novo ambiente, sofrem diversos tipos de reações químicas de acordo com a sua composição mineralógica. A decomposição ocorre quando existe a presença de água da chuva e variações de temperatura favoráveis a reações que transformam minerais primários em secundários. A água da chuva, rica em O_2 , passa a ter pH ácido quando interage com o CO_2 . Com o passar de um período relativamente longo, esse material, que permaneceu no mesmo local (solo residual) ou foi transportado (solo sedimentar), passa a formar o solo. Este solo pode sofrer novamente ação do intemperismo, reiniciando o processo. Outra característica

bastante dominante do território brasileiro é a predominância de clima tropical úmido, apresentando altas temperaturas e altos índices pluviométricos durante todo o ano. Como o clima é o principal fator de ação do intemperismo nos solos, as altas temperaturas e a alta pluviosidade aceleram as reações químicas de transformação dos solos. Dessa forma, devido à aceleração do processo de intemperismo químico, regiões quentes tendem a apresentar solos espessos e desenvolvidos. Embora as características dos solos tropicais residuais sejam oriundas de diversificadas composições mineralógicas das rochas de origem, uma característica comum a todos os solos gerados em clima tropical úmido é o pH geralmente é baixo, o que caracteriza solos ácidos (pH menor que 7). O pH baixo se deve principalmente à presença de caulinita. A

evolução do intemperismo nesses solos intensifica o processo de lixiviação (retirada de uma substância através da dissolução em água) dos elementos alcalinos solúveis (Ca, Na, Mg, K) e a concentração de sílica, alumínio e sesquióxido de ferro (Moncada, 2008). O pH baixo deve-se principalmente à alta concentração de caulinita, que é um argilomineral de Alumínio hidratado, formada pela evolução do processo de intemperismo e pela resistência do Alumínio à lixiviação, tornando assim o solo mais ácido. Esse processo também ocorre em maiores profundidades devido à infiltração e percolação da água. Perfis de solo são formados quando esses processos passam a causar, além das alterações mineralógicas e químicas, transformações na estrutura das rochas reorganizando os minerais formadores do solo e gerando principalmente argilominerais e oxi-hidróxidos de ferro e de alumínio. Os métodos de determinação de um perfil de intemperismo quantificam o grau de alteração da cada camada de um perfil de solo de acordo com a profundidade. Dentre os diversos métodos destacam-se os índices químicos, índices mineralógicos, petrográficos, difração de raios-X, microscopia eletrônica (Oliveira 2006). O método de quantificação do grau de intemperismo através do índice de perda ao fogo (PF) é mais simples e barato e tem se demonstrado eficiente. A massa que se perde no processo de PF resulta da quantidade de argilominerais e hidróxidos de Ferro e Alumínio presentes no solo, sendo esses produtos do intemperismo. O procedimento é realizado a partir do aquecimento de amostras de solo em fornos que chegam a altíssimas temperaturas (até aproximadamente 1200°C), chamados de Muflas, sendo que a temperatura deve ser adequada ao tipo de solo e seus componentes para garantir precisão nos resultados. Solos ricos em micas devem ser submetidos a temperaturas inferiores à 800°C para evitar a perda da água constituinte do mineral. Caso haja presença de caulinita, temperaturas acima de 600°C se fazem desnecessárias. Os únicos solos que precisam ser aquecidos a mais de 800°C são aqueles ricos em argilominerais de alta atividade, como a esmectita. O tempo de

permanência na mufla também pode variar de acordo com o tipo de solo.

No presente trabalho foram coletadas amostras em dois perfis de solo residual e um perfil de solo sedimentar. Através do índice de perda ao fogo é possível verificar as camadas que obtiveram maior perda ao fogo as quais indicam as regiões com maiores quantidades de argilominerais e hidróxidos de Ferro e Alumínio. Nos perfis de solo residual podem-se verificar a evolução do intemperismo e no perfil sedimentar as diferentes camadas de deposição com maior ou menor quantidade de argilominerais e hidróxidos de Ferro e Alumínio.

2 GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA

Guaratinguetá está assentada sobre a Bacia Sedimentar de Taubaté denominada formação terciária moderna, localizada entre as Serras do Mar e da Mantiqueira de formação Pré-Cambriana,. A Bacia é composta pelas formações Resende, Tremembé, São Paulo e Pindamonhangaba, da base para o topo. Um corte da região é apresentado na Figura 1.

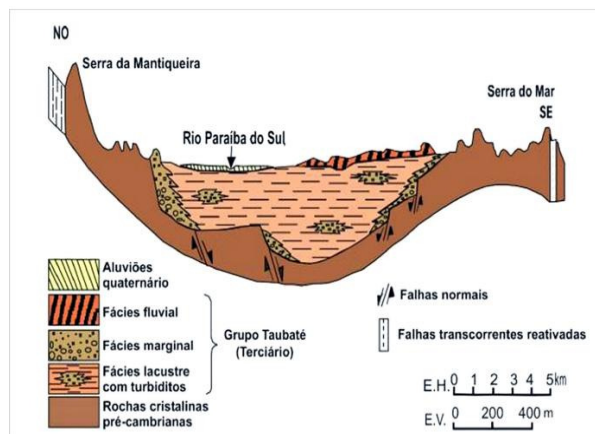


Figura 1: Seção Transversal da Bacia de Taubaté, fonte: SUGUIO 2003

As serras da Mantiqueira e do Mar são formados por unidades geológicas de gnaisses bandados e recebe esse nome pela prevalência de biotitas gnaisses, sendo encontrados também xistos sob diversas formas, biotita xistos, quartzo xistos e granada-biotita xistos. A grande ocorrência de xistos nessa unidade se deve a esse tipo de rocha ser a formação anterior aos

gnaisses. Há intensa deformação nas rochas dessa unidade. A coloração dos gnaisses varia de acordo com o grau de intemperismo do mineral, variando de vermelho forte (rocha intemperizada) a cinza e branco (rocha sã).

Nessa unidade é possível encontrar rochas com muscovita em abundância inseridas entre os gnaisses intemperizados, como é o caso do quartzo-muscovita-xisto com 90% de muscovita e por isso coloração branca brilhante em meio ao vermelho do gnaíse.

3 PROCEDIMENTO DE ENSAIOS

Inicialmente realizou-se a coleta das amostras utilizando-se de um trado manual e de uma trena para marcação da posição de amostragem. Para cada cota definida, no caso de talude, as amostras foram retiradas a 50 cm para dentro do talude conforme ilustrado na Figura 2.



Figura 2: Perfuração lateral para amostragem

Após coletada, cada amostra foi armazenada em um saco plástico e identificada de acordo com sua localização no talude. Em seguida, as amostras foram dispostas em bandejas de alumínio a fim de secarem a temperatura ambiente durante aproximadamente 48 horas. Depois de secas ao ar, as amostras foram destorroadas e a parcela fina foi obtida pelo peneiramento utilizando a peneira *Tyler*

#200 (diâmetro equivalente de 0,074 mm). As amostras foram colocadas em cápsulas e colocadas em estufa a 110°C por 24 horas para obtenção do solo seco.

Em seguida, foram preparadas duas amostras de de cada ponto de coleta com aproximadamente 3 g cada e colocadas em cadinhos de porcelana de modo a serem levadas à Mufla para aquecimento a 600°C durante 3 horas. Deve-se considerar que as pesagens antes e depois da Mufla devem ser realizadas sempre com as amostras em temperatura ambiente, o que, no caso necessita do resfriamento das amostras em dessecador com sílica em gel de maneira a evitar novamente ganho de umidade, já que o resfriamento demora alguns minutos. Por se tratar de variações muito pequenas de perda de massa, utilizou-se de uma balança eletrônica Sartorius BL2105 com capacidade de 210 g e precisão de 0,1 mg para pesagem dos cadinhos.

O índice de perda ao fogo pode então ser determinado pela equação 1:

$$PF = \frac{M_i - M_f}{M_i} \times 100\% \quad (1)$$

Onde, PF representa o índice de perda ao fogo dado em porcentagem; M_i é a massa inicial do solo em gramas antes do aquecimento e M_f é a massa final do solo em gramas depois do aquecimento.

4 PERFÍS ESTUDADOS

4.1 Colúvio sobre o Terciário (1)

A primeira coleta de amostras foi realizada dentro da Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, UNESP. O ponto escolhido apresenta um colúvio com aproximadamente 4,0 m de espessura (Figura 2) sobrejacente ao solo do Terciário do Taubaté. As amostras foram retiradas a cada 20,0 cm de profundidade até a profundidade de 5,0 m, totalizando 18 amostras. A Figura 3 apresenta as amostras nas cápsulas para colocação nos cadinhos após serem secas na estufa, sendo a amostra 1 coletada na superfície do terreno e as amostras 15, 16, 17 e 18 já fazem parte do solo terciário.

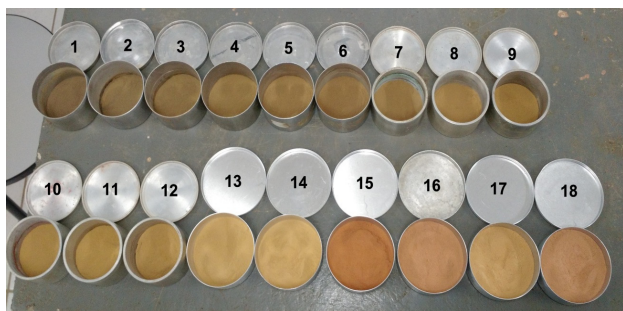


Figura 3: Amostras passadas na *Tyler* #200

O objetivo nesse perfil foi verificar se existia alteração da perda ao fogo ao longo da espessura do colúvio e o que acontecia no contato com o terciário. Os resultados do ensaio de perda ao fogo estão apresentados na Figura 4. Pode-se observar pela figura que apenas para a profundidade de 2,4 m os dois ensaios (PF'1 e PF'2) deram diferentes e os demais foram muito semelhantes. Um terceiro ensaio foi executado para essa profundidade e o resultado ficou de acordo com o ensaio PF'1

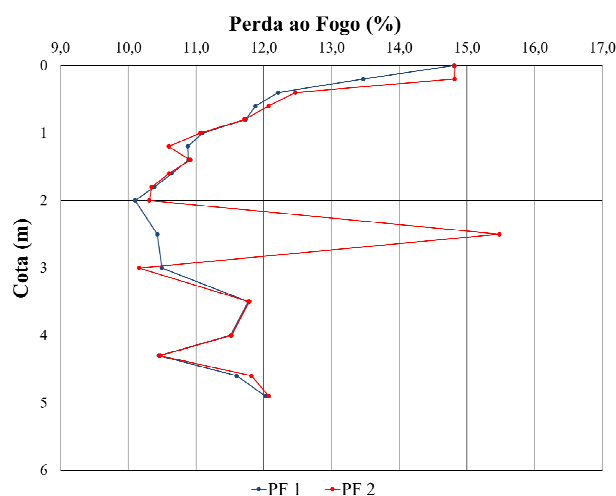


Figura 4: Perfil de Perda ao Fogo do colúvio

A curva mostra que houve uma perda ao fogo de 15% na superfície do colúvio e ocorre um decréscimo com a profundidade. Na região próxima do contato com solo sedimentar, ocorre um pequeno aumento da porcentagem da perda ao fogo. Esse ligeiro aumento pode estar associado ao aumento de umidade nessa região uma vez que o solo terciário é mais argiloso e compacto do que o colúvio. O resultado mostra

que o processo de lixiviação e intemperismo continua ao longo da espessura do colúvio.

4.2 Colúvio sobre o Terciário (2)

O perfil apresentado na Figura 5 está localizado do lado oposto ao Câmpus da universidade. Pode-se observar uma espessura bem grande de colúvio bem como os diferentes horizontes de deposição sedimentar. Foram coletadas 10 amostras ao longo do talude sendo que as distâncias referen-se ao início do corte no topo do talude. As amostras de 0,70 a 4,2 m foram retiradas do colúvio e as demais foram retiradas de cada horizonte do terciário conforme ilustrado na Figura 6.



Figura 5: Detalhamento do talude onde foram recolhidas as amostras as 10 amostras



Figura 6: Amostras de 1 à 10, descritas de acordo com suas respectivas cotas, antes do peneiramento.

Pelo gráfico da Figura 7, observa-se que ao longo da espessura do colúvio ocorre um aumento da PF e em seguida ocorre um

decrescimo ao longo da primeira camada de solo sedimentar, até a cota 10,0 m, onde domina horizonte de argila variegada.

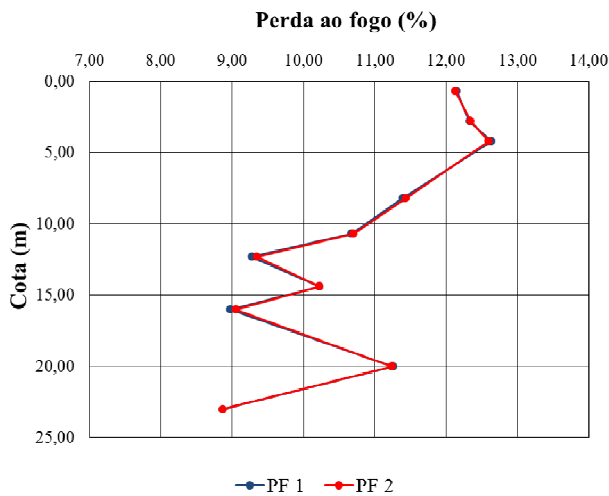


Figura 7: Perfil de Perda ao Fogo do colúvio e do solo sedimentar.

Abaixo da cote de 10,0 m ocorre uma variação significativa dna porcentagem de PF caracterizando os diferentes processos de deposição os quias verifica-se solos mais arenosos e mais argilosos.

4.3 Perfil de Solo Residual do Pré-Cambriano da Serra da Mantiqueira.

O perfil de solo residual escolhido para a determinação de PF foi o mesmo estudado por Benessiuti (2011). Nesse talude ocorreu um grande deslizamento em 2008 que interrompeu totalmente a estrada. Conforme apresentado na Figura 9, o talude apresenta um colúvio que vai do topo até a cota 0. Na base do talude (cota 9,0 m), pode-se observar a rocha alterada onde foi possível também, obter uma amostra da rocha, Figura 8.



Figura 8: Detalhe da amostra coletada a cota 9,0 m juntamente com a rocha de referência.



Figura 9: Talude de solo residual; topo colúvio e cota zero início do solo residual

A variabilidade do solo encontrado no perfil pode ser observada pela Figura 10. O colúvio apresenta um solo bem formado de coloração vermelha. Da cota 0 até 9,0 m verifica-se a alteração do intemperismo pela mudança de coloração e pela textura das amostras.

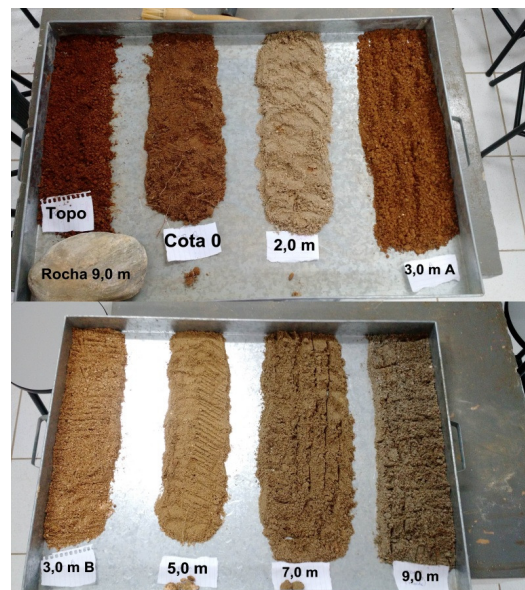


Figura 10: Talude de solo residual; topo colúvio e cota zero início do solo residual

O resultado do ensaio de PF é apresentado na Figura 11.

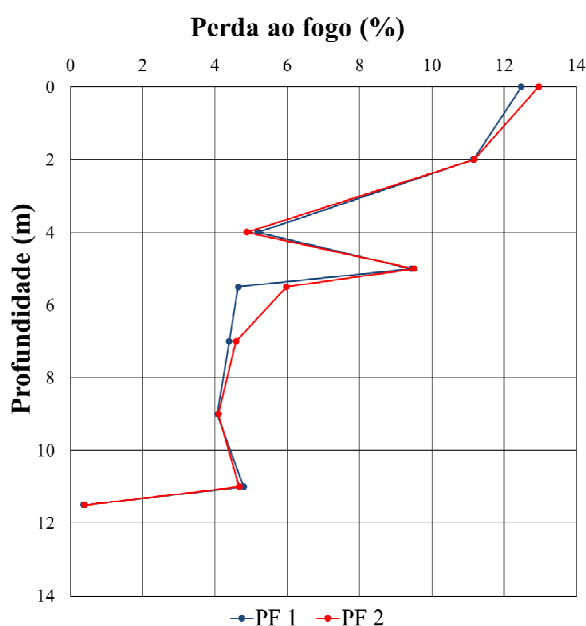


Figura 11: Perfil de Perda ao Fogo do solo residual.

Pela figura pode-se identificar as duas fronteiras entre o solo residual e o saprolito, cota 4,0 m e o contato com a rocha sã na cota 11,0 m. O índice de perda ao fogo do solo residual acima do saprolito apresenta um PF elevado que pode estar associado com a zona preferencial de fluxo.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O ensaio de Perda ao Fogo (P.F.) permite avaliar perfis de solo quanto ao grau de intemperismo e o processo de lixiviação. Para os perfis de sedimentação, o ensaio permite avaliar a porcentagem dos argilosminerais bem como os hidróxidos de ferro a alumínio presentes em cada horizonte de deposição.

Para os perfis estudados, podemos chegar as seguintes considerações:

O efeito da matéria orgânica na camada superior não apresentou uma mudança significativa o valor de perda ao fogo. Um dos motivos pode estar associado ao processo de preparo das amostras quando a amostra foi colocada na estufa a 110° para secagem. Nessa

fase pode ter ocorrido prematuramente a queima da matéria orgânica.

O processo de lixiviação ao longo da camada de colúvio ficou bem definido. No contato colúvio solo do terciário foi verificado um aumento do PF que pode estar associado a região com maior umidade pela diferença de textura e compactidade.

No perfil de solo residual jovem houve uma pequena variação no índice de perda de massa entre as cotas 6,0 e 10,0 m. Nesse horizonte, o processo de intemperismo foi praticamente uniforme ao longo da camada. Os contatos entre horizontes onde ocorrem maiores valores de umidade os ensaios apresentaram maiores índices de PF.

O ensaio de Perda ao Fogo se mostrou um método viável e confiável para se avaliar um perfil de intemperismo para uma fase de pré-diagnóstico. Com o perfil de índice de perda ao fogo e caracterização física das amostras é possível definir a escolha de pontos de coletas de amostras para ai sim, realizar as análises químicas e mineralógicas para a quantificação do intemperismo.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq/PIBIC pela bolsa recebida pela primeira autora.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Leshchinsky, D. e Perry, E.B.; A Design Procedure for Geotextile Reinforced Walls, *Geosynthetics*'87, IFAI, New Orleans, LA, USA, Vol. 1, 1987, p. 95-107.
- MONCADA, M. P. H.; Determinação da curva de retenção e da função de permeabilidade em solos tropicais, Tese de Doutorado, Pontifícia Universidade Católica, Rio de Janeiro, 2008, 307p.
- OLIVEIRA, E. P.; Caracterização bio-físico-químico-mineralógica e micromorfológica de um perfil de alteração de granito-gnaiss de Curitiba, PR, Dissertação de mestrado, Pontifícia Universidade Católica, Rio de Janeiro, 2006, 197p.
- SUGUIO, K. Geologia Sedimentar. Ed. Edgard Blücher, São Paulo, 2003, 399p,