

QUÍMICA E MINERALOGIA DE UM SOLO DESENVOLVIDO DE BASALTO, COLETADO ATRAVÉS DE SONDAGEM SPT

*Chemistry and mineralogy of a soil developed on basalt, collected by standard
penetration test*

Raquel Souza Teixeira*
Pedro R. S. Vendrame**
Amanda R. F. Christoni***
Paulo R. C. Silva****

Universidade Estadual de Londrina - UEL

Docente do Departamento de Construção Civil / Geotecnia

Rodovia Celso Garcia Cid, Km 380, s/n – Campus Universitário – Londrina, Paraná, Brasil – CEP: 86057-970
raquel@uel.br

Universidade Estadual de Londrina - UEL

**Docente do Departamento de Geociências / Programa de Pós-Graduação em Geografia / Laboratório de
Geologia e Pedologia**

Rodovia Celso Garcia Cid, Km 380, s/n – Campus Universitário – Londrina, Paraná, Brasil – CEP: 86057-970
vendrame@uel.br

Universidade Estadual de Londrina - UEL

Graduanda do curso de Engenharia Civil

Rodovia Celso Garcia Cid, Km 380, s/n – Campus Universitário – Londrina, Paraná, Brasil – CEP: 86057-970
amanda_foggiato92@hotmail.com

Universidade Estadual de Londrina - UEL

Técnico de nível superior do Departamento de Física / Laboratório de Raios X

Rodovia Celso Garcia Cid, Km 380, s/n – Campus Universitário – Londrina, Paraná, Brasil – CEP: 86057-970
prcsilva@uel.br

RESUMO

Os solos desenvolvidos nas regiões tropicais úmidas, formados em ambientes de intensa intemperização química, apresentam atributos devido ao efeito integrado de perda de sílica e concentração de óxidos de Fe e Al, dessilicação e ferralitização, respectivamente. Com o objetivo de contribuir para o entendimento da evolução de um perfil de solo desenvolvido de basalto, foram feitas análises físicas, químicas e mineralógicas de um perfil localizado no Campo Experimental de Engenharia Geotécnica (CEEG), Campus da Universidade Estadual de Londrina (UEL). Para isso, foi realizada uma sondagem profunda do tipo SPT até a profundidade de 15,45 metros. Os resultados permitiram verificar que a granulometria é crescente com a profundidade e o conteúdo de areia é menor nas camadas intermediárias do solo. O conteúdo de C orgânico, pH, cálcio e magnésio trocáveis foram superiores na camada superficial, já para potássio trocável e fósforo disponível, foram verificados valores semelhantes na base e no topo do perfil. A composição mineralógica mostrou-se relativamente homogênea com a profundidade, com presença de quartzo, magnetita, caulinita, gibbsita e hematita.

Palavras-chave: Latossolo. Intemperismo. Pedologia. Geotecnia.

ABSTRACT

Soils developed in humid tropical regions, developed in intense chemical weathering environments, feature attributes due to the integrated effect of loss of silica and concentration of Fe and Al oxides. In order to contribute to the

understanding of the evolution of a soil profile developed from basalt, physical, chemical and mineralogical analyzes were conducted in a soil profile located in the experimental field of Geotechnical Engineering (CEEG), Campus of the State University of Londrina (UEL). Standard Penetration Test was performed until 15.50m, and samples were collected throughout the profile. Results showed that the particle size increased with depth and the sand content is lower in the intermediate layers of the soil. Organic carbon content, pH, exchangeable calcium and magnesium were higher in the surface layer, as exchangeable potassium and phosphorus available were similar at the base and top of the profile. The mineralogical composition was relatively homogeneous with depth, with presence of quartz, magnetite, kaolinite, gibbsite and hematite.

Keywords: Oxisol. Weathering. Pedology. Geotechnology.

1 INTRODUÇÃO

O solo pode ser entendido de diferentes maneiras, de acordo com cada ramo da ciência. Na Engenharia Civil, usa-se o perfil geotécnico proposto por Vargas (1980, 1992), onde a divisão é feita em solo maduro, solo jovem ou saprolito e rocha sã ou alterada. O solo maduro é a camada superficial, constituída essencialmente de argilominerais, óxidos e hidróxidos de ferro, manganês, titânio e alumínio. Já a camada subsuperficial, que ainda mantém características herdadas da rocha de origem é denominada solo jovem; e logo abaixo, a rocha sã onde os minerais exibem sinais evidentes de alteração com as perdas de brilho e cor.

Na pedologia, o solo é um corpo tridimensional formado na superfície terrestre, por meio dos fatores ambientais (material de origem, clima, organismos e relevo) agindo ao longo do tempo. Por consenso geral o termo solo refere-se à parte superior da crosta terrestre ou litosfera e por regolito, entende-se o material solto, constituído por rocha alterada e solo (saprolito + solum), que ocorre acima da rocha consolidada (Ker et al., 2012).

A análise de uma sequência de amostras da rocha para a superfície deve mostrar alterações na concentração dos componentes químicos em concordância com a acumulação relativa de alguns elementos menos móveis e com a perda de elementos mais móveis ou mais solúveis (Novaes Filho et al., 2012). O uso de certos atributos geoquímicos baseia-se na ideia de que os depósitos residuais são produtos do intemperismo diferencial e da lixiviação, responsáveis pela remoção de elementos mais solúveis do perfil, deixando os elementos relativamente menos móveis, como o Al, Fe, Zr e Ti (Moreira & Oliveira, 2008).

Os solos desenvolvidos nas regiões tropicais úmidas, formados em ambientes de intensa intemperização química, apresentam atributos devido ao efeito integrado de perda de sílica e concentração de óxidos de Fe e Al, dessilicação e ferralitização, respectivamente (van Breemen & Buurman, 1998). De acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2013), a classe que melhor representa a expressão desses processos pedogenéticos é a dos Latossolos, equivalente aos Oxisols (Soil Survey Staff, 1998) e Ferralsols (IUSS-WRB, 2006), que apresentam baixa razão $\text{SiO}_2/(\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3)$, baixa capacidade de troca de cátions, argila de baixa atividade e baixos teores de minerais primários intemperizáveis.

O horizonte B latossólico é um horizonte mineral subsuperficial, cujos constituintes evidenciam avançado estágio de dessilicação e ferralitização, explícita pela alteração quase completa dos minerais primários menos resistentes ao intemperismo e/ou de minerais de argila 2:1, lixiviação de bases e concentração residual de sesquióxidos de Fe e Al, argila do tipo 1:1 e minerais primários resistentes ao intemperismo.

Ghidin et al. (2006) estudando o efeito da toposequência e de variações no material de origem (rochas basálticas) na mineralogia da fração argila de Latossolos, verificaram que os teores de Si nas rochas basálticas e a posição dos perfis na paisagem foram decisivos na definição da mineralogia da fração argila. Verificaram ainda maiores teores de SiO_2 total e de caolinita nos horizontes mais profundos dos Latossolos.

Pierangeli et al. (2001) observaram em 17 Latossolos brasileiros, de diferentes materiais de origem, que a mineralogia era composta por caolinita, gibbsita, goethita e hematita em várias proporções e verificou a seguinte ordem de predominância: caolinita > gibbsita > hematita > goethita.

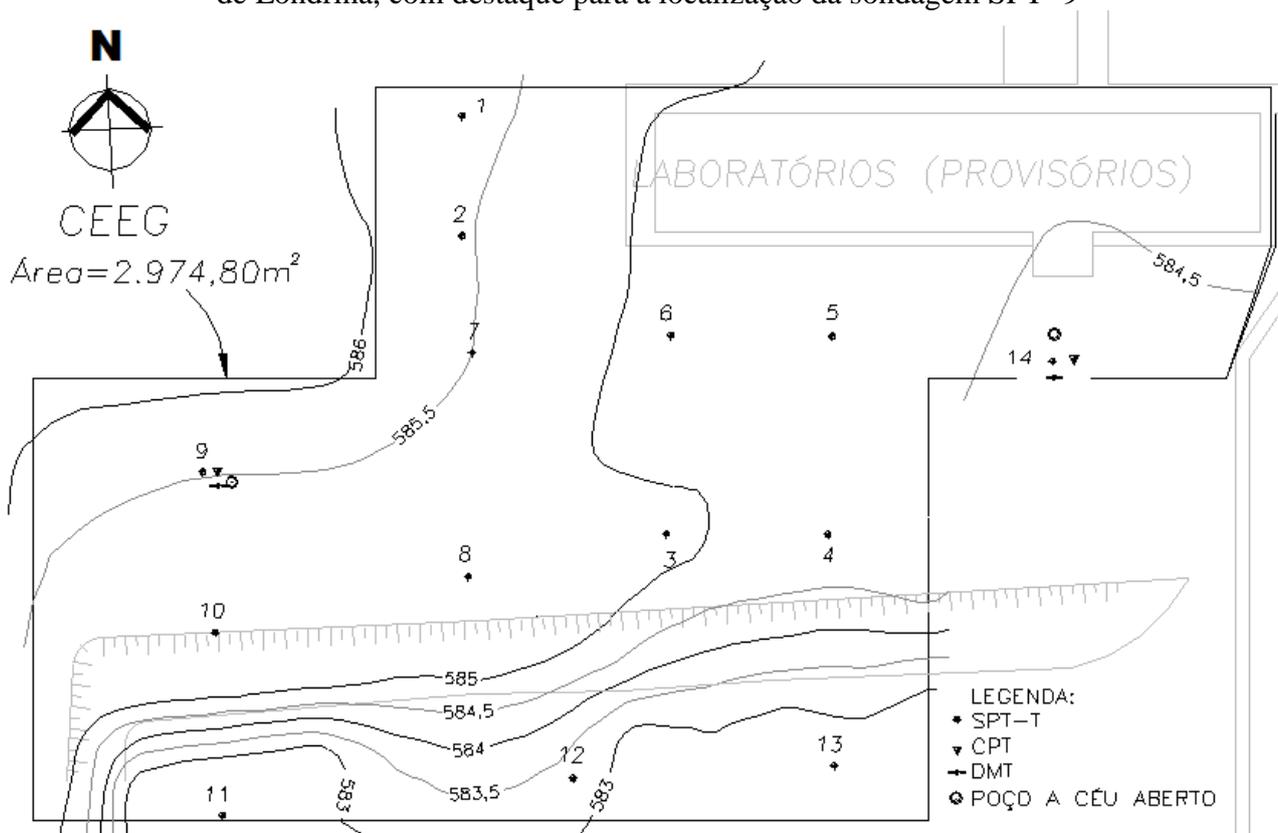
O objetivo deste trabalho foi avaliar a distribuição dos atributos químicos e mineralógicos em um perfil de solo desenvolvido sobre basalto, com base em amostras coletadas com sondagem à percussão do tipo SPT (*Standard Penetration Test*).

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Realizou-se uma sondagem de simples reconhecimento de solo do tipo SPT (*Standard Penetration Test*) seguindo a NBR 6484 (ABNT, 2001) no Campo Experimental de Engenharia Geotécnica CEEG, na Universidade Estadual de Londrina, Londrina, PR (Figura 1).

Embora tenham sido realizadas 14 sondagens SPT, a sondagem número 9 foi escolhida por representar o perfil descrito na área de estudo. A escolha das amostras utilizadas nas análises de laboratório se deu a partir do resultado e descrição do perfil do solo obtido pela sondagem SPT-9 (Figura 1). O limite de sondagem se deu em 15,45m em função do avanço impenetrável do amostrado padrão. Os valores de N_{SPT} apresentam variação crescente com a profundidade e na data da realização do ensaio não foi encontrado nível d'água.

Figura 1 – Campo Experimental de Engenharia Geotécnica, localizado na Universidade Estadual de Londrina, com destaque para a localização da sondagem SPT- 9



O perfil foi subdividido, em camadas, a partir de intervalos de variação de N (energia de cravação do amostrador padrão) em função da consistência do solo. Desta forma foram usadas amostras das profundidades de 0,45m (N=3); 2,45m (N=3); 6,45m (N=4), 10,45m (N=9); 13,45m (N=15), 14,45 m (N = 14) e 15,45 (N=24). As amostras foram encaminhadas ao laboratório de Geotecnia/UEL onde foram secas ao ar e destorroadas.

As análises granulométricas foram realizadas de acordo com normas estabelecidas pela NBR 7181, (ABNT,1984). Foi adicionado 70 g de terra fina seca ao ar (TFSA) em um recipiente contendo água destilada e 125 ml de defloculante hexametáfosfato de sódio, e deixada em repouso por 24 h. Após este período a solução solo - água - defloculante foi levada para dispersão por 15 minutos e depois transferida para uma proveta de 1000 ml que teve seu volume completado com água destilada. Agitou-se a solução e em seguida foi colocado o densímetro dentro da proveta e acionado o cronômetro para realizar as leituras de densidade nos intervalos de tempo de 30 s, 1min, 2min, 4min, 8min, 16min, 30 min e 1h, 2h, 4h, 8h, 16h, 24horas. Após a última leitura foi realizada a lavagem da solução solo - água - defloculante em peneira #200 (0,075 mm). O material retido na # 200 foi lavado, seco em estufa e o peneiramento fino foi utilizado, para a medida das partículas grossas (areias: fina, média e grossa), a partir um conjunto de peneiras (números: 200, 100, 50, 40, 30, 10) com 15 min de agitação.

As análises químicas foram realizadas seguindo métodos descritos em Pavan (1992). Foram determinados: pH em água (relação 1:2,5); K disponível, extraído com a solução Mehlich-1 (0,0125 mol L⁻¹ de H₂SO₄ e 0,050 mol L⁻¹ de HCl); Al, Ca e Mg trocáveis, extraídos com KCl 1 mol L⁻¹; H+Al, extraídos com solução de acetato de cálcio 0,5 mol L⁻¹ a pH 7 e titulados com NaOH 0,0606 mol L⁻¹. Com os resultados obtidos foram calculados a capacidade de troca catiônica a pH 7 (CTCpH7) e a saturação por bases (V). Para avaliação da matéria orgânica (C-org), empregou-se o método da oxidação do Carbono orgânico por dicromato de potássio e titulação com sulfato ferroso (método Walkley & Black).

A mineralogia dos solos foi avaliada através de difração de raios X em um difratômetro da marca Panalytical modelo X'Pert PRO MPD, localizado no laboratório de Difração de Raios-X (DRX) da Universidade Estadual de Londrina, com radiação CuK α , na geometria Bragg-Brentano. O tubo de raios X foi operado na tensão 40 KV com uma corrente de 30 mA. Os difratogramas obtidos foram analisados com o auxílio do software X'pert Highscore Plus, também da marca Panalytical, possibilitando a identificação das fases que compõem as amostras. Foram determinados ainda os teores totais de SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, TiO₂, MnO e CaO no material de origem e nas camadas do solo, através de fluorescência de raios X, em um equipamento da marca Shimadzu Co, modelo EDX-720.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O perfil geotécnico com a descrição segundo Vargas (1980, 1992) foi considerado para indicar as cotas de amostragem desse trabalho, também considerado típico da cidade de Londrina, PR (Tabela 1).

Os resultados das análises granulométricas e químicas estão apresentados nas Tabelas 2 e 3, respectivamente. A fração argila é a mais abundante até a profundidade de 14,45 m, com valores acima de 49 %, evidenciando a intensa alteração sofrida pelo material de origem até esta profundidade (Tabela 2). De maneira geral a relação silte/argila aumenta com a profundidade (Figura 2), o que está de acordo com a sequência normal do intemperismo. De acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2013), solos argilosos e muitos argilosos para serem classificados como Latossolos devem apresentar horizontes B-latossólicos com relação silte/argila abaixo de 0,6, seguindo este critério, pode-se inferir que o B-latossólico do perfil avaliado estende-se até aproximadamente 14,45 m.

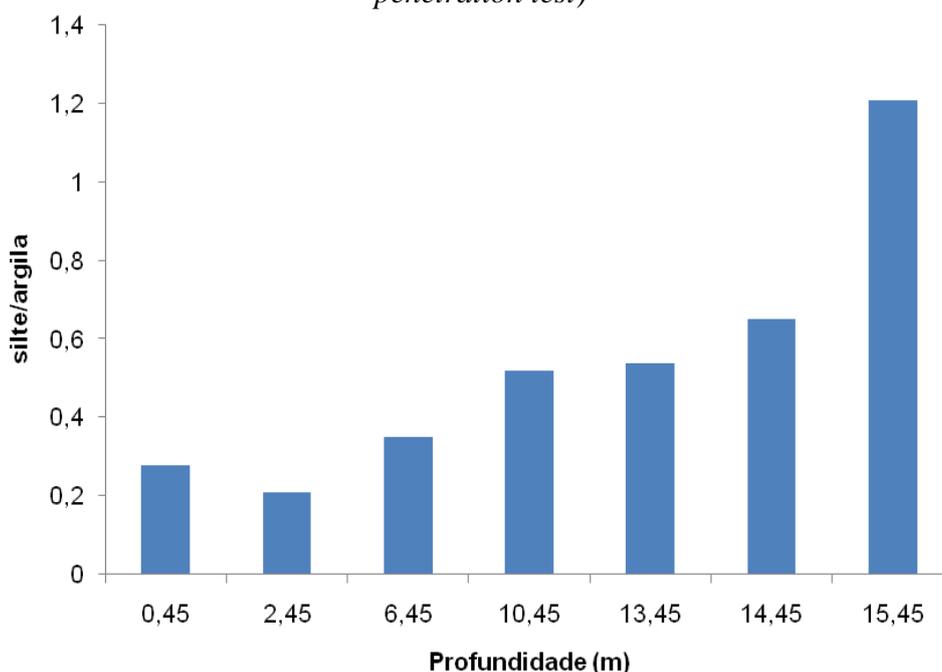
A menor relação silte/argila na profundidade de 2,45 m em relação à profundidade de 0,45m é comum em Latossolos, e pode ser explicada por leve lessivagem e elutriação (Mafra et al., 2001; Moreira & Oliveira, 2008).

Tabela 1 – Descrição do perfil estudado de acordo com Vargas (1980, 1992)

Profundidade (m)	N _{SPT}	Descrição do subsolo
1	3	
2	1	
3	3	
4	4	
5	4	
6	5	Solo maduro
7	4	Argila Siltosa
8	5	
9	6	
10	8	
11	9	
12	12	
13	10	
14	15	Saprolito - Argila Siltosa
15	14	Saprolito - Silte Argiloso
15,45	24	Rocha alterada (impenetrável ao amostrador padrão)

Tabela 2 – Análise granulométrica de amostras de solos coletadas com sondagem SPT (*standard penetration test*)

Prof. (m)	Granulometria (%)				Classificação Geotécnica
	Argila	Silte	Areia Fina	Areia Grossa	
0,45	68	19	12	1	Argila Siltosa
2,45	73	15	11	0	Argila Siltosa
6,45	66	23	11	0	Argila Siltosa
10,45	64	33	3	0	Argila Siltosa
13,45	63	34	3	0	Argila Siltosa
14,45	49	32	16	3	Argila Siltosa
15,45	34	41	22	3	Silte Argiloso

Figura 2 – Relação silte/argila de amostras de solos coletadas com sondagem SPT (*standard penetration test*)

O conteúdo de C orgânico decresce acentuadamente da camada superficial (0,45 m) para a camada de 2,45 m, passando de 13,32 g.kg⁻¹ para 3,77 g.kg⁻¹ (Tabela 3). Nas demais profundidades o conteúdo deste elemento ficou sempre abaixo de 2,92 g.kg⁻¹ e não seguiu tendência de aumento ou diminuição. Com exceção da camada superficial (0,45m) os valores de pH ficaram abaixo de 5,0, o que os classifica como moderadamente ácidos (EMBRAPA, 2013). O maior pH da camada superficial pode ser explicado pela maior oferta de bases e maior conteúdo de matéria orgânica em superfície. De acordo com Falleiro et al., (2003) a matéria orgânica possui compostos com caráter anfótero, os quais atuam como tampão nas alterações do pH do solo.

Os teores de Al³⁺ trocáveis variaram entre 0,00 cmol_c/kg⁻¹ e 1,25 cmol_c/kg⁻¹ não apresentando tendência de aumento ou diminuição com a profundidade. O valor mínimo de Al³⁺ foi verificado na camada superficial em função dos efeitos explicados anteriormente. Em relação aos teores de Ca²⁺ e Mg²⁺ trocáveis, foi possível verificar diminuição até a camada de 10,45 m, o que pode ser explicado pelo aporte em superfície fornecido pela vegetação ao longo dos anos (Pinto & Kämpf, 1997). Da camada 10,45 m até a base não houve tendência de aumento ou diminuição nos teores destes elementos.

A distribuição dos teores de P e K ao longo do perfil apresentou comportamento diferente dos demais elementos avaliados, com valores semelhantes na base e no topo do perfil, o que pode estar ligado ao extrator utilizado na determinação destes elementos. De acordo com Dubus & Becquer (2001), o extrator Mehlich-1 é uma solução ácida que exerce efeito sobre o pH da suspensão no processo de extração, com essa redução no pH da suspensão, poder ter ocorrido extração de P e K oriundos de minerais primários, o que ajudaria a explicar os altos teores destes elementos encontrados na base do perfil.

Os valores de CTC e V encontrados estão de acordo com a mineralogia dos solos avaliados. A CTC e a V não seguiram padrão definido de aumento ou diminuição entre as camadas avaliadas, no entanto, os maiores valores para estes atributos podem ser verificados na camada superficial, devido ao maior conteúdo de matéria orgânica e maior oferta de bases no complexo de troca (Falleiro et al., (2003).

A fluorescência de raios X consiste em incidir um feixe de raios X em uma amostra produzindo radiações fluorescentes (transições eletrônicas dos elétrons das camadas mais internas dos átomos), que são características para cada elemento químico. Estas radiações são difratadas por um cristal analisador e captadas por um detector (Scapin, 2003).

Tabela 3 – Análise química de amostras de solos coletadas com sondagem SPT (*standard penetration test*)

Prof. (m)	P	C	pH	Al ³⁺	H ⁺ +Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	SB	CTC	V
	mg.kg ⁻¹	g.kg ⁻¹									
0,45	1,30	13,32	5,10	0,00	5,76	3,00	0,78	0,12	3,90	9,66	40,37
2,45	0,80	3,77	4,60	0,36	6,20	0,40	0,20	0,03	0,63	6,83	9,22
6,45	0,30	1,87	4,50	0,12	4,96	0,22	0,12	0,03	0,37	5,33	6,94
10,45	0,50	1,05	4,30	0,59	5,76	0,10	0,12	0,03	0,25	6,01	4,15
13,45	0,80	2,45	4,20	0,95	7,20	0,12	0,12	0,03	0,27	7,47	3,61
14,45	1,40	2,92	4,20	1,25	7,75	0,20	0,16	0,05	0,41	8,16	5,02
15,45	3,30	1,16	4,40	0,14	5,76	0,15	0,12	0,07	0,34	6,10	5,57

Os resultados obtidos via fluorescência de raios X revelaram que, embora não tenha sido verificado uma sequência definida na distribuição de elementos totais entre as profundidades de solo avaliadas, quando se comparou os teores dos elementos totais na rocha com os valores nos solos, foi possível verificar a evolução do sistema. Enquanto os teores de Fe₂O₃, Al₂O₃ e TiO₂ são

maiores no solo, CaO e SiO₂ são maiores na rocha (Tabela 4). Isso indica o comportamento típico de evolução dos solos onde ocorre a lixiviação de bases e silício, restando nos horizontes superficiais grandes quantidades de Fe e Al, que são hidratados e formam oxihidróxidos de Fe e Al, e caolinita (Moreira & Oliveira, 2008).

A maior quantidade de CaO e SiO₂ na camada 0,45m em relação à camada imediatamente abaixo (2,45 m), pode ser atribuída a contribuições externas ao material de origem, como adições pela vegetação, eólicas e coluvionares (Pinto & Kämpf, 1997).

Tabela 4 – Teores de óxidos totais em solos e rocha (basalto), de amostras coletadas com sondagem SPT (*standard penetration test*)

Prof. (m)	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	SiO ₂	TiO ₂	MnO	CaO
	g.kg ⁻¹					
0,45	441,86	293,3	205,3	47,66	4,05	2,4
2,45	520	243,12	172,92	52,32	3,43	1,82
6,45	446,99	291,37	204,8	48,27	2,57	1,14
10,45	567,91	182,84	181,54	55,62	3,7	1,64
13,45	440,38	279,12	220,78	50,05	3,32	1,07
14,45	571,52	186,35	168,88	59,77	4,76	1,62
15,45	438,95	291,33	226,05	33,40	3,74	1,44
Rocha	154	137	518	22	2,4	90

A difração de raios X é um fenômeno de interação entre a radiação eletromagnética e a matéria ordenada. Quando raios X são incididos sobre planos atômicos ocorre o espalhamento da radiação em todas as direções. A interferência construtiva dos raios X espalhados provenientes destes vários planos, caracteriza a difração (KITTEL, 1978) e permite, neste caso, a identificação dos minerais presentes nos solos, já que o padrão de difração é característica de cada estrutura e composto (CULLITY, B. D; 1978, Scapin, 2003).

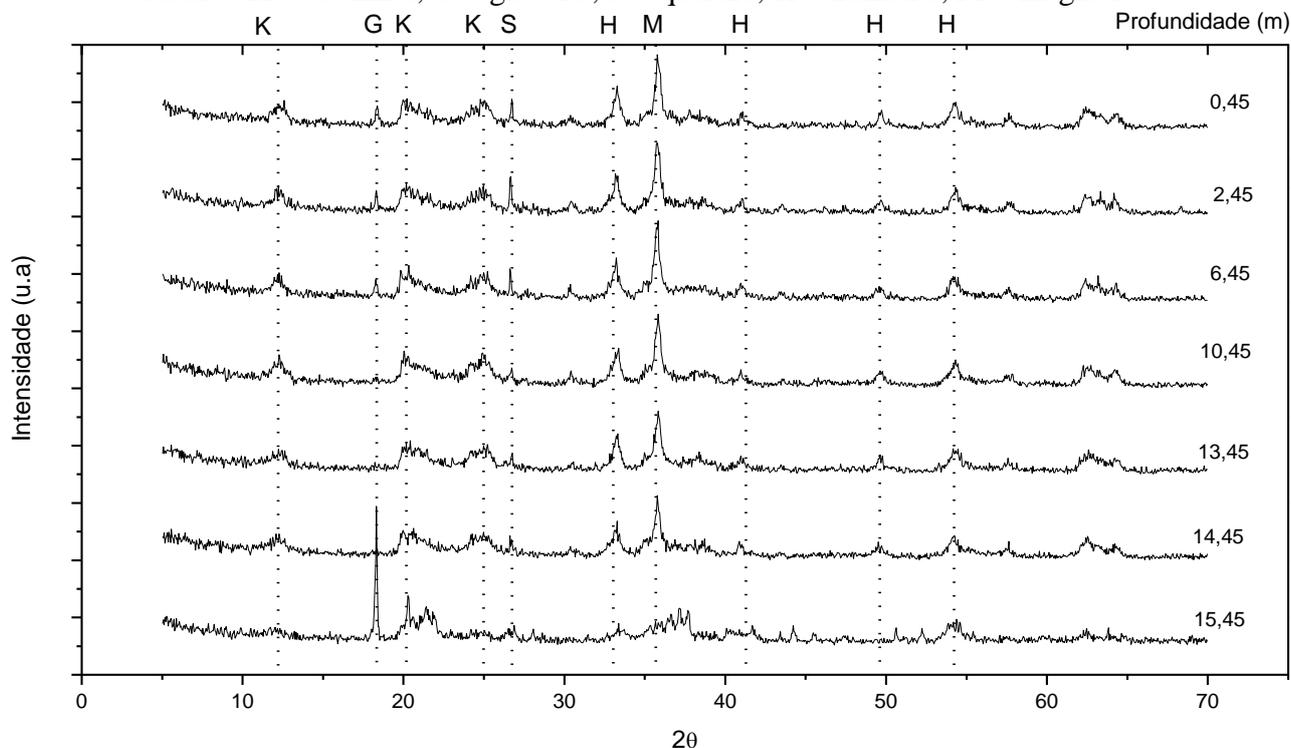
A interpretação dos difratogramas da Figura 3 permitiu identificar um padrão de picos em relação a alguns minerais primários, como magnetita e quartzo e alguns minerais secundários, com destaque para caolinita, gibbsita e hematita. A presença de magnetita e quartzo nos espectros pode ser explicada pelo método utilizado, pois não foi separada a fração argila, e os solos foram triturados e levados diretamente ao difratômetro de raios X. Os picos relacionados à presença do quartzo são menos intensos nas camadas intermediárias do solo (10,45 e 13,45 m), o que está de acordo com a análise granulométrica, que revelou menores quantidades de fração areia nessas camadas. Já para a magnetita, a intensidade de picos entre as camadas foi mais constante, mostrando diminuição abrupta apenas na última camada (15,45 m). A presença de magnetita em solos oriundos de basalto é responsável pela forte magnetização que esses solos apresentam. Melo et al., (2004) constataram que o quartzo é o principal mineral componente da fração areia de solos intemperizados e oriundos de basalto, seguido por cristobalita, ilmenita e rutilo.

Ker (1997) descreveu que a magnetita é o principal mineral da fração grosseira desses solos, seguida por magnetita intercrescida de ilmenita e, em seguida, o quartzo. Essas variações encontradas na oferta de minerais primários na fração grosseira de solos oriundos de basalto podem ser atribuídas a inserções (amígdalas) maiores ou menores de quartzo no material de origem, a diferentes graus de intemperismo e drenagem dos solos.

Em relação aos minerais secundários, foi possível verificar picos característicos de caolinita, gibbsita e hematita.

Os picos da caolinita são mais intensos e constantes até a camada de 14,45m, e pouco intensos na última camada, devido ao menor grau de intemperismo. Ghidin et al., (2006) verificaram acréscimo nos teores de caolinita com a profundidade em solos oriundos de basalto, e atribuíram à maior concentração de Si em profundidade.

Figura 3 – Difratomogramas de raios-X em sete camadas de um perfil de solo desenvolvido de basalto. K = caolinita, G = gibbsita, S = quartzo, H = hematita, M = magnetita



A caolinita é um argilo-mineral composto por alumínio, silício, oxigênio e OH, com estrutura simples de camadas 1:1. A formação da caolinita se dá, preferencialmente, em ambientes muito diluídos, com muita lixiviação ou presença de ácidos orgânicos e CO₂, provenientes de compostos ricos em matéria orgânica. Pode apresentar variação na cristalinidade, em função da substituição isomórfica de silício por alumínio nos tetraedros e de alumínio por ferro nos octaedros, relacionada com o pedoclima e material de origem (Carvalho JR, 2000). De acordo com Ker et al., (2012), materiais de origem ricos em óxidos de ferro tornam a caolinita mais desordenada, de menor cristalinidade.

Em relação à gibbsita é possível verificar picos intensos e constantes até a camada 6,45m, nas camadas seguintes (10,45m, 13,45m e 14,45m) eles desaparecem, reaparecendo na última camada com forte intensidade. A diminuição da intensidade dos picos da gibbsita com a profundidade era esperada, uma vez que, as camadas superficiais são as mais intemperizadas, no entanto, o seu reaparecimento na última camada não permite esta reflexão. Uma das explicações para o pico intenso atribuído a gibbsita na última camada pode ser a presença de illita ou micas, que possuem picos característicos nessa mesma faixa do espectro (Scapin, 2003).

A gibbsita é uma das formas minerais do hidróxido de alumínio. É originada do intenso intemperismo químico (hidrólise total) de rochas ricas em feldspatos ou outros minerais aluminosos em climas quente e úmidos. No caso de solos oriundos de basalto, a formação de gibbsita está associada predominantemente a alteração da caolinita, visto que os basaltos são pobres em feldspatos potássicos e ricos em plagioclásios (Gomes et al., 2004).

Nos Latossolos a presença de gibbsita está relacionada com o intemperismo intenso, favorecido pelas altas temperaturas e drenagem livre e quanto maiores as quantidades desse

constituente, maior é o grau de intemperismo atribuído ao sistema (Reatto et al., 2008; Vendrame et al., 2013). Os picos relacionados a presença de hematita apresentaram comportamento semelhantes aos descritos para caolinita, com alta intensidade até a camada de 14,45m, e pouco intenso na última camada. Ghidin et al., (2006) não verificaram alterações no conteúdo e na cristalinidade da hematita com a profundidade, ressaltando que esses autores trabalharam com perfis de Latossolos até a profundidade de 2,0 m.

Os óxidos mais abundantes na fração argila dos solos são os óxidos de ferro, representados pela hematita, seguidos geralmente pelos óxidos de alumínio. São considerados colóides minerais e geralmente apresentam estruturas mais complexas e com maiores variações que caolinita e gibbsita. Ocorrem dispersos no solo, na forma de partículas finas, com cristalinidade variada, capeando outros minerais ou formando complexos com a matéria orgânica (Carvalho Jr, 2000).

CONCLUSÕES

A sondagem de simples reconhecimento de solo do tipo SPT (*Standard Penetration Test*) permitiu identificar um perfil de solo oriundo de basalto com 15,45m de profundidade total. Este perfil foi identificado como característico de solo residual composto por camadas de solo maduro, seguido de solo jovem ou saprólito e rocha alterada. Esses solos recobrem frequentemente os relevos planos a suave ondulado da região norte do Paraná.

Foi possível verificar que a granulometria é crescente com a profundidade e o conteúdo de areia é menor nas camadas intermediárias do perfil. Em relação aos atributos químicos, foi possível verificar que o conteúdo de C orgânico, pH, cálcio e magnésio trocáveis foram superiores na camada superficial. Para o potássio trocável e o fósforo disponível, foram verificados valores semelhantes na base e no topo do perfil. Os valores de CTC ao longo do perfil estão de acordo com a mineralogia dos solos.

A fluorescência indicou o comportamento típico de evolução dos solos através da lixiviação de bases e silício, restando nos horizontes superficiais grandes quantidades de Fe e Al.

A composição mineralógica mostrou-se relativamente homogênea com a profundidade, com presença de quartzo, magnetita, caolinita, gibbsita e hematita.

AGRADECIMENTOS

Ao programa de iniciação científica PIBIC/CNPq, pela concessão de bolsa à terceira autora, e aos laboratórios Multiusuários da PROPPG da Universidade Estadual de Londrina, LARX e SPEC.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Execução de Sondagens de Simples Reconhecimento de Solos**. NBR 6484. 2001, ABNT, Rio de Janeiro.

_____. **Determinação da Massa Específica dos Grãos**. NBR 6508, 1984, ABNT, Rio de Janeiro.

_____. **Análise Granulométrica**. NBR 7181, 1984, ABNT, Rio de Janeiro.

CARVALHO JUNIOR, I. A. **Influência da mineralogia e da matéria orgânica na agregação, cor e radiometria de solos altamente intemperizados do Estado de Minas Gerais**. 2000. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

DUBUS, I. G. & BECQUER, T. Phosphorus sorption and desorption in oxide-rich ferasols of New

Caledonia. **Aust. J. Soil Res.**, 39:403-414, 2001.

FALLEIRO, R. M. et al. Influência dos sistemas de preparo nas propriedades químicas e físicas do solo. **R. Bras. Ci. Solo**, 27:1097-1104, 2003.

GOMES, J. B. C.; et al. Principal component analysis of physical, chemical, and mineralogical attributes of the Cerrado biome soils. **R. Bras. Ci. Solo**, 28:137-153, 2004.

GHIDIN, A. A. et al. Topossequências de latossolos originados de rochas basálticas no Paraná. I: mineralogia da fração argila. **R. Bras. Ci. Solo**, 30:293-306, 2006.

CULLITY, B. D.; **Elements of X-ray diffraction**; 2^a ed. Addison-Wesley Publishing Company; 1978.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3.ed. Brasília, 2013. 353p.

KER, J. C. **Latossolos do Brasil**: uma revisão. *Geonomos*, 5:17-40, 1997.

KER, J. C. et al. (Eds.). **Pedologia**: fundamentos. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2012. 346p.

IUSS Working Group WRB, 2006. World reference base for soil resources 2006. **World Soil Resources Reports**, N.103. FAO, Rome.

KITTEL, C. **Introdução a Física do Estado Sólido**. 5. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1978.

MAFRA, A. L.; SILVA, E. F.; COOPER, M. & DEMATTÊ, J. L. I. Pedogênese de uma seqüência de solos desenvolvidos de arenito na região de Piracicaba (SP). **R. Bras. Ci. Solo**, 25:355-369, 2001.

MOREIRA, H. L. & OLIVEIRA, V. A. Evolução e gênese de um Plintossolo Pétrico concrecionário êutrico argissólico no município de Ouro Verde de Goiás. **R. Bras. Ci. Solo**, 32:1683-1690, 2008.

NOVAES FILHO, J. P. et al. Indicativos de Descontinuidade Litológica de Regolitos Derivados de Granitos em uma microbacia sob floresta amazônica, em Juruena, MT. **R. Bras. Ci. Solo**, 3:317-324, 2012.

PAVAN, M. A. et al. **Manual de análise química de solo e controle de qualidade**. Londrina: IAPAR, 1992. 39 p. (IAPAR. Circular, 76).

PIERANGELI, M. A. P. et al. Efeito da força iônica da solução de equilíbrio sobre a adsorção/desorção de chumbo em latossolos brasileiros. **Pes. Agropec. Bras.**, 36:1077-1084, 2001.

PINTO, L. F. S.; KÄMPF, N. Balanço geoquímico de solos derivados de rochas básico-ultrabásicas no ambiente subtropical do Rio Grande do Sul. **Rev. bras. Ci. Solo, Viçosa**, 21:651-658, 1997.

REATTO, A. et al. Variation of the kaolinite and gibbsite content at regional and local scale in Latosols of the Brazilian Central Plateau. **Comptes Rendus Geoscience** 340:741-748, 2008.

SCAPIN, M. A. **Aplicação da difração e fluorescência de raios X (WDXRF): ensaios de argilominerais**. São Paulo, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares. Dissertação de Mestrado. 80p. 2003.

SOIL SURVEY STAFF. 1998. **Keys to Soil Taxonomy**. 8th ed. United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, Washington, 326 pp.

VAN BREEMEN, N. & BUURMAN, P. **Soil Formation**. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 1998. 377p.

VARGAS, M.. Geotecnia do Terciário de São Paulo – Histórico. In: **Aspectos Geológicos e Geotécnicos da Bacia Sedimentar de São Paulo**. São Paulo: ABGE/SBG, p.37-46. 1980.

VARGAS, M. Evolução dos conhecimentos. In: Negro et al (editores), Mesa Redonda: **Solos da Cidade de São Paulo**. São Paulo: ABMS/ABEF, Capítulo 1, p.1-36. 1992.

VENDRAME, P. R. S. Acidity control in Latosols under long-term pastures in the Cerrado region, Brazil. **Soil Research**, 51:253–261, 2013.

Data de submissão: 25.08.2015

Data de aceite: 09.11.2016

License information: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.