

Efeito da Temperatura na Repelência de Água no Solo: Ensaio em Laboratório

Edivaldo Lopes Thomaz

Departamento de Geografia, Laboratório de Geografia Física - UNICENTRO

ethomaz@brturbo.com.br

Recebido: 03/07/07 – revisado: 20/08/07 – aceito: 12/03/08

RESUMO

Este trabalho descreve o comportamento de solos em relação ao efeito da temperatura na repelência de água. Foram testados em laboratório dois solos (temperado-Canadá e tropical-Quênia). Os materiais foram submetidos a diferentes temperaturas: controle temperatura ambiente, 200°C, 300°C e 580°C. A metodologia utilizada para medir o grau de repelência foi o tempo WDPT (water drop penetration time). Os resultados indicaram que a temperatura afetou o tempo de penetração da gota de água em ambos os solos. Contudo, a resposta a repelência dos dois solos foi diferente. O solo temperado de textura arenosa (Swinton) tendeu a reduzir o tempo de penetração da gota de água de acordo com o aumento da temperatura. O solo de textura mais argilosa (Fluviosolo) apresentou aumento do tempo de penetração da gota de água à medida que a temperatura foi aumentando. A textura do solo pode ter influenciado a resposta dos materiais submetidos a diferentes temperaturas. A metodologia WDPT mostrou-se ser uma técnica simples, porém, eficiente para se detectar a repelência de água no solo. Este procedimento deverá ser aplicado em pesquisas futuras.

Palavras-chave: temperatura, solo temperado, solo tropical, repelência de água

INTRODUÇÃO

O estudo da repelência de água cresceu rapidamente comparando-se o período anterior a 1940 em relação ao final da década de 1990. Para alguns pesquisadores o crescimento do interesse nessa área conferiu-lhe a condição de ciência da repelência de água no solo (De Bano, 2000a).

A repelência de água de maneira geral é o impedimento ou dificuldade do solo (agregados) em se umedecer. A repelência pode ser causada por vários fatores tais como: decomposição de material orgânico, ação de micro-organismos no solo e indução por meio de fogo (temperatura) (De Bano, 2000b; Doerr *et al.*, 2005).

Segundo De Bano (2000b), foi a partir dos anos 60 que se identificou o fogo como causador de repelência. Anteriormente, acreditava-se que o efeito pós-queimada nos processos hidrogeomorfológicos (infiltração, escoamento e erosão) era ocasionado pela perda da proteção do dossel, somado ao bloqueio da porosidade superficial devido a cinzas que permaneciam sobre a superfície do solo.

Entretanto, a hipótese provável para a indução da repelência através do fogo é que durante a combustão, os materiais orgânicos são vaporizados e

empurrados para camadas mais profundas do horizonte superficial seguindo o gradiente de temperatura. Posteriormente, ao diminuir a temperatura, o material orgânico vaporizado condensa-se formando uma película em volta das partículas do solo (De Bano, 2000b; Letey, 2001).

O comportamento da repelência causado pela temperatura é complexo. Pouca mudança ocorre quando o solo é aquecido em torno de 175°C; forma-se forte repelência quando o solo é aquecido entre 175°C e 200°C; a repelência é destruída quando o solo é aquecido entre 280°C e 480°C (De Bano, 2000b). Esses limites para o comportamento da repelência concordam com outros estudos (Letey, 2001; Garcia-Corona *et al.*, 2004; Doerr *et al.*, 2005).

Atualmente, a preocupação com os estudos de repelência se estende para a alteração nos processos hidrogeomorfológicos causados pelo fogo em vertentes e bacias de drenagens. Após o fogo, têm sido observadas alterações e anomalias na infiltração da água no solo, e o aumento do escoamento superficial, da erosão em vertentes, da vazão de canais fluviais e do pico de cheia (De Bano, 2000b).

Martin & Moody (2001) verificaram redução na infiltração em áreas submetidas ao fogo em comparação a áreas não queimadas. Benevides-Solorio & MacDonald (2001) constataram forte aumento do

escoamento e erosão em áreas queimadas com diferentes intensidades de fogo. A produção de sedimento aumentou de 10 para 26 vezes em parcelas localizadas em local severamente queimado em comparação a local não queimado ou levemente afetado pelo fogo.

Thomaz (2005) constatou aumento no escoamento superficial e alta produção de sedimento em área queimada. O autor verificou que num evento pluviométrico ocorrido após um mês da área ter sido queimada algumas parcelas chegaram a registrar coeficiente de escoamento de 21,8%, enquanto que a média de parcelas em área não queimada foi de 4%. Entretanto, nesse estudo não foi confirmado se tal comportamento foi causado devido à formação de repelência. A hipótese mais provável indicada foi que o aumento no escoamento superficial e a erosão ocorreram devido ao bloqueio da porosidade superficial causado pelas cinzas (resto de queimada).

O objetivo deste trabalho foi analisar e descrever o comportamento da repelência em solos temperado e tropical, submetidos a diferentes temperaturas e avaliar o comportamento da repelência dos agregados do solo em suas diferentes granulometrias. Além disso, indiretamente buscou-se entender empiricamente o processo de repelência no sentido de responder a uma lacuna de pesquisa encontrada durante experimentos conduzidos em Guarapuava – PR.

MATERIAL E MÉTODO

Delineamento experimental

O experimento foi realizado utilizando-se dois tipos de solo, um de ambiente temperado e outro de ambiente tropical. As características dos materiais avaliados podem ser observadas no quadro 1.

As amostras, seca-ao-ar foram peneiradas por 30 segundos em agitador de peneira eletromecânico para separar as classes de agregados. Posteriormente, uma quantidade de 50 g de solo (classe de agregados) foi aquecida em um forno mufla. As amostras foram avaliadas de acordo com as seguintes classes granulométricas: 2,8 mm; 2,0 mm; 1,0 mm; 0,5 mm; 0,25 mm e solo (partículas misturadas) em que todas as granulometrias foram avaliadas em conjunto, com exceção dos agregados maiores que 2,8 mm que foram retirados.

Em ensaios de laboratório têm-se aplicado temperaturas com diferentes tempos de duração 5, 10 e 20 minutos (Letey, 2001) e 30 minutos (Garcia-Corona *et al.*, 2004). No presente estudos foram utilizados os tempos de 10 e 20 minutos. Assim, os agregados foram submetidos as seguintes temperaturas: controle temperatura ambiente, 200°C e 300°C por 20 minutos e 580°C durante 10 minutos. Após a retirada das amostras do forno, elas permaneceram em temperatura aproximada de 22°C por 24 horas.

Passado esse tempo as amostras foram preparadas em pequenos pratos de plástico com aproximadamente 6 cm de diâmetro e com 1 cm de altura de borda.

A técnica utilizada para determinar a repelência no solo foi o tempo WDPT (*Water Drop Penetration Time*), proposta por Letey (1969) citado por Doerr (1998). A referida técnica é aplicada extensivamente no estudo de repelência de água, tanto em estudos conduzidos em laboratório como em campo. Essa técnica consiste em se colocar uma gota de água destilada sobre a superfície do solo e registrar com cronômetro o tempo que a gota leva para penetrar ou se perder por evaporação quando encontra dificuldade para infiltrar-se. A tabela 1 mostra uma proposição para se classificar o grau de repelência do solo que foi utilizada como base nesse ensaio.

Tabela 1 - Limite do tempo de penetração da gota de água para classificação de repelência do solo (Bisdorn *et al.*, 1993)

Classificação	Tempo em segundos
Hidrofílico	< 5
Ligeiramente hidrofóbico	5 – 60
Fortemente hidrofóbico	60 – 600
Severamente hidrofóbico	600 – 3600
Extremamente hidrofóbico	> 3600

Fonte: Doerr (1998, p.664)

Dessa forma, após os procedimentos descritos anteriormente, o material era acondicionado nos pratos plásticos formando uma camada entre 0,3 a 0,5 cm. A partir da borda livre do prato (0,5 cm) a gota era solta sobre a superfície. Essa altura foi mantida como referência para evitar o aumento da energia cinética das gotas. Os agregados maiores que 2,8 mm e mesmos os maiores que 2,0 mm puderam ser avaliados individualmente.

Quadro 1 – Características dos locais e do material avaliado

Características	Canadá (Saskatchewan)	Quênia (Eldume)
Clima	¹ Clima regional frio continental, média de temperatura em janeiro (-20 °C) e em julho (20 °C). Precipitação média anual 350 mm, 30% precipita em forma de neve. O regime de umidade é marcado por transição entre semi-árido e sub-úmido. Vegetação predominante: campos-pradaria (gramíneas).	³ Tropical semi-árido; precipitação anual média 650 mm. Possui regime sazonal de chuva com estação chuvosa entre abril e agosto. Ocorre forte desvio da precipitação anual (30%). Secas normais entre 3 e 4 anos de recorrência e secas severas uma a cada 10 anos. Vegetação predominante: savana.
Solo	² Litologia (Loess). Swinton silt loam (black chernozem) (Chenossolo). Areia 38,36%; Silte 42,96%; Argila 19,67%. Argila predominante esmectita.	³ Unidade geomorfológica Njemps Flats formado por depósitos flúvio-lacustre. Relevo plano variando entre 0.5° a 1° de declividade. Predominância de Fluviossolo com aproximadamente 8% de areia, 44% de silte e 48% de argila. Argila predominante esmectita.
⁴ Granulometria	%	%
>2,80 mm	21,9	25,3
2,00 mm	6,5	7,6
1,00 mm	11,9	12,3
0,50 mm	13,1	14,0
0,25 mm	15,1	15,7
<0,25 mm	31,5	25,0
Total	100,0	100,0

Fonte: ¹Martz (1992); ²Bryan (1996); ³Bryan (1994); ⁴(este estudo).

A gota foi produzida com uma seringa e agulha hipodérmica. As gotas produzidas pela seringa foram relativamente homogêneas com 0,0293 g (n=7; C.V 9%). Em cada avaliação foram aplicadas 15 gotas, sendo que a partir desse total obteve-se a média de tempo gasto para a penetração. O processo de penetração da gota foi acompanhado por meio de um microscópio.

RESULTADO

Repelência de água em solo temperado (Swinton)

Os dados apresentaram alta variação, acima dos 30% (Tabela 2). Houve tendência de diminuição da variação nos testes realizados a partir do tratamento solo (mistura de partículas) para os agregados menores (0,25 mm), bem como, houve menor variação nos dados à medida que houve o au-

mento da temperatura devido à “homogeneização” da resposta do material, sobretudo nas frações menores.

No geral o tempo de penetração da gota de água (WDPT) aumentou na medida em que os testes passaram da avaliação feita no solo para os menores agregados, independentemente do incremento da temperatura ($r^2 = 0,79$).

De modo contrário, ocorreu diminuição no tempo WDPT a partir do teste de controle (temperatura ambiente) para as maiores temperaturas ($r^2 = 0,70$). Esse comportamento foi observado em todo tipo de granulometria avaliada, ou seja, desde a avaliação feita no solo até nos menores agregados (0,25 mm).

A temperatura influenciou o tempo de penetração da gota de água no material avaliado. Haja vista, que o ensaio de controle se diferenciou dos demais ensaios em todas as frações granulométricas, assim como, nas diferentes temperaturas aplicadas.

Tabela 2 - Repelência de água em solo (Swinton) submetido a diferentes temperaturas, Saskatchewan, Canadá.

Material avaliado	Tratamento			
	Controle ¹ WDPT (s)	200°C WDPT (s)	300°C WDPT (s)	580°C WDPT (s)
Solo*	² 4,0±1,1 ³ a ⁴	2,0±0,8b	2,0±1,1b	1,3±0,5b
> 2,80 mm	24,0±17,9a	1,6±0,8b	0,4±0,2b	0,4±0,2b
2,00 mm	15,6±3,9a	3,7±2,0b	3,2±1,3b	5,2±2,2b
1,00 mm	47,5±19,7a	16,7±5,2b	5,5±1,4c	9,7±3,3bc
0,50 mm	235,7±57,4a	112,0±35,9b	9,7±2,5c	16,8±3,3c
0,25 mm	195,0±57,2a	256,1±79,9b	8,6±1,6c	15,0±3,8c

Nota: *Neste material foi retirado os agregados $\geq 2,8$ mm; ¹Tempo de penetração da gota de água em segundos; ²Média referente a 15 amostras (gota); ³Desvio padrão; ⁴Linha (média) seguida de mesma letra minúscula não difere entre si ao nível de 5% estabelecido pelo *Teste de Tukey*. A linha compara os tratamentos em cada temperatura submetida.

O material de controle foi hidrofílico quando as partículas foram testadas em conjunto, com exceção dos agregados maiores ou iguais a 2,8 mm, que foram excluídos das análises. Posteriormente, houve aumento da repelência nas demais frações. Praticamente foi eliminada a hidrofobia no solo, sobretudo, nos agregados de 2,80 e 2,0 mm quando foi aplicada temperatura igual ou superior a 200°C. Houve forte redução no tempo de penetração da gota de água nos agregados iguais ou inferiores a 1,0 mm, especialmente nas temperaturas de 300 e 580°C.

Repelência de água em solo tropical (Fluviossolo)

Os dados apresentaram coeficiente de variação muito alto, em torno dos 40% (Tabela 3). Houve tendência de diminuição da variação nos testes realizados a partir do tratamento solo (mistura de partículas) para os agregados menores (0,25 mm). Houve ligeira diminuição na variação nos dados à medida que houve aumento da temperatura. As maiores variações no tempo WDPT ocorreu nos agregados maiores ou iguais a 2,8 mm.

O tempo WDPT aumentou na medida em que os testes passaram da avaliação feita no solo para os agregados médios e intermediários. Posteriormente ocorreu significativa redução do tempo WDPT na fração 0,25 mm. Tal comportamento ocorreu independentemente do incremento da temperatura ($r^2 = 0,68$). Todavia, esse padrão tendeu a se acentuar com o aumento da temperatura, em particular, nas duas maiores temperaturas do ensaio.

Ocorreu aumento do tempo WDPT a partir do teste de controle (temperatura ambiente) realizados em agregados maiores ou iguais a 2,8 mm à medida que houve aumento das temperaturas ($r^2 =$

0,82). Aliás, esse padrão foi mais acentuado nas frações entre 2,0 e 0,25 mm. O teste realizado no material solo teve resposta diferente dos materiais anteriores. Já que, o tempo WDPT foi maior no teste de controle, em seguida, ocorreu diminuição da repelência, nas temperaturas de 200°C e 300°C, sendo que o tempo WDPT voltou a aumentar na última temperatura.

O material avaliado em condições ambiente apresentou-se ser hidrofílico em todas as frações granulométricas avaliadas. Por outro lado, a temperatura influenciou o tempo de penetração da gota de água no material avaliado. Nota-se que, o ensaio de controle diferenciou-se dos demais em quase todas as frações granulométricas, assim como, nas diferentes temperaturas aplicadas.

O solo e os agregados maiores ou iguais a 2,8 mm tiveram comportamento semelhante, independentemente do aumento da temperatura. Não houve diferença significativa nestes ensaios.

Em contrapartida, ocorreu aumento do tempo WDPT nas frações dos agregados entre 2,0 a 0,25 mm à medida que houve o aumento da temperatura. O tempo WDPT aumentou fortemente nas duas últimas temperaturas, resultando em diferenças significativas em relação ao material de controle.

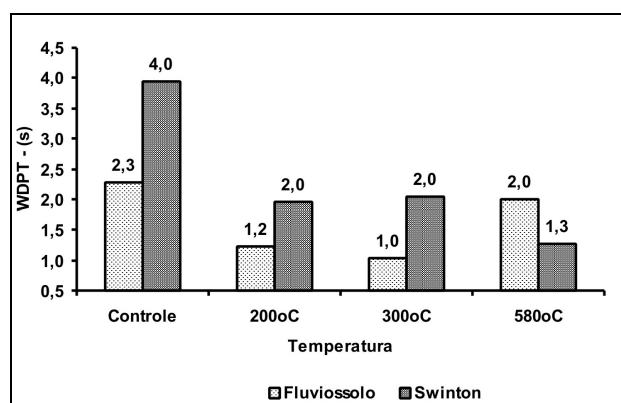
Ao se analisar qualitativamente o tempo WDPT nos materiais dos dois ambientes observou-se que ocorreu resposta diferente no solo temperado e tropical. O tempo WDPT foi sempre mais lento no solo temperado, mantendo-se uma relação do dobro de tempo em comparação ao solo tropical (Figura 1). Contudo, ambos os solos tiveram comportamento hidrofílico. Apesar disso, apresentaram resposta ao efeito da temperatura (Tabelas 2 e 3). O solo temperado (Swinton) tendeu a reduzir o tempo WDPT do teste de controle para a maior temperatu-

Tabela 3 - Repelência de água em solo submetido a diferentes temperaturas (Fluviossolo), Eldume, Quênia.

Material avaliado	Tratamento			
	Controle	200°C	300°C	580°C
	¹ WDPT (s)	WDPT (s)	WDPT (s)	WDPT (s)
Solo*	² 2.3±0,6 ³ a ⁴	1.2±0,3a	1.0±0,6b	2.0±1,1a
≥ 2,80 mm	1.6±0,9a	1.2±1,0a	1.2±0,7a	2,5±2,5a
2,00 mm	2.6±1,1a	4.1±1,9a	20.0±9,1b	32.5±19,5c
1,00 mm	3.1±0,7a	9.0±4,4b	31.2±7,1c	36.5±8,5c
0,50 mm	2.0±0,8a	7.9±3,2b	31.4±6,3c	33.8±6,0c
0,25 mm	1.2±0,4a	2.4±0,9a	14.4±5,5b	21.5±4,9c

Nota: *Neste material foi retirado os agregados ≥2,8 mm; ¹Tempo de penetração de gota de água em segundos; ²Média referente a 15 amostras (gota); ³Desvio padrão; ⁴Linha (média) seguida de mesma letra minúscula não difere entre si ao nível de 5% estabelecido pelo *Teste de Tukey*. A linha compara os tratamentos em cada temperatura submetida.

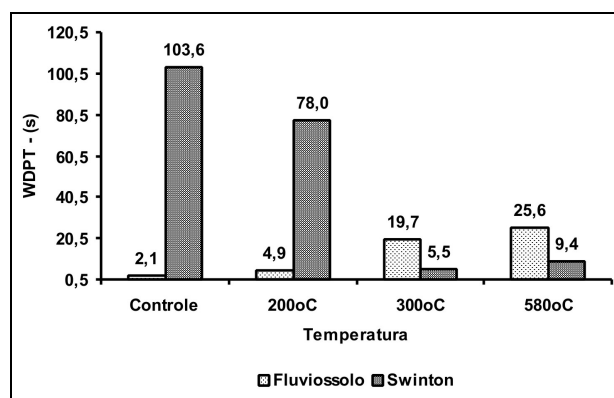
ra. Enquanto, no solo tropical (Fluviossolo) ocorreu diminuição do tempo WDPT nas temperaturas de 200 e 300°C e aumento nas demais.



Nota: O material utilizado foi o solo conforme tabelas 2 e 3.

Figura 1 – Comparação do tempo WDPT entre os solos avaliados de acordo com a temperatura

A figura 2 tem por objetivo apresentar o comportamento qualitativo do tempo WDPT entre os agregados do solo tropical (Fluviossolo) e temperado (Swinton). Nitidamente, verifica-se que o efeito da temperatura teve resposta distinta nos dois solos. Por um lado, o solo temperado passou do estado de forte repelência para comportamento hidrofílico, por outro, o solo tropical teve comportamento oposto, isto é, passou de uma resposta hidrofílica para um comportamento hidrofóbico (Figura 2).



Nota: Os resultados do tempo WDPT são referentes à média obtida a partir das diferentes frações granulométricas (a exceção do solo), conforme tabela 2 e 3.

Figura 2 – Comparação do tempo WDPT entre os materiais avaliados em suas diferentes frações granulométricas de acordo com a temperatura.

DISCUSSÃO

A temperatura teve influência na repelência nos materiais avaliados. Contudo, o comportamento dos dois solos foi diferente. O solo de ambiente temperado tendeu a reduzir a velocidade do tempo WDPT, enquanto que o solo tropical tendeu a aumentar o tempo WDPT, sobretudo, nas menores partículas. Argumenta-se que a resposta hídrica de ambos os solos pode estar ligada a processos distintos, como será apontado adiante.

O delineamento experimental influenciou a resposta dos materiais, uma vez que, ao se fracionar

os solos em diferentes classes de agregados ocorreram diferenças na repelência em cada material, quando comparado com o tratamento denominado solo (mistura de partículas).

Não se verificou processo de intensificação da repelência do solo canadense, quando se aplicou temperatura de 200°C, conforme descrito na literatura (De Bano, 2000b; Garcia-Corona *et al.*, 2004). A resposta foi contrária, já que na temperatura 200°C houve redução na repelência. As temperaturas maiores ou iguais a 350°C indicam limite em que ocorre a destruição da repelência (De Bano, 2000b; Letey, 2001). Este fato concorda com a resposta observada nas temperaturas de 300 e 580°C, em que o referido solo, tendeu a ter menor repelência nos agregados menores e ser hidrofílico no tratamento de controle e nos agregados maiores.

A hidrofobia tem sido documentada extensivamente em solos mais arenosos com propriedades granulométricas grosseiras, já que esse tipo de solo tem partículas com superfície específica menor do que os solos de textura mais fina (solos argilosos) (De Bano, 1981, citado por Huffman *et al.*, 2001). Huffman *et al.*, (2001) verificaram aumento de hidrofobia à medida do aumento da porcentagem de areia. O padrão observado no solo *Swinton silt loam* (*black chernozem*, Canadá) se assemelha ao verificado na literatura.

Por outro lado, alguns argilominerais têm habilidade de impedir a repelência. Este fato pode estar ligado à propriedade de expansão-contracção (ciclos de umedecimento-ressecamento) própria de algumas argilas. Assim, durante esse processo, os elementos orgânicos (película) depositados sobre os minerais ou na superfície e interstícios dos agregados são rompidos. O argilomineral caulinita tem essa propriedade (Dlapa *et al.*, 2004). McKissock *et al.* (2000) também relatam a maior ocorrência de repelência em solos de textura arenosa. Por outro lado, o adicionamento de caulinita reduziu significativamente a repelência dos solos.

Portanto, é possível que solos argilosos ricos em argilominerais com propriedades expansivas não desenvolva repelência. Entretanto, a temperatura pode mudar várias propriedades do solo não só as ligadas a repelência (matéria orgânica). O fogo afeta as propriedades físicas (tamanho e distribuição dos poros, estabilidade dos agregados) e químicas (mineralogia e pH) (Doerr & Cerdá, 2005).

Farwig *et al.* (2004) verificaram que ocorre aumento das propriedades magnéticas dos minerais do solo nas temperaturas 100–200°C, sendo que o aumento foi significativo em temperaturas acima de 550°C. Os autores sugerem ainda que esse compor-

tamento pode servir como elemento traço (*finger-print*) para se verificar o efeito de queimadas e erosão do solo.

O aumento do tempo WDPT nos agregados entre 2,0 a 0,25 mm do solo tropical (Fluviossolo) pode estar ligado à descrição anterior. O tempo WDPT nesses agregados começou a aumentar na temperatura de 200°C e acentuou-se nas duas maiores temperaturas, 300 e 580°C, notadamente nesta última. A partir dessas temperaturas, os agregados desse solo ficaram endurecidos, semelhantes à *durricrust* (concreções ferruginosas) encontrados particularmente em solos tropicais (Thomas, 1994). Esse comportamento pode ter levado à mudança físico-química (“cimentação”) na estrutura dos agregados dificultando a penetração da água. Assim, se por um lado, o comportamento do solo de textura mais grosseira (*Swinton silt loam*) foi a de responder com a diminuição do tempo WDPT, por outro, o solo de textura mais argilosa (Fluviossolo) teve resposta contrária.

Seguindo um pouco além do escopo deste trabalho no sentido de responder a lacuna apresentada por Thomaz (2005), argumenta-se que em Guarapuava (zona subtropical úmida) o efeito do fogo tende a ter comportamento semelhante ao verificado no solo de textura mais argilosa (Fluviossolo).

Em Guarapuava o material resultante da decomposição química do basalto é genericamente classificado como ferralsolo (processo de ferralitização, laterização ou latolização) (Melfi & Pedro, 1977, 1978). O principal argilomineral do solo é a caolinita e subsidiariamente a gibbsita, sendo que a porcentagem de argila chega a ser superior a 70%. Se por um lado, como verificado, as argilas podem inibir a repelência, por outro, os agentes estabilizadores dos agregados são principalmente os óxidos (ferro e alumínio), além da matéria orgânica. Dessa forma, esse material ao ser submetido ao fogo leva a mudança física-química dos agregados provocando a formação de *durricrust* (endurecimento dos agregados), e por extensão, pode alterar a resposta à penetração de água. Essa possibilidade deverá ser verificada em estudos a ser realizado em solos submetidos a queimadas periódicas na região de Guarapuava.

CONCLUSÕES

1. A temperatura afetou o tempo WDPT de ambos os solos testados em laboratório.

2. O comportamento dos dois solos foi diferente. O solo temperado de textura arenosa tendeu a reduzir o tempo WDPT à medida que houve aumento da temperatura. O solo de textura mais argilosa apresentou aumento do tempo WDPT à medida que houve aumento da temperatura.
3. A textura do solo pode ter influenciado a resposta dos materiais submetidos a diferentes temperaturas.
4. O delineamento experimental, isto é, o teste da repelência em diferentes classes de agregados e solo (mistura de partículas) conduziu a respostas distintas dentro do próprio material avaliado.
5. O tempo WDPT mostrou-se uma técnica simples, porém, eficiente para se detectar a repelência de água no solo. Este procedimento deverá ser aplicado em pesquisas futuras em solos brasileiros.

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-Graduação em Geografia Física da Universidade de São Paulo, que por meio de bolsa de doutoramento (CNPq), permitiu que esta pesquisa fosse realizada. Ao Prof. Rorke B. Bryan (Universidade de Toronto) pela orientação durante a pesquisa.

REFERÊNCIAS

- BENEVIDES-SOLORIO, J. & MACDONALD, L. H. (2001). Post-fire runoff and erosion from simulated rainfall on small plots, Colorado Front Range. *Hydrological Processes*, n. 15, 2931-2952.
- BISDON, E. B.A., DEKKER, L. W., SHOUTE, J. F. T. (1993). Water repellency of sieve fractions from sandy soil and relationships with organic material and soil structure. *Geoderma*, 56, 105-118.
- BRYAN, R. B. (Editor) (1994) Soil erosion, land degradation and social transition: geoecological analysis of semi-arid tropical region, Kenya. *Advances in geoecology*, n. 27, *Catena*, p. 71-96.
- BRYAN, R. B. (1996) Erosional response to variations in interstorm weathering conditions. In: Anderson, M. G. & Brooks, S. M. *Advances in hillslope processes*, v. 1. New York: John Wiley & Sons, 1996. p. 589-612.
- DE BANO, L. F. (1981). Water repellent soils: a state-of-the-art. *USDA Forest Service General Technical Reports PS W-46*, 21p.
- DE BANO, L. F. (2000a). The role of fire and soil heating on water repellency in wildland environments: a review. *Journal of Hydrology*, n. 231-232, p. 195-206.
- DE BANO, L. F. (2000b). Water repellency in soils: a historical overview. *Journal of Hydrology*, n. 231-232, p. 4-32.
- DLAPA, P., DOERR, S.H., LICHNER, L., ŠÍR, M., TESAŘ M. (2004). Effect of kaolinite and Ca-montmorillonite on the alleviation of soil water repellency. *Plant and Soil Environment*, 50(8), 358-363.
- FARWIG, V.J., DOERR, S.H., BLAKE, W.H. & SHAKESBY, R.A. (2004). The effects of heating on mineral magnetic enhancement of soils: a case study using Australian soils. *Geophysical Research Abstracts*, 6.
- DOERR, S. H. (1998). On standardizing the 'water drop penetration time' and the 'molality of an ethanol droplet' techniques to classify soil hydrophobicity: a case study using medium textured soils. *Earth Surf. Process. Landforms*, 23, 663-668.
- DOERR, S. H., DOUGLAS, P., EVANS, R. C., MORLEY, C. P., MULLINGER, N. J., BRYANT, R., SHAKESBY, R. A. (2005). Effects of heating and post-heating equilibration times on soil water repellency. *Australian Journal of Soil Research*, 43, 261-267.
- DOERR S.H. & CÉRDA, A. (2005). Fire effects on soil system functioning: new insights and future challenges. *International Journal of Wildland Fire*, 14(4), 339-342.
- HUFFMAN, E. L., MACDONALD, L. H., STEDNICK, J. (2001). Strength and persistence of fire-induced soil hydrophobicity under ponderosa and lodgepole pine Colorado Front Range. *Hydrological Processes*, 15, 2877-2892.
- GARCIA-CORONA, R., BENITO, E., DE BLAS, E. & VARELA, M. E. (2004). Effects of heating on some soil physical properties related to its hydrological behavior in two north-western Spanish soil. *International Journal of Wildland Fire*, n. 13 (2), p. 195 - 199.
- LETEY, J. (1969). Measurement of contact angle, water drop penetration time and critical surface tension. *Proceedings of the Symposium on Water-Repellent Soils*, 6-10 May 1968, University of California, Riverside, 43-47.
- LETEY, J. (2001). Causes and consequences of fire-induced soil water repellency. *Hydrological Processes*, 15, 2867-2875.
- McKISSOCK, I.; WALKER, E. L.; GILKES, R. J. & CARTER, D. J. (2000). The influence of clay type on reduction of water repellency by applied clays: a review of some West Australian work. *Journal of Hydrology*, n. 231-232, p. 323-332.
- MARTIN, D. A. & MOODY, J. A. (2001). Comparison of soil infiltration rates in burned and unburned mountain-

- ous watersheds. *Hydrological Processes*, 15, 2893–2903.
- MARTZ, L. W. (1992). The variation of soil erodibility with slope position in a cultivated Canadian prairie landscape. *Earth Surf. Process. Landforms*, n. 17: 543–556.
- MELFI, J. A. & PEDRO, G. (1977). Estudo geoquímico dos solos e formações superficiais do Brasil. Parte 1 – Caracterização e repartição dos principais tipos de evolução pedogeoquímica. *Revista Brasileira de Geociências*, 7, 271–286.
- MELFI, J. A. & PEDRO, G. (1978). Estudo geoquímico dos solos e formações superficiais do Brasil. Parte 2 – Considerações sobre os mecanismos geoquímicos envolvidos na alteração superficial e sua repartição no Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, 8, 11–22.
- THOMAS, M. F. (1994). *Geomorphology in the tropics: a study of weathering and denudation in low latitudes*. England: John Wiley & Sons, 433p.
- THOMAZ, E. L. (2005) Processos hidrogeomorfológicos e o uso da terra em ambiente subtropical – Guarapuava – PR. São Paulo, 297 f. Tese (Doutorado em Ciência, área Geografia Física) – Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.

Effect of Temperature on Water Repellency in Soil: Laboratory Tests

ABSTRACT

This work describes soil behavior in relation to the effect of temperature on water repellency. Two soils were tested in the laboratory (temperate-Canada and tropical-Kenya). Soils were submitted at different temperatures: control ambient temperature, 200°C, 300°C and 580°C. Water Drop Penetration Time methodology was used to measure the degree of water repellency. Results indicated that the temperature affected the water drop penetration time in both soils; however, the repellency behavior was different in each soil. Water drop penetration time in the sandy temperate soil (Swinton) tended to diminish as temperature rose. On the other hand, the clayey tropical soil (Fluvisols) showed a water drop penetration time increasing and following the temperature gradient. Soil texture may have influenced the material behaviors submitted to different temperatures. Water Drop Penetration Time proved to be a simple technique, but efficient at detecting soil water repellency. This procedure should be applied in future research.

Keywords: temperature, temperate soil, tropical soil, water repellency.