



Identificação de Repelência à Água em Solos sob Plantios Florestais

Cláudia M. B. F. Maia¹
Renato Dedecek²
Caio S. Malucelli³

INTRODUÇÃO

A repelência à água, ou hidrofobicidade, em solos reduz sua afinidade pela água de tal maneira que os solos resistem ao umedecimento por períodos que variam de segundos a semanas. Este fenômeno leva à redução na capacidade de infiltração de água no solo, aumento do fluxo superficial, erosão acelerada e padrões de infiltração não uniformes. O revestimento do material mineral com material orgânico hidrofóbico é aceito como sendo uma das mais importantes causas da repelência. Tipos particulares de vegetação estão associadas com a produção de substâncias hidrofóbicas, especialmente espécies de árvores com considerável quantidade de resinas, ceras e óleos aromáticos, tais como as dos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus* (DOERR et al., 2000).

A hidrofobicidade nos solos vem sendo observada em várias regiões do mundo, tendo sido primeiramente descrita em condições de clima semiárido e subtropical e, mais recentemente, foram reportadas ocorrências em outras condições climáticas (BUCZKO et al. 2005). No Brasil, existem registros de solos hidrofóbicos no Espírito

Santo, no Rio de Janeiro, no Maranhão, Mato Grosso e no Pará (PÉREZ et al. 1998; JOHNSON et al., 2005) sob diversos tipos de vegetação, porém em plantios florestais não há registros de solos repelentes à água.

A repelência do solo à água é função de muitos fatores, tais como a quantidade e qualidade da matéria orgânica do solo, o histórico de chuvas e secas, a umidade relativa do ar, a textura e a umidade do solo. A dependência destes diversos fatores leva à uma variabilidade espacial e temporal expressiva desse fenômeno (BUCZKO et al., 2005).

O objetivo deste trabalho foi caracterizar solos sob plantios de espécies florestais quanto à repelência à água em diferentes condições de umidade.

MATERIAL E MÉTODOS

Após a remoção da camada de serapilheira (Figura 1), foram coletadas amostras de solos em 16 locais, na profundidade de 0 a 5 cm, das regiões Sul e Sudeste do Brasil (Quadro 1), que foram avaliadas para a

¹ Engenheira-Agrônoma, Doutora, Pesquisadora da *Embrapa Florestas*. maia@cnpf.embrapa.br

² Engenheiro-Agrônomo, Doutor, Pesquisador da *Embrapa Florestas*. dedecek@cnpf.embrapa.br

³ Estudante de graduação de Agronomia da Universidade Federal do Paraná. caio_malucelli@hotmail.com

caracterização química e física, segundo métodos recomendados pela Embrapa (1997).



Figura 1. Solo sob *Pinus taeda* durante coleta de amostras, em Pirai do Sul, PR.

As amostras foram secas a 40° C e peneiradas (malha de 2 mm). Após a medida do grau de repelência, a amostra foi seca a 110° C e novamente avaliada. Todas as amostras foram analisadas quanto à granulometria, ao teor de carbono (EMBRAPA, 1997) e ao pH em CaCl₂. Para se estimar o grau de repelência do solo à água, utilizaram-se os dois métodos descritos em King (1981), citado por Pérez et al. (1998). O primeiro método, tempo de penetração de gotas de água ("water drops penetration time" ou WDPT), consistiu na aplicação de duas gotas de água (em torno de 40µL), com uma pipeta de Pasteur, onde mediu-se o tempo que essas gotas levaram para penetrar na amostra (Figura 2). O grau de repelência foi atribuído de acordo com o Quadro 2, segundo Bisdom et al. (1993), citado por Doerr (1998).



Figura 2. Método do tempo de penetração de gotas de água.

Tabela 1. Identificação dos solos analisados quanto ao grau de repelência à água.

Amostra	Localização	Classe de solo	Vegetação
1	Agudos, SP	Latossolo Vermelho	<i>Pinus caribea</i>
2	Itatinga, SP	Latossolo Vermelho Amarelo	<i>Eucalyptus grandis</i>
3	Itapetininga, SP	Latossolo Vermelho	<i>Pinus elliotii</i>
4	Cambará, RS	Cambissolo	<i>Pinus taeda</i>
5	Pirai do Sul, PR	Cambissolo	<i>Pinus taeda</i>
6	Pirai do Sul, PR	Cambissolo	<i>Pinus taeda</i>
7	Pirai do Sul, PR	Cambissolo	<i>Pinus taeda</i>
8	Pirai do Sul, PR	Cambissolo	<i>Pinus taeda</i>
9	Pirai do Sul, PR	Cambissolo	<i>Pinus taeda</i>
10	Pirai do Sul, PR	Cambissolo	campo
11	Ponta Grossa, PR	Latossolo Vermelho	<i>Eucalyptus dunnii</i>
12	Ponta Grossa, PR	Latossolo Vermelho	<i>Acácia mearnsii</i>
13	Ponta Grossa, PR	Latossolo Vermelho	<i>Pinus patula</i>
14	Ponta Grossa, PR	Latossolo Vermelho	<i>Cupressus japonica</i>
15	Ponta Grossa, PR	Latossolo Vermelho	<i>Grevilea robusta</i>
16	Ponta Grossa, PR	Latossolo Vermelho	<i>Pinus greggii</i>

O segundo método, molaridade de gotas de etanol ("molarity of ethanol droplets" ou MED), baseia-se na aplicação de duas gotas de solução de etanol (em torno de 40 µL), também com uma pipeta de Pasteur, de concentração conhecida, variando de 0 a 5 mol/L, com incrementos de 0.2 mol/L, realizando a medição do tempo para a absorção das gotas pelo solo. A repelência será representada pela molaridade da solução etanólica a partir da qual as gotas penetram na superfície da amostra em menos de 10 segundos. Este teste foi realizado para as amostras que apresentaram repelência do solo à água no método WDPT (> 10 segundos).

Para avaliar o efeito da umidade no grau de repelência, foram realizados testes em amostras indeformadas. Foram coletados solos em anéis de Kopecky nos mesmos pontos de amostragem, visando manter a estrutura intacta. Estes anéis foram submetidos à análise apenas pelo método WDPT, em diversas pressões (6 kpa, 10 kpa, 100 kpa e 1500 kpa), também foram secos à 40° C e 110° C e então realizado o teste de repelência.

Tabela 2. Classificação do grau de repelência, segundo Bisdom et al. (1993).

Classificação	Grau de repelência (segundos)
Hidrofílico	< 5
Levemente Hidrofóbico	5 – 60
Fortemente Hidrofóbico	60 – 600
Severamente Hidrofóbico	600 – 3600
Extremamente Hidrofóbico	> 3600

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos pelos testes WDPT e MED nas 16 amostras encontram-se no Quadro 3 e algumas propriedades químicas e físicas e o grau de repelência no Tabela 4.

Observa-se no Tabela 3 que a repelência pode ocorrer tanto em solos sob serapilheira de pinus quanto de eucalipto, e independe do tipo de solo - latossolo ou cambissolo -, embora estas duas classes de solo possam apresentar características morfológicas muito semelhantes. O solo pode atingir níveis de umidade semelhantes ao obtido com a secagem a 40°C naturalmente, principalmente nos meses de verão após corte raso de um plantio florestal. A secagem a temperaturas mais altas não alterou a hidrofobicidade do solo à água, apenas intensificou o grau de repelência. Este resultado poderia ser explicado pelo aumento no alinhamento de moléculas anfifílicas, isto é, moléculas que possuem natureza tanto hidrofóbica como hidrofílica com a superfície mineral do solo. Outra possibilidade é que, durante o aquecimento, as ceras da matéria orgânica

particulada migram até os minerais da superfície, induzindo ao aumento da hidrofobicidade da amostra (DOERR et al., 2000).

Observa-se que o conteúdo de areia do solo é um fator muito importante no aparecimento da repelência do solo à água, exemplificado no Quadro 4 pela amostra 2 obtida em plantio de *Eucalyptus grandis* em solo com 950 g kg⁻¹ de areia. Solos com teor um pouco mais alto de argila (entre 114 e 210 g kg⁻¹) e teor de C entre 10, 88 e 24, 21 g dm⁻³, como as amostras 3, 6, 9, 10, 14 e 15, por outro lado se apresentam hidrofílicas, mostrando a importância da argila na quebra da repelência à água. Em solo com teor menor de areia, mas com maiores teores de carbono orgânico, a repelência volta a ser evidente, como se observam nas amostras 5, 7 e 8 obtidas em plantios de *Pinus taeda*. O aumento do conteúdo de carbono orgânico no solo em plantios desta espécie, em solos com dominância da fração areia, intensificou a repelência do solo à água. A amostra 11, solo sob *Eucalyptus dunnii*, mostra que o teor de argila mais alto e teor de carbono mais baixo não foram suficientes para quebrar a repelência, ressaltando a influência do material vegetal no grau de repelência.

Tabela 3. Repelência do solo à água, determinada através do método do tempo de penetração de gotas de água (WDPT) e do método das gotas de etanol (MED), em amostras secas a 40° C e 110° C.

Amostra	40° C			110° C		
	WDPT (s)	MED (mol/L)	Grau de Repelência	WDPT (s)	MED (mol/L)	Grau de Repelência
1. <i>P. caribea</i>	01	-	Hidrofílico	01	-	Hidrofílico
2. <i>E. grandis</i>	10	0.2	Levemente hidrofóbico	144	0.8	Fortemente Hidrofóbico
3. <i>P. elliotii</i>	01	-	Hidrofílico	01	-	Hidrofílico
4. <i>P. taeda</i>	01	-	Hidrofílico	02	-	Hidrofílico
5. <i>P. taeda</i>	>36 00	3.6	Extremamente Hidrofóbico	> 3600	3.0	Extremamente Hidrofóbico
6. <i>P. taeda</i>	01	-	Hidrofílico	01	-	Hidrofílico
7. <i>P. taeda</i>	295	1.0	Fortemente Hidrofóbico	1057	1.2	Severamente Hidrofóbico
8. <i>P. taeda</i>	430	1.0	Fortemente Hidrofóbico	1513	1.6	Severamente Hidrofóbico
9. <i>P. taeda</i>	01	-	Hidrofílico	01	-	Hidrofílico
10. <i>P. taeda</i>	01	-	Hidrofílico	01	-	Hidrofílico
11. <i>E. dunnii</i>	10	0,2	Levemente Hidrofóbico	173	0,8	Fortemente Hidrofóbico
12. <i>A. mearnsii</i>	01	-	Hidrofílico	01	-	Hidrofílico
13. <i>P. patula</i>	01	-	Hidrofílico	01	-	Hidrofílico
14. <i>C. japonica</i>	01	-	Hidrofílico	01	-	Hidrofílico
15. <i>G. robusta</i>	01	-	Hidrofílico	01	-	Hidrofílico
16. <i>P. greggii</i>	01	-	Hidrofílico	01	-	Hidrofílico

Os graus máximos de repelência são observados em três amostras de solo com teores de areia entre 600 a 750 g kg⁻¹ e teores de carbono orgânico entre 30 e 45 g dm⁻³. Por outro lado, as amostras com teores mais elevados de argila (4, 12 e 13) não apresentaram hidrofobicidade, independentemente da espécie florestal plantada, o que está de acordo com a literatura (REF). A hidrofobicidade está presente em solos arenosos com elevado teor de C (amostras 5, 7 e 8) e ausente em solos arenosos com baixo teor de C (amostras 2 e 11 – levemente hidrofóbicos). A amostra com maior teor de argila (4), apesar do maior teor de C, não apresentou hidrofobicidade.

Algumas amostras indeformadas de solo foram submetidas a tensões crescentes para inferir sobre a influência do teor de água na hidrofobicidade do solo. A primeira constatação é de que a amostra 3, obtida em plantio de *Pinus elliottii*, mantida a estrutura original do solo, apresentou hidrofobicidade elevada (Tabela 5), quando comparada com a apresentada no Tabela 3. Esta condição foi observada mesmo nas tensões baixas, mostrando a influência da estrutura na repelência à água pelo solo.

Tabela 4. Grau de repelência e características químicas e físicas do solo seco a 40° C.

Amostra	Grau de repelência	Areia	Silte	Argila	Carbono orgânico (g dm ⁻³)	pH CaCl ₂
		g Kg ⁻¹				
1. <i>P. caribea</i>	Hidrofílico	793	83	124	19,21	3,45
2. <i>E. grandis</i>	Levemente hidrofóbico	950	26	24	8,14	3,64
3. <i>P. elliottii</i>	Hidrofílico	811	75	114	10,88	3,79
4. <i>P. taeda</i>	Hidrofílico	181	409	410	45,96	3,81
5. <i>P. taeda</i>	Extremamente hidrofóbico	640	160	200	44,82	3,82
6. <i>P. taeda</i>	Hidrofílico	760	68	172	24,21	4,61
7. <i>P. taeda</i>	Fortemente hidrofóbico	764	76	160	36,55	5,03
8. <i>P. taeda</i>	Fortemente hidrofóbico	774	86	140	41,67	3,74
9. <i>P. taeda</i>	Hidrofílico	805	75	120	19,41	4,10
10. <i>P. taeda</i>	Hidrofílico	780	80	140	10,27	4,00
11. <i>E. dunnii</i>	Levemente hidrofóbico	770	40	190	12,27	3,77
12. <i>A. mearnsii</i>	Hidrofílico	670	50	280	15,07	4,02
13- <i>P. patula</i>	Hidrofílico	680	60	260	19,01	3,90
14. <i>C. japonica</i>	Hidrofílico	750	40	210	20,68	3,88
15. <i>G. robusta</i>	Hidrofílico	750	40	210	13,21	3,89
16. <i>P. greggii</i>	Hidrofílico	650	150	200	21,28	4,04

Tabela 5. Teste de repelência à água pelo método WDPT, em amostras de solo indeformadas submetidas a diferentes tensões.

Amostra	6 kpa		10 kpa		100 kpa		1500 kpa	
	WDPT (s)	Grau de Repelência						
1. <i>P. caribea</i>	50	Levemente hidrofóbico	38	Levemente hidrofóbico	41	Levemente hidrofóbico	54	Levemente hidrofóbico
2. <i>E. grandis</i>	49	Levemente hidrofóbico	10	Levemente hidrofóbico	15	Levemente hidrofóbico	17	Levemente hidrofóbico
3. <i>P. elliotii</i>	116	Fortemente hidrofóbico	74	Fortemente hidrofóbico	119	Fortemente hidrofóbico	78	Fortemente hidrofóbico
4. <i>P. taeda</i>	04	Hidrofílico	03	Hidrofílico	05	Levemente hidrofóbico	07	Levemente hidrofóbico

Também se observa que apenas uma amostra de solo aumentou a hidrofobia com a redução do teor de água **que foi sob agulho com plantio de *Pinus taeda*** (amostra 4) a qual apresentou leve hidrofobia nas tensões maiores. Este solo, quando teve a sua repelência avaliada em amostras deformadas, mostrou-se hidrofílico. Esta influência da estrutura do solo na repelência à água pode ser em decorrência de que os compostos anfifílicos, isto é - moléculas com partes polares e apolares bem definidas, tais como os ácidos graxos, álcoois, ésteres e fosfolípidios de cadeias longas – resultantes da decomposição da serapilheira, sejam mais atuantes na hidrofobia do solo do que compostos puramente hidrofóbicos. Assim, por sua dupla natureza química, uma vez depositados na superfície do solo, estes compostos dependem da infiltração da água da chuva para se aprofundarem do perfil, diferentemente das ceras e outros compostos apolares que tendem a se acumular na superfície mineral do solo.

Pode-se concluir que a mesma serrapilheira que, cobrindo o solo, permite preservá-lo do impacto da água da chuva, ao ser decomposta, pode vir a produzir substâncias orgânicas que conferem ao solo repelência à água, reduzindo a infiltração e, conseqüentemente, aumentando a enxurrada e a possibilidade de desgastes do solo pela erosão. Neste trabalho, todos os solos que apresentaram hidrofobia possuíam teor da fração areia maior do que 640 g kg⁻¹, ou seja, solos arenosos que são justamente

aqueles que têm maior capacidade de infiltração, mas são os menos resistentes à ação erosiva da água da chuva. Estes solos são também os que possuem menor capacidade de armazenamento de água, normalmente menor do que 10%, acentuada perda de água por drenagem profunda, e que precisam ser constantemente reabastecidos para fornecer água às plantas. Em áreas de corte raso, com a exposição de solos arenosos e aumento da taxa de decomposição da serapilheira, a hidrofobia que apresentam os tornaria ainda mais suscetíveis à erosão, além da já alta erodibilidade natural destes solos. Nestes casos, recomenda-se evitar o corte raso de toda a área ou abreviar ao máximo o tempo entre a colheita e o novo plantio, principalmente em áreas de maior declive.

REFERÊNCIAS

- BUCZKO, U.; BENS, O.; HÜTTL, R. F. Variability of soil water repellency in sandy forest soils with different stand structure under scots pine (*Pinus sylvestris*) and beech (*Fagus sylvatica*). **Geoderma: An International Journal of Soil Science**, v. 126, p. 317-336, 2005.
- DOERR, S. H. On standardizing the 'water drop penetration time' and the 'molarity of an ethanol droplet' techniques to classify soil hydrophobicity: a case study using medium textured soils. **Earth Surfaces Processes and Landforms**, v. 23, p. 663-668, 1998.

DOERR, S. H.; SHAKESBY, R. A.; WALSH, R. P. D. Soil water repellency: its causes, characteristics and hydro-geomorphological significance. **Earth-Science Reviews**, v. 51, p. 33-65, 2000.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solos**. 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro, 1997. 212 p. (EMBRAPA-CNPq. Documentos, 1).

JOHNSON, M. S.; LEHMANN, J.; STEENHUIS, T. S.; OLIVEIRA, L. V.; FERNANDES, E. C. M. Spatial and temporal variability of soil water repellency of Amazonian pastures. **Australian Journal of Soil Research**, v. 43, p. 319-326, 2005.

PÉREZ, D. V.; SIMÃO, S. M.; SALATINO, A. Identificação e caracterização da repelência à água em alguns solos brasileiros. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, p. 197-207, 1998.

Comunicado Técnico, 147

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:

Embrapa Florestas

Endereço: Estrada da Ribeira km 111 - CP 319

Fone / Fax: (0**) 41 3675-5600

E-mail: sac@cnpf.embrapa.br

Para reclamações e sugestões *Fale com o*

Ouvidor: www.embrapa.br/ouvidoria

1ª edição

1ª impressão (2005): conforme demanda

Comitê de publicações

Presidente: *Luiz Roberto Graça*

Secretária-Executiva: *Elisabete Marques Oaida*

Membros: *Álvaro Figueredo dos Santos*

Edilson Batista de Oliveira / Honorino R. Rodigheri

Ivar Wendling / Maria Augusta Doetzer Rosot /

Patrícia Póvoa de Mattos / Sandra Bos Mikich /

Sérgio Ahrens

Expediente

Supervisor editorial: *Luiz Roberto Graça*

Revisão texto: *Mauro Marcelo Berté*

Normalização bibliográfica: Elizabeth Câmara

Trevisan / Lidia Woronkoff

Foto: *Renato Dedecek*