

CARBONO ORGÂNICO SOLÚVEL NO DEFLÚVIO DE MICROBACIAS HIDROGRÁFICAS COBERTAS COM MATA NATIVA, PASTAGEM E *Eucalyptus grandis*¹

Emílio Carlos de Azevedo²
Luiz Eduardo Ferreira Fontes³
Liovando Marciano da Costa³
José Geraldo Mageste da Silva⁴

1. INTRODUÇÃO

O carbono orgânico dissolvido é um componente encontrado no solo e na água superficial e é constituído de substâncias orgânicas derivadas de vários processos biológicos. Essas substâncias orgânicas solúveis, presentes na água, podem exercer influência sobre os processos iônicos de lixiviação, dinâmica microbiológica e intemperismo mineral (10).

A caracterização e o isolamento do carbono orgânico dissolvido são complexos por causa da grande variedade de constituintes e também da sua baixa concentração, o que dificulta os estudos a respeito das substâncias orgânicas na solução do solo e nos cursos d'água. Entretanto, com o desenvolvimento de técnicas adequadas, está se tornando possível o iso-

¹ Parte dos dados de tese apresentada pelo primeiro autor, na Universidade Federal de Viçosa, para obtenção do título de "*Magister Scientiae*".

Aceito para publicação em 29.5.1996.

² Departamento de Solos e Engenharia Rural da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade Federal de Mato Grosso. 78060-900 Cuiabá, MT.

³ Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa 36571-000 Viçosa, MG (Bolsista do CNPq).

⁴ Empresa Bahia Sul Celulose S.A. 45995-000 Teixeira de Freitas, BA.

lamento dessas substâncias. Dessa forma, começa a clarear a função do carbono orgânico dissolvido nos ecossistemas (1).

Parte do carbono orgânico dissolvido é constituída por substâncias húmicas, que são compostos fenólicos originados da decomposição, principalmente de material alóctone em horizontes superficiais, podendo ser carregado para os rios, lagos, córregos etc., o que altera a coloração da água (9). Dessa forma, segundo COSTA (5), deve-se considerar a coloração do material em suspensão, que intercepta parte do espectro visível que incide na massa líquida, reduzindo a atividade fotossintética, o que vem prejudicar a cadeia alimentar, diminuindo a biodiversidade das águas superficiais (5).

A oxidação da matéria orgânica pela maior atividade microbiana tem sido apontada como a causa principal da sua redução em solos cultivados. No entanto, COSTA (5) afirmou que a saída de carbono orgânico dissolvido e a erosão devem ser levadas em consideração quando a redução da matéria orgânica for observada. Em ambos os casos o carbono orgânico não está sendo oxidado a gás carbônico, ao contrário do que tem sido afirmado em relação à redução da matéria orgânica em solos cultivados. Neste sentido, o carbono perdido pela erosão ou em solução é transferido para outro compartimento do ecossistema, onde entra em equilíbrio com o ambiente de deposição.

Com a substituição de matas nativas por culturas agrícolas, pastagens e espécies florestais, ocorre mudança no equilíbrio de uma microbacia hidrográfica, alterando suas características químicas, como o carbono orgânico em solução ou o carbono orgânico dissolvido.

Desta forma, o presente trabalho tem por objetivo o estudo comparativo do teor de carbono orgânico solúvel em água do deflúvio de microbacias hidrográficas cobertas com mata nativa, pastagem e *Eucalyptus grandis*.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram selecionadas nove microbacias hidrográficas situadas no Município de Teixeira de Freitas, BA para estudos do carbono orgânico solúvel do deflúvio relacionado com as classes de solo e seu uso, no período de 13 de julho de 1993 a 2 de fevereiro de 1994. As microbacias 1, 2 e 7 encontram-se mais distantes das demais aproximadamente 30 km. É de aproximadamente 20 km a distância da microbacia 8 para as 3, 6 e 9. A área em estudo localiza-se nas coordenadas geográficas de 17°32' de latitude sul e 39°43' de longitude oeste (Figura 1).

Três microbacias encontravam-se cobertas predominantemente com mata, três totalmente com pastagem e três predominantemente com *Eu-*

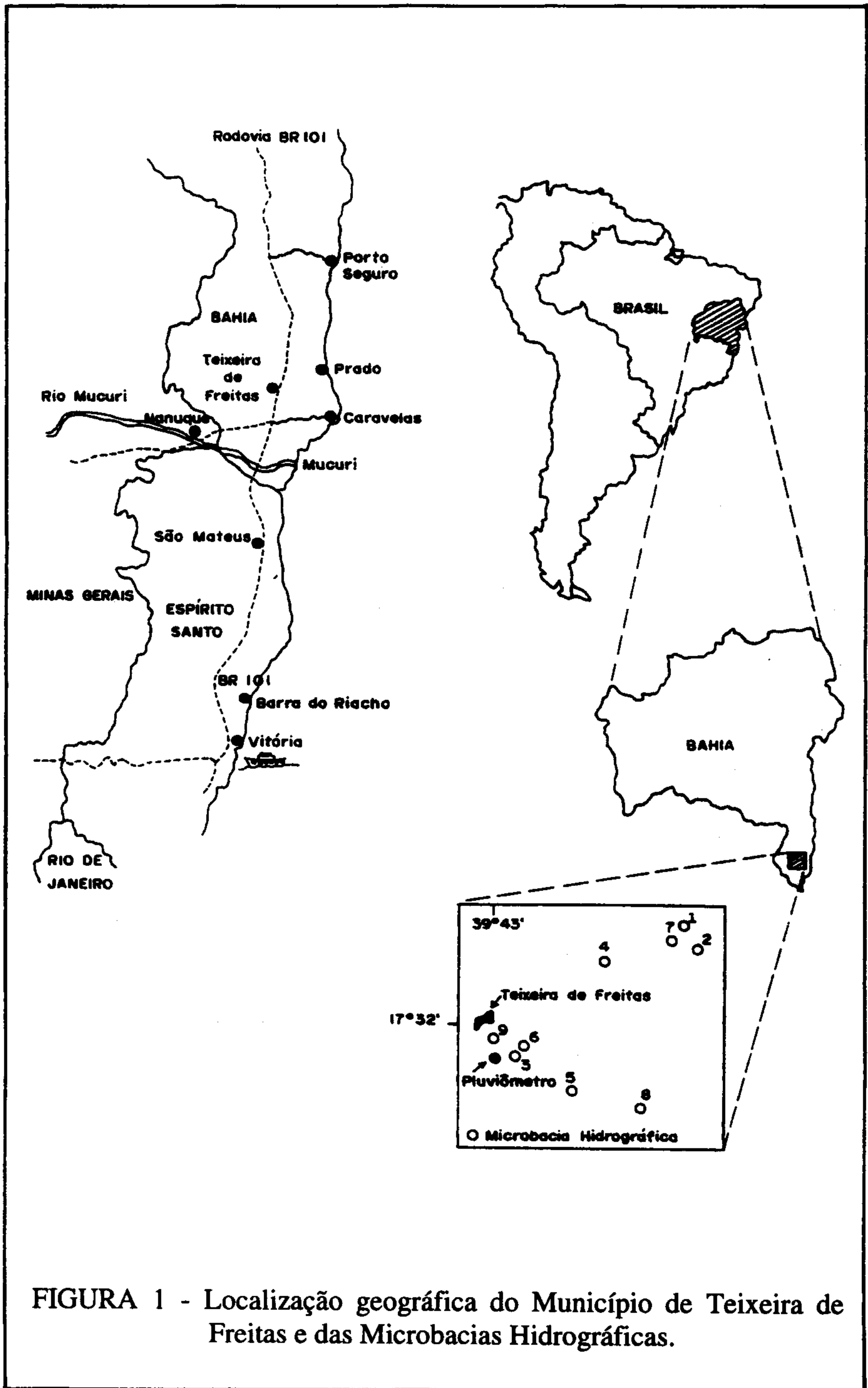


FIGURA 1 - Localização geográfica do Município de Teixeira de Freitas e das Microbacias Hidrográficas.

calyptus grandis (Quadro 1). Nas microbacias 1 e 7 são encontradas Muçunungas, que são áreas abaciadas, onde predomina o solo Podzol Hidromórfico com vegetação hidrófila. Nas microbacias 6 e 9 existem represas a montante do ponto de coleta de amostras do deflúvio.

Pela classificação de Köppen, a área compreende o tipo climático "Am". As chuvas são abundantes, com médias entre 1.200 e 1.700 mm/ano, podendo chegar a mais de 2.000 mm/ano, sendo distribuídas durante todo o ano, com tendência de período mais chuvoso de outubro a março e mais seco de abril a setembro. A precipitação total durante o período de coleta foi de 409,5 mm; portanto, um regime atípico em relação ao habitual, podendo ser considerado período anormal. As temperaturas médias anuais variam de 18 a 26°C.

QUADRO 1 - Proporção da vegetação (%) nas microbacias hidrográficas

Micro-Bacia	Área (ha)	Vegetação					
		M	P	EG	CS	CL	MU
1	58,9	78,5	-	15,4	-	-	6,1
2	66,8	69,6	-	30,4	-	-	-
3	128,7	63,2	20,9	15,9	-	-	-
4	25,7	-	100,0	-	-	-	-
5	49,9	-	100,0	-	-	-	-
6	107,0	-	100,0	-	-	-	-
7	234,0	10,5	-	77,8	0,5	-	11,2
8	134,0	17,4	-	60,6	15,5	6,5	-
9	60,7	15,3	-	80,7	4,0	-	-

M = mata, P = pastagem, EG = *Eucalyptus grandis*, CS = campo sujo, CL = campo limpo e MU = muçununga.

Os solos da área são basicamente das classes Podzol Hidromórfico e Podzólico Amarelo, sendo, em geral, arenosos com baixa retenção de água. O primeiro apresenta aproximadamente 85% de areia no horizonte A e o segundo, maiores teores de silte e argila (Quadro 2). Nas microbacias 1, 4, 6 e 7 são encontradas essas duas classes de solos, enquanto nas microbacias 2, 3, 5, 8 e 9 é encontrado somente o Podzólico Amarelo. Amostras do horizonte A desses solos foram coletadas de cada microbacia hidrográfica em três pontos: um próximo à nascente, um intermediário e um próximo à saída de cada uma. As amostras foram analisadas nos laboratórios do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa,

QUADRO 2 - Características físicas e químicas do horizonte A dos solos das microbacias hidrográficas

Micro- bacia	Amos- tra	Solo	Características Físicas e Químicas						
			PH	CO %	EU %	AG %	AF %	SIL %	ARG %
1	C	PH	4,7	2,03	5,73	70	23	02	05
	M	PH	5,4	6,04	19,00	54	27	07	12
	F	PA	5,2	2,18	8,28	74	15	01	10
2	C	PA	5,2	1,09	7,66	68	16	06	10
	M	PA	4,6	1,75	13,52	55	14	13	18
	F	PA	4,6	1,99	14,06	54	11	05	30
3	C	PA	5,5	1,66	8,48	62	13	03	12
	M	PA	5,2	1,13	11,73	58	21	06	15
	F	PA	4,6	1,32	10,07	66	18	02	14
4	C	PA	5,7	0,97	5,72	73	16	03	08
	M	PH	5,3	4,82	5,81	78	14	03	05
	F	PH	5,3	2,92	6,40	80	13	04	03
5	C	PA	4,6	1,87	3,65	72	26	01	01
	M	PA	5,0	1,32	9,62	66	19	03	03
	F	PA	5,5	0,55	7,44	81	13	03	03
6	C	PH	5,0	1,32	2,96	85	13	01	01
	M	PA	5,5	0,90	6,76	67	24	03	06
	F	PH	4,9	2,11	2,74	85	11	02	02
7	C	PH	4,7	4,09	11,24	76	16	04	04
	M	PH	5,5	3,09	3,96	84	13	02	01
	F	PA	4,3	1,60	10,45	50	20	02	28
8	C	PA	5,3	0,90	5,13	82	13	01	04
	M	PA	5,0	1,60	18,64	45	17	07	31
	F	PA	4,7	1,25	13,93	61	14	04	21
9	C	PA	5,0	1,05	11,91	56	21	08	15
	M	PA	5,7	1,75	8,65	74	15	02	09
	F	PA	6,2	1,17	10,87	67	18	05	10

CO = carbono orgânico, EU = equivalente de umidade, AG = areia grossa, AF = areia fina, SIL = silte, ARG = argila, PH = Podzol Hidromórfico, PA = Podzólico Amarelo, C = amostragem próxima à nascente, M = amostragem em ponto intermediário e F = amostragem próxima à saída de cada microbacia hidrográfica.

sendo determinados o carbono orgânico pelo método Walkley-Black (6) e a análise textural, o equivalente de umidade e pH, conforme metodologia da EMBRAPA (8).

Foram instalados na saída de cada microbacia hidrográfica vertedouros para a medição da vazão. Nestes, seis amostras do deflúvio, de aproximadamente um litro, foram coletadas semanalmente em garrafas de polietileno. Estas eram lavadas com solução de ácido clorídrico 1:1 e enxaguadas com água destilada. A coleta foi manual, tomando-se todos os cuidados de assepsia, feita da seguinte maneira: removia-se a tampa da garrafa e, com uma das mãos, segurava-a pela base, mergulhando-a rapidamente com a boca para baixo na saída do vertedouro, evitando a introdução de contaminantes superficiais; a seguir virava-se a garrafa com a boca para cima, deixando pequeno espaço vazio para a homogeneização da amostra em laboratório. Três amostras eram levadas aos laboratórios da Estação de Tratamento de Água da empresa Bahia Sul Celulose S.A., onde se determinavam, no dia da coleta, o pH, utilizando potenciômetro; a condutividade elétrica, por meio do condutivímetro; e a cor real (2). Posteriormente, determinavam-se sólidos totais e sólidos em suspensão (2). Às outras três amostras adicionava-se clorofórmio, para evitar a contaminação por fungos, sendo então guardadas em geladeira a 4°C, conforme recomendações do Guia de Coleta e Preservação de Amostras de Água (4). Periodicamente, as amostras eram trazidas para os laboratórios do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa, para serem determinados Ca^{2+} e Mg^{2+} , por espectrofotometria de absorção atômica; Na^+ e K^+ , por espectrofotometria de emissão de chama; e carbono orgânico solúvel, pelo método colorimétrico (3), adaptado por MIRANDA (12).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

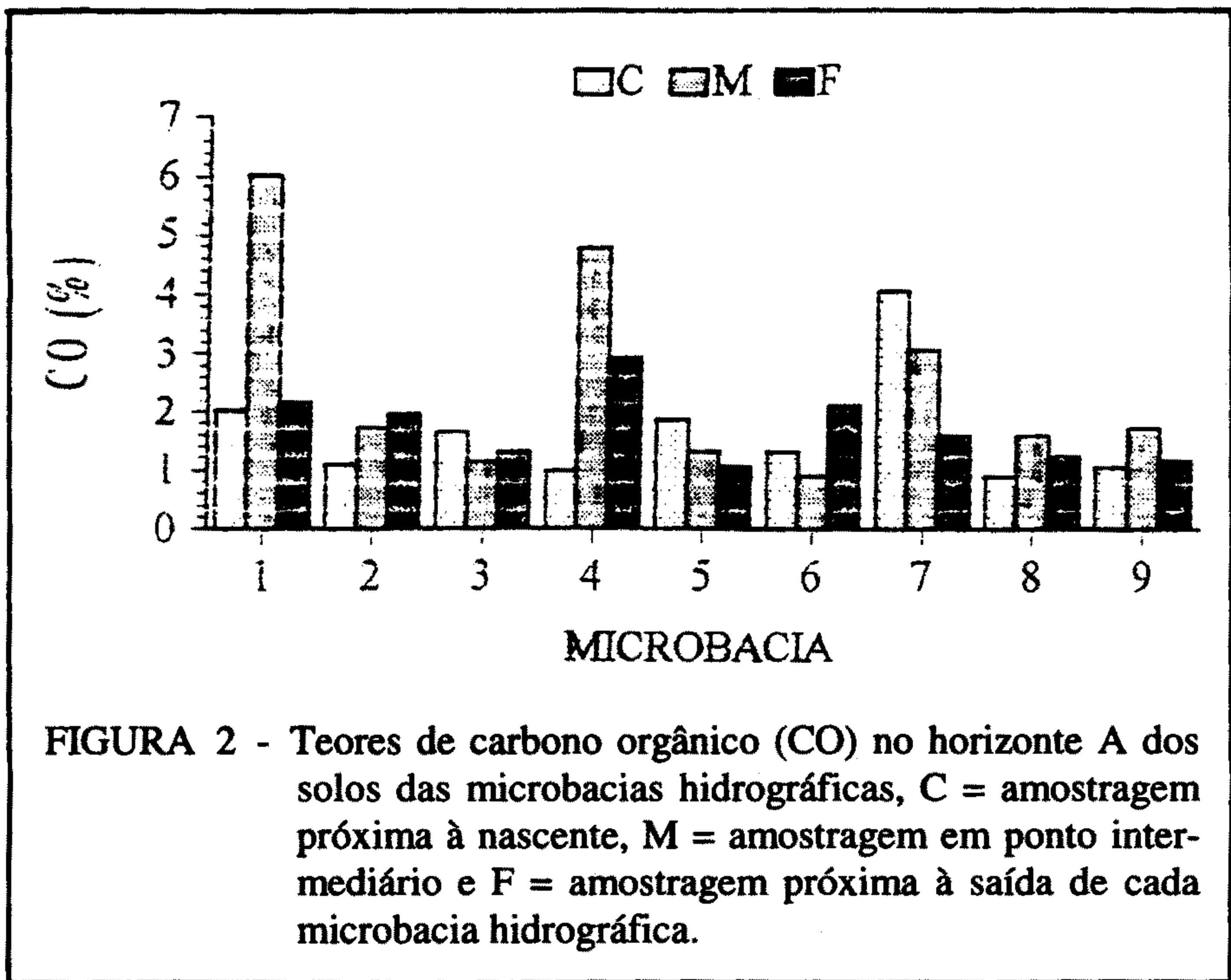
Notam-se as mais altas concentrações médias de carbono orgânico solúvel no deflúvio das microbacias 1, 4, 6 e 7, ou seja: 1,57 mmol/L, 1,85 mmol/L, 1,50 mmol/L e 2,39 mmol/L, respectivamente. Concentrações intermediárias são encontradas para as microbacias 5 e 8: 0,81 mmol/L e 0,75 mmol/L, respectivamente, enquanto baixas concentrações são observadas para as microbacias 2, 3 e 9: 0,43 mmol/L, 0,53 mmol/L e 0,53 mmol/L, respectivamente (Quadro 3).

Verificam-se maiores teores de carbono orgânico no horizonte A dos solos nas microbacias 1, 4 e 7 (Figura 2). Estas possuem solo Podzol Hidromórfico, que apresentou teores de areia em torno de 85% no horizonte A (Quadro 2), mostrando conseqüentemente baixa retenção de água, em função da presença de partículas grosseiras. A água da chuva, ao entrar

QUADRO 3 - Vazão média e valores médios das características físicas e químicas do deflúvio das microbacias hidrográficas

Micro- bacia	Características Físicas e Químicas										
	pH	CE uS/cm	CR mgPt/l	ST	SS	K ⁺ mg/l	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	COS mmol/l	Q l/s
1	5,44	90,5	157	112	4,7	1,49	5,00	1,78	1,27	1,57	0,79
2	5,68	60,0	45	91	5,0	0,54	3,62	0,12	0,77	0,44	10,67
3	6,18	78,8	17	93	3,0	0,92	4,71	0,29	0,84	0,53	8,43
4	5,73	65,6	183	144	53,0	1,59	4,31	0,82	0,80	1,85	1,71
5	5,56	49,8	50	89	8,0	0,67	2,84	0,31	0,70	0,81	3,10
6	5,85	73,2	146	100	5,9	1,96	4,25	0,43	0,90	1,50	1,48
7	5,57	90,3	342	143	18,9	1,98	5,88	1,18	1,11	2,39	32,01
8	5,93	46,1	116	88	6,9	0,88	2,72	0,37	0,68	0,75	8,10
9	6,10	76,5	39	101	15,7	0,77	4,66	0,28	0,87	0,53	2,73

pH = potencial hidrogeniônico, CE = condutividade elétrica, CR = cor real, ST = sólidos totais, SS = sólidos em suspensão, COS = carbono orgânico solúvel e Q = vazão.



neste sistema, interage com o solo e carrega altas quantidades de carbono orgânico do horizonte A. JARDINE *et alii* (11) comentaram que o transporte de matéria orgânica é realizado durante a precipitação, sendo o carbono orgânico dissolvido transportado para maiores profundidades no perfil. A partir daí, pode atingir o lençol subterrâneo, indo para os cursos d'água. DEMMATÊ (7) afirma que no solo supracitado existe o desenvolvimento de horizonte com maior teor de matéria orgânica na superfície, onde é decomposta pela ação fúngica, levando à produção de ácidos orgânicos de baixo peso molecular. Em função da baixa retenção da água neste solo, por ser muito arenoso, existe a percolação destes ácidos ao longo do perfil. Segundo ESTEVES (9), o material em decomposição no horizonte superficial pode ser carregado em grandes quantidades da bacia de drenagem para os cursos d'água, especialmente em solos arenosos.

A concentração média de carbono orgânico solúvel no deflúvio associa-se com as características físicas do Podzol Hidromórfico. Isso, talvez, possa ser reforçado com a presença de maior concentração média de carbono orgânico solúvel no deflúvio da microbacia 6 (Quadro 3), que não exibiu maiores teores de carbono orgânico no horizonte A de seus solos (Figura 2), porém apresentou solo Podzol Hidromórfico.

JARDINE *et alii* (11) afirmaram que a movimentação de carbono

orgânico no perfil está muito associada à capacidade de adsorção do solo. Uma vez que o Podzol Hidromórfico apresenta alto teor de areia, sendo esta constituída predominantemente pelo mineral quartzo, a sua capacidade de adsorção de carbono orgânico é insignificante, o que favorece sua movimentação.

O Podzólico Amarelo apresenta maior capacidade de retenção de água em relação ao Podzol Hidromórfico, em função do maior teor de silte e argila (Quadro 2). Isso faz com que a água não saia rapidamente, reduzindo a quantidade de carbono orgânico solúvel lixiviada. Conseqüentemente, poderá haver redução na concentração desse no deflúvio das microbacias que apresentaram exclusivamente Podzólico Amarelo. Também pode haver maior adsorção de carbono orgânico neste solo, em razão do maior teor de argila.

Nota-se para todas as microbacias hidrográficas correlação positiva e significativa do carbono orgânico solúvel com a cor real (Quadro 4), sendo este carbono o responsável pela coloração mais escura da água. De acordo com ESTEVES (9), parte do carbono orgânico solúvel é constituída por substâncias húmicas, que são compostos fenólicos originados da decomposição, principalmente de material alóctone em horizontes superficiais, podendo ser carregado em grande quantidade, principalmente em solos arenosos. Em conseqüência disso, a cor da água torna-se marrom-amarelada. Tais compostos, quimicamente muito diferenciados quando presentes, são os mais importantes na absorção da radiação solar, principalmente na região correspondente ao final do azul e do vermelho, que, em termos de fotossíntese, é o mais importante. Dada a alta solubilidade dos ácidos fúlvicos, estes constituem a maior fração das substâncias orgânicas dissolvidas, sendo os principais responsáveis pela cor marrom-amarelada dos corpos d'água ricos em substâncias húmicas.

Em geral, não houve correlações significativas do carbono orgânico solúvel com os cátions K^+ , Na^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} , com exceção para as microbacias 4 e 6, que apresentaram todas as correlações significativas (Quadro 4). Nota-se que as microbacias 1, 4, 6 e 7, que exibiram as mais altas concentrações médias de carbono orgânico solúvel no deflúvio (Quadro 3), apresentaram maior número de correlações positivas e significativas desse elemento com os cátions K^+ , Na^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} , principalmente com os primeiros. Segundo QUALLS e HAINES (13), existe interação do carbono orgânico solúvel com os cátions supracitados. Deve-se considerar a importância do processo de remoção desses nutrientes que o carbono orgânico solúvel carrega na solução do solo. Por outro lado, EVANS *et alii* (10) afirmaram que ácidos orgânicos são capazes de solubilizar cátions a partir dos componentes inorgânicos do solo via intemperismo mineral. Assim, o aumento das concentrações de carbono orgânico solúvel na solução do

QUADRO 4 - Coeficientes de correlação de Pearson do carbono orgânico solúvel com as características físicas e químicas do deflúvio das microbacias hidrográficas

Micro- bacia	Correlação do COS com								
	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	pH	CE	CR	ST	SS
1	0,65*	0,76*	0,09	-0,06	0,21	0,50*	0,69*	0,13	0,26***
2	0,13	0,01	-0,34*	0,17	-0,05	-0,57*	0,41*	-0,10	0,32**
3	0,04	-0,18	-0,13	-0,19	-0,39***	-0,46*	0,34**	-0,09	0,26***
4	0,70*	0,80*	0,70*	0,62*	0,35**	0,62*	0,74*	0,45*	0,48*
5	0,36**	0,15	0,07	-0,16	-0,02	-0,28***	0,65*	0,14	0,19
6	0,50*	0,74*	0,40**	0,76*	-0,51*	0,19	0,96*	0,23	0,22
7	0,55*	0,60*	0,27***	-0,02	0,33**	0,31***	0,45*	-0,18	0,02
8	0,20	0,29***	0,20	0,21	-0,07	0,10	0,75*	-0,13	0,468
9	0,38**	-0,05	-0,16	-0,22	-0,11	-0,32**	-0,32	-0,17	-0,14

CE = condutividade elétrica, CR = cor real, ST = sólidos totais e SS = sólidos em suspensão.

* Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste t.

** Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste t.

*** Significativo a 10% de probabilidade, pelo teste t.

solo aumentaria a quantidade de espécies orgânicas capazes de solubilizarem minerais, aumentando a liberação de cátions, em consequência do maior intemperismo. Porém, Podzol Hidromórfico apresenta alto teor de areia (Quadro 2), constituída predominantemente pelo mineral quartzo.

Aspecto importante é a influência do carbono orgânico solúvel no pH do deflúvio. ESTEVES (9) afirma que a dissociação de grupos ácidos de substâncias húmicas pode diminuir o pH do deflúvio. Porém, em geral, não houve correlação significativa entre estas características, e, quando características físicas e químicas do deflúvio, encontram-se correlações positivas e significativas com os cátions K^+ (0,91), Na^+ (0,59), Ca^{2+} (0,88) e Mg^{2+} (0,61), com os sólidos totais (0,87) e a cor real (0,95). Isso significa que, à medida que a concentração média do carbono orgânico solúvel é maior, há tendência de que sejam maiores os valores médios e as concentrações médias das características físicas e químicas supracitadas no deflúvio das microbacias hidrográficas.

4. RESUMO E CONCLUSÕES

Com o objetivo de estudar comparativamente o carbono orgânico solúvel na água de microbacias hidrográficas cobertas com mata nativa, pastagem e *Eucalyptus grandis*, foram realizadas coletas semanais de amostras do deflúvio em nove microbacias hidrográficas, localizadas no Município de Teixeira de Freitas, BA, no período de 13.07.1993 a 02.02.1994. Três microbacias encontravam-se cobertas predominantemente com mata nativa, três totalmente com pastagem e três predominantemente com plantações de *Eucalyptus grandis*. Amostras de solos para análise textural e de carbono orgânico do horizonte A foram coletadas em cada microbaica. Tudo indica que as maiores concentrações médias de carbono orgânico solúvel no deflúvio estão relacionadas com a presença do solo Podzol Hidromórfico na microbacia hidrográfica. Quanto maior foi a concentração de carbono orgânico solúvel, maior foi a cor real da água, constatado pela correlação positiva e significativa entre estas características.

5. SUMMARY

(WATER SOLUBLE ORGANIC CARBON IN THE WATER FLOW OF MICROBASINS COVERED BY NATIVE FOREST, PASTURE AND EUCALYPTUS)

Samples of streamflow were weekly collected in nine watersheds located in Teixeira de Freitas, Bahia, from July 7, 93 to February 2, 94 in order to conduct a comparative study of the dissolved organic carbon in watershed covered with natural forest, pasture and *Eucalyptus grandis* plantations. Three of them were predominantly covered by natural forest, three totally covered by pasture and the other three predominantly covered by *Eucalyptus grandis* plantation. Samples of the soils for textural analysis and of the organic carbon of the A horizon were collected from each watershed. The presence of the Podzol is related to the largest mean concentration of dissolved organic carbon of the streamflow in watershed.

6. LITERATURA CITADA

1. AIKEN, G.R; MCKNIGHT, D.M. & WERSHAV, R.L. *Humic substances in soil, sediment, and water - geochemistry, isolation, and characterization*. New York, John Willey and Sons, 1985. 692 p.
2. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION - A.P.H.A. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 16 ed. Washington, DC, 1985. 1268 p.
3. BARTLET, R.J. & ROSS, D.S. Colorimetric determination of oxidizable carbon in acid soil solution. *Soil. Sci. Soc. Amer. J.*, 52:1191-1192, 1988.
4. COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL - CETESB. *Guia de coleta e preservação de amostras de água*. São Paulo, 1988. 150 p.
5. COSTA, L.M. *Problemas ambientais causados pela agricultura no cerrado*. Viçosa, MG, UFV, 1993. 21 p. (Mimeogr.)
6. DEFELIPO, B.V. & RIBEIRO A.C. *Análise química do solo: metodologia*. Viçosa, MG, UFV, Impr. Univ., 1981. 17 p. (Boletim de Extensão, 29).
7. DEMMATÊ, J.L.I. *Curso de gênese e classificação de solos*. Piracicaba, ESALQ, 1980. 184 p.
8. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos - EMBRAPA - SNLCS. *Manual de métodos de análise do solo*. Brasília, 1979. n.p.
9. ESTEVES, F.A. *Fundamentos de limnologia*. Rio de Janeiro, Interciência, FINEP, 1988. 574 p.
10. EVANS, A.J.; ZELAZNY, L.W. & ZIPPER, C.E. Solution parameters influencing dissolved organic carbon levels in three forest soils. *Soil Sci. Amer. J.*, 52:1789-1792, 1988.
11. JARDINE, P.M.; WEBER, N.L. & McCARTHY, J.F. Mechanisms of dissolved organic carbon adsorption on soil. *Soil Sci. Soc. Amer. J.*, 53:1378-1385, 1989.