

**C. C. CERRI*, J. F. L de
MORAES ** e B. VOLKOFF*****

* Pesquisador do CENA - Caixa Postal 96 -
13.400 Piracicaba - SP/Brasil

**Aluno de Pós Graduação do CENA

***Pesquisador do ORSTOM, 74M route d'
Aulnay, 93140 Bondy, França

INTRODUÇÃO

A Bacia Amazônica abrange uma área de aproximadamente 7.050.000 km², localizada entre 5°N e 17°S, e 75°W e 46°W, ocupando ainda extensas porções do território nacional da Venezuela, Colômbia, Peru, Guiana, Bolívia, Equador e Brasil.

Esta Bacia apresenta clima quente e úmido, caracterizado por pequenas variações nas temperaturas diurnas e noturnas. Contudo, em razão da sua extensa área, ocorrem algumas variações de climas locais. A vegetação se divide em dois

SUMMARY

The main agricultural in the Amazon basin in now the use of the soil for the setting out of pastures. The dynamics of the soil organic carbon when the natural vegetation is substituted for pasture is the main objective of the present study. To determine the dynamics of the soil carbon as a function of the pasture setting out time, the contents of carbon in soil under natural forest were used as reference. The results obtained refer to the superficial 20 cm of soil. Three areas in the Amazon where the soils show different clay content were selected: Oxisol of Manaus (77% clay), Alfisols and Ultisols of Rondonia (24 and 13% clay respectively). There is a difference in the initial carbon storage of soil under forest: 90 x 10⁶ g C/ha for Oxisols; 48 x 10⁶ g C/ha for Alfisols and 29 x 10⁶ g C/ha for Ultisols. After clearance and agricultural use with the setting out of pastures, the carbon content show different dynamics in accordance with the type of soil and time of cultivation. After four years of pastures on Oxisols, the contents decreased by 10% in relation to the original content; after this period the content increases and exceeds the forest system value after seven years. The same occurs in the Alfisols, but the minimum content is attained after eleven years of cultivation, and the value is re-established after twenty years. Ultisols show different behaviour. Their carbon content is always above that of the original forest even in the first years of cultivation. Finally, isotopic technical using carbon-13 and their usefulness in the quantification of losses of native forest carbon and the incomings due to pasture culture residues are discussed.

DINÂMICA DO CARBONO ORGÂNICO EM SOLOS VINCULADOS A PASTAGENS DA AMAZÔNIA BRASILEIRA¹

grupos principais: a floresta de "terra firme" e a várzea ou Igapó. A maioria dos solos, são pouco férteis apresentando um baixo potencial de nutrientes, tais como Ca, K, P. Os Oxisols, Ultisols e Alfisols são os mais expressivos em área.

A exploração da região Amazônica para fins agrícolas, inicia-se com a retirada da madeira de maior importância econômica e queima da vegetação restante. O desmatamento da área varia de acordo com as condições do solo e clima, sendo sempre mais intenso nos solos mais férteis. Imagens de sensoriamento remoto obtidas do sudoeste da Bacia, mostram que a porcentagem era de 1,8% em 1978, 12,4% em 1988 e 13,2% em 1989 (Fearsinde, 1990). Entre os diversos usos agrícolas das áreas desmatadas incluem-se o cultivo de culturas anuais como soja, arroz, mandioca, perenes, e a implantação de pastagens. O aproveitamento da área com pastagem tem sido uma prática agrícola bastante intensa na região ocupando atualmente a maior porção das áreas desmatadas. Recentes estimativas mostram que aproximadamente 50.000 km² de floresta vem sendo derrubado e queimado para instalação de pastagens nos últimos 25 anos (Falesi & Veiga, 1986). Atualmente as pastagens são consideradas o principal fator da alteração dos ecossistemas naturais na Amazônia. Em contrapartida, comparado esse tipo de exploração com os anuais e perenes, a

¹ Trabalho subvencionado pela CEE convenção 988.

Fonds Documentaire ORSTOM



010016056

Fonds Documentaire ORSTOM

Cote : B*16056 Ex : 1

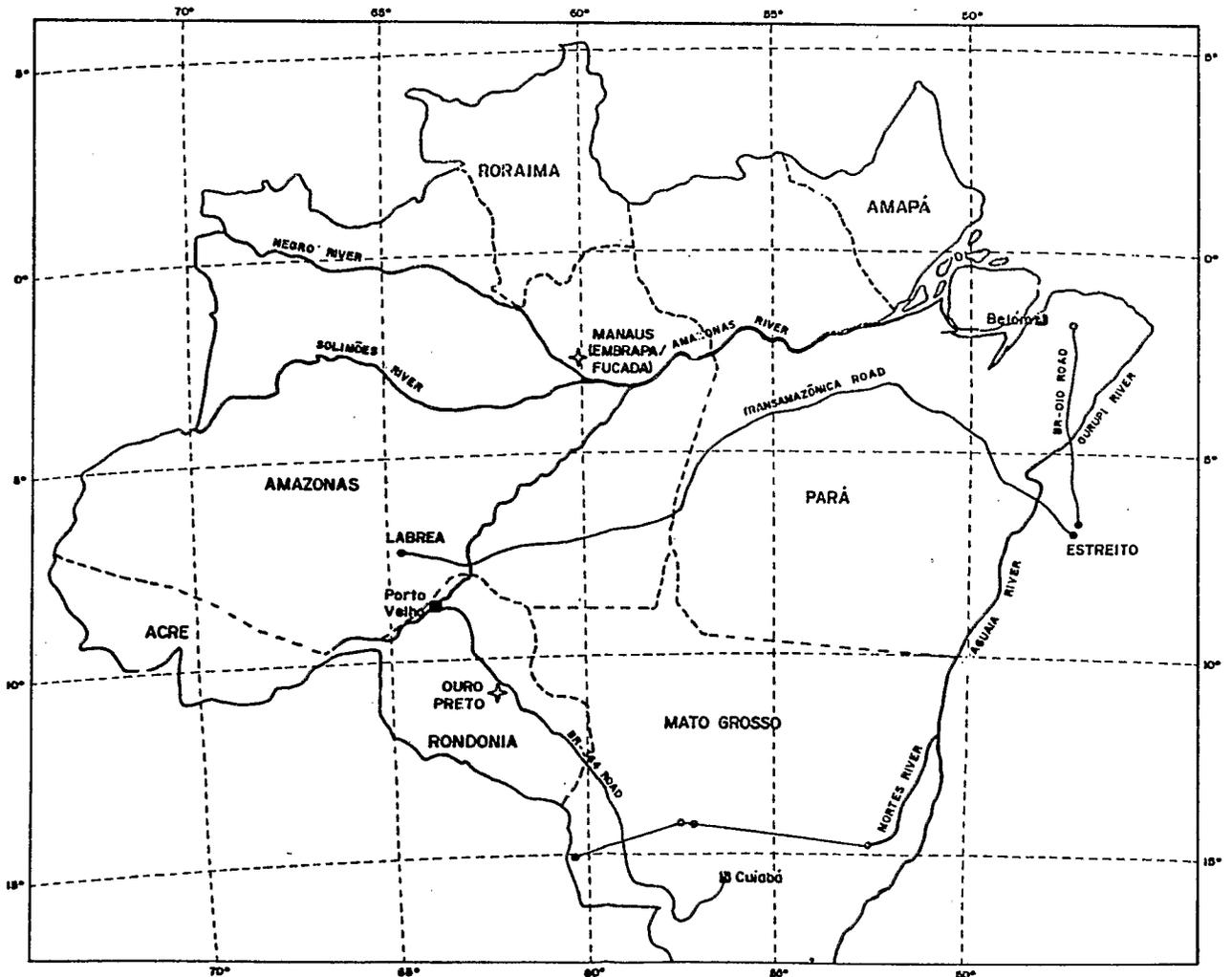


Figura 1. Localização das áreas estudadas.

RESUMO

Na Amazônia, a utilização do solo com pastagem constitui-se na principal atividade agrícola da atualidade. Nesta pesquisa fez-se considerações sobre a dinâmica do carbono orgânico do solo quando a vegetação natural (Floresta Tropical Amazônica) é substituída por pastagens. Para se determinar a dinâmica do carbono do solo em função do tempo de implantação das pastagens, utilizou-se como referência o conteúdo em carbono do solo sob mata natural. Os resultados apresentados referem-se aos vinte centímetros superficiais de solo. Selecionou-se três áreas da Amazônia onde ocorrem solos com valores distintos de teor de argila: Oxissóis de Manaus (77% de argila); Alfissóis e Ultissóis de Rondônia (24 e 13% de argila respectivamente). O estoque inicial em carbono dos solos sob floresta é diferente: 90×10^6 g de C para os Oxissóis; 48×10^6 g de C para os Alfissóis e 29×10^6 g de C para os Ultissóis. Após o desmatamento e uso agrícola com pastagens, o conteúdo em carbono tem dinâmicas diferentes de acordo com o tipo de solo e tempo de cultivo. Nos Oxissóis, os quatro primeiros anos com pastagem acarretam um decréscimo de 10% em relação ao teor original, porém em seguida há uma recuperação sendo que após sete anos o conteúdo ultrapassa o do sistema original. Os Alfissóis seguem a mesma tendência dos Oxissóis, porém o conteúdo mínimo é atingido após onze anos de cultivo, e o restabelecimento ocorre após vinte anos. Nos Ultissóis, o estoque de carbono tem evolução distinta. Ele mantém-se sempre superior ao da mata original, mesmo nos primeiros anos de cultivo. Apresentou-se no final a utilidade das técnicas isotópicas que empregam carbono-13 na quantificação das perdas de carbono nativo da floresta e das entradas originárias das pastagens.

implantação de pastagens parece ser o sistema que tem causado menor degradação da matéria orgânica do solo.

No presente trabalho, procurou-se abordar as alterações do conteúdo de carbono de tres solos, desenvolvidos sob condições climáticas distintas e submetidos ao cultivo com pastagem.

METODOLOGIA

As análises foram feitas nas amostras secas ao ar, peneiradas a 2 mm e moídas a 50 meshes. O carbono orgânico foi determinado por combustão a seco, utilizando o equipamento Wostof-Carmograph 12A.

Está esquematizada na figura 1, a localização das áreas estudadas. No Município de Ouro Preto do Oeste - Rondônia fez-se a amostragem de duas cronosse-

quências, uma delas localizada em um solo classificado como Argílico-Alfisol e a outra em um solo classificado como Argílico-Ultisol. O Oxisol de Manaus, indicado no mapa, foi utilizado a nível de comparação dos dados, uma vez que há diferenças com os de Ouro Preto do Oeste não só quanto as propriedades químicas e físicas dos solos, como também com relação ao clima local. Os dados de Manaus utilizados neste trabalho foram obtidos de Choné et al. (1987).

Caracterização das áreas

O clima da região de Manaus apresenta uma precipitação anual de 2.100 mm, com o valor mais baixo entre julho-setembro, e uma temperatura média anual de 26,7 °C.

A área de Ouro Preto enquadra-se no tipo climático Am, apresenta uma estação seca de pequena duração, porém com um total pluviométrico anual, suficiente para manutenção de água neste período. A precipitação anual é superior a 2.200 mm; os meses de Outubro a Abril apresentam os maiores índices pluviométricos, enquanto que junho, julho e agosto são os meses menos chuvosos. A temperatura média anual é de 25,60 °C e a umidade relativa média anual do ar é de 89%.

A diferença climática principal entre as regiões de Manaus e Porto Velho é que na primeira não há uma estação seca enquanto que na segunda, a estação seca é de três a quatro meses.

Na área de Manaus predomina solo Latossolo Amarelo argiloso (Clay-rich yellow oxisol). São solos desenvolvidos na "terra firme", do sedimento do Terciário, do complexo Barreiras. Trata-se de um material com predominância caulinita, e com baixa fertilidade natural (Brasil, 1976; Lucas et al., 1984).

Na região de Ouro Preto, predominam rochas básicas e intermediárias de complexo Cristalino resultando solos de riqueza química variável em função da interação dos fatores geogenéticos e de pedogênese (Barbosa & Neves, 1983).

Os solos são profundos, de bem a moderadamente bem drenado. Apresentam um gradiente textural (B textural), e baixa fertilidade natural (Ultisol) ou com alta fertilidade natural (Alfisol).

Características morfológicas dos solos estudados

Alfisol

E um solo profundo, com horizonte B textural de coloração vermelho-amarela (5 YR a 7,5 YR úmido), textura média, com teores de argila entre 20 a 28%, situado em relevo plano e com boa drenagem. É moderadamente ácido (pH entre 5,4 a 6,2), com alta saturação em bases (carácter eutrófico). A capacidade de troca catiônica apresenta valores entre 4,1 e 9,8 emg/100 g solo, sendo que os valores mais altos são encontrados em superfície, em consequência da maior porcentagem de carbono. Os valores de pH em água são inferiores ao pH em KCl, indicando a presença de cargas positivas em todo o perfil.

A baixa atividade da fração argila indica serem solos cauliniticos

No sistema brasileiro de classificação de solos enquadra-se como PVA - latossólico eutrófico textura média.

Ultisol

Trata-se de um solo profundo, com horizonte B textural de cor vermelho-amarela (5 YR a 7,5 YR úmido). Apresenta textura arenosa na superfície e textura média em subsuperfície. Os teores de argila variam de 10 a 42%. A drenagem é boa e o relevo é plano. O pH varia entre 4,1 e 5,2 e, a saturação de bases é alta nos primeiros 5cm e baixa em profundidade, sendo portanto, distrófico. A capacidade de troca catiônica é baixa, variando de 6,1 a 13,0 emg/100 g solo, apresentando os menores valores em profundidade. A baixa atividade da fração argila é um indicador da presença de caulinita como mineral predominante na fração argila.

No sistema brasileiro de classificação de solos o perfil em questão enquadra-se como PVA distrófico - textura arenosa.

Oxisol

E um solo profundo, com horizonte B latossólico de coloração amarela (7,0 YR 7/6 a 7/8 úmido). Apresenta textura muito argilosa, com teores de argila compreendidos entre 65 a 85%. E bem drenado, e ocupa relevo plano. São ácidos em

superfície (pH 4,1 a 4,3), sendo que o pH sofre aumento em profundidade, atingindo valores próximos a neutralidade (6,3 a 6,6).

A capacidade de troca catiônica decresce em profundidade acompanhando a distribuição do carbono. A saturação de bases é baixa e apresenta elevada saturação em alumínio.

A fração argila é constituída predominantemente por caulinita e pequenas quantidades de gibbissita. Os teores de Fe_2O_3 total são baixos (< 4%) e estão provavelmente na forma de goetita.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As informações apresentadas a seguir referem-se aos dados de carbono dos solos utilizados com pastagens de diferentes idades em duas localidades da Amazônia: Ouro Preto do Oeste -Rondônia e Manaus - Amazônia. Ambas cronossequências tem como referência o solo sob vegetação natural. Os resultados de Ouro Preto foram especialmente produzidos para esta pesquisa. Os de Manaus foram publicados anteriormente por Cerri & Andreux (1990), e serviram para compreender melhor a variação do conteúdo em carbono dos solos sob pastagem na Amazônia.

Quadro 1. Características físicas e químicas de dois solos sob floresta na região tropical Amazônica, Município de Ouro Preto do Oeste - Rondônia.

a = argila; C = carbono; d = densidade; Prof. = Profundidade

Prof. cm	a %	C %	d g/cm ³	Camada -----g C x 10 ⁶ x ha ⁻¹ -----	Acumulado
ALFISOL					
0-10	23	2,19±0,61	1,47	32,19±9,06	32,19
10-20	26	0,95±0,12	1,66	15,82±2,53	48,01
ULTISOL					
0-10	12	1,05±0,27	1,84	19,41±5,05	19,41
10-20	18	0,52±0,03	1,82	9,46±0,48	28,87

Conteúdo em carbono dos solos sob floresta de Ouro Preto

Na quadro 1, estão apresentados os teores de argila, carbono e o valor da densidade do solo, bem como o conteúdo em carbono (g C x 10⁶ x ha⁻¹), nas áreas de floresta.

Observa-se que a camada superior, 0-10 cm apresenta um conteúdo em carbono duas vezes superior a camada imediatamente inferior (10-20 cm). Considerando a camada 0-20 cm, verifica-se que o Alfisol contém 48,01 g de C x 10⁶ x ha⁻¹ e o Ultisol 28,87 g de C x 10⁶ x ha⁻¹. O Alfisol é portanto 40% mais rico em carbono que o Ultisol.

Analisando a figura 2, observa-se que os oxissolos da região de Manaus apresentam o conteúdo em carbono, bastante superior aos Alfisos e Ultisos de Ouro Preto. Os Latossolos Amarelos (Oxisol) tem o conteúdo em carbono na camada de 0-20 cm de 90,00 g de C x 10⁶ x ha⁻¹, o que representa aproximadamente duas vezes a quantidade observada para os Alfisos e tres vezes a quantidade observada nos Ultisos.

A diferença no conteúdo de carbono observado nessas duas regiões, pode estar relacionada à textura dos solos. Na figura 2 observa-se que os Oxissolos de Manaus apresenta um teor de argila de 77%, o Alfisol de 30% e o Ultisol de 15%, aproximadamente. Os maiores teores de carbono encontram-se nos solos onde o teor de argila é maior, confirmando assim a correlação positiva entre teor de carbono e argila do solo (Lepsch, 1980; Kamprath & Welch, 1962).

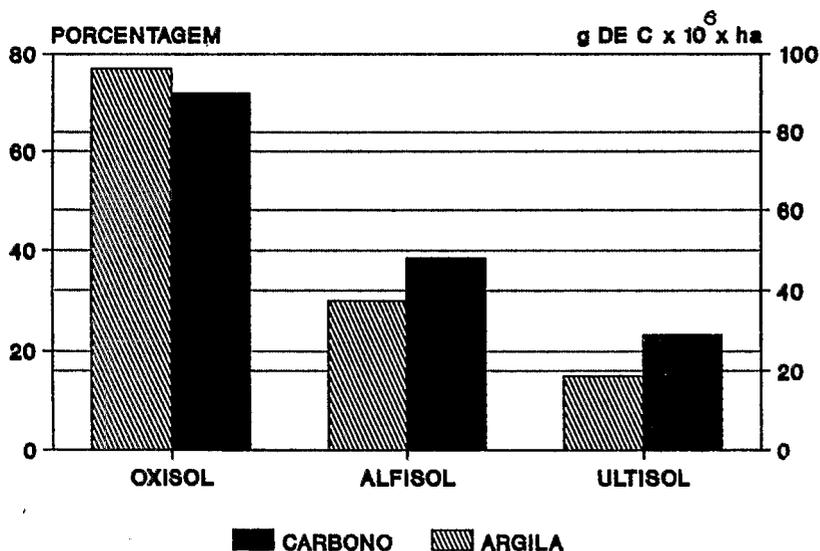


Figura 2. Estoque de carbono e teor de argila dos solos de floresta.

Variação do conteúdo em carbono sob solos de pastagens de diferentes idades em Ouro Preto - RO

Os dados de teor de argila, carbono, densidade do solo e conteúdo de carbono, para solos sob pastagem, estão apresentados na quadro 2.

O conteúdo de carbono na camada de 10-20 cm do Alfisol é semelhante tanto na floresta como nas áreas de pastagem de oito e vinte anos. Assim a alteração da cobertura vegetal e o cultivo não influenciou o conteúdo de carbono na camada de 10-20 cm, nestes solos. Somente na camada de 0-10 cm que se verificam alterações no conteúdo de carbono, que inicialmente era de $32,19 \text{ g de C} \times 10^{-6} \text{ x ha}^{-1}$ e, após oito anos ocorreu uma diminuição de 38%, sendo que o conteúdo inicial foi recuperado após 20 anos. Para o Ultisol, observa-se que o conteúdo total em carbono na camada de 0-20 cm dos solos sob pastagem de diferentes idades é sempre superior ao conteúdo inicial sob floresta.

Entre as camadas (0-10 cm; 10-20 cm) observa-se também que a camada superior apresenta um conteúdo em carbono maior que a camada imediatamente inferior,

Evolução do conteúdo relativo (%) de carbono do solo após o desmatamento e uso com pastagem em duas regiões da Amazônia

Na figura 3 está apresentado as curvas da variação relativa do conteúdo de carbono, do Oxisol, Alfisol e Ultisol.

Os Oxisois de Manaus apresentam uma redução máxima de C de 10% em relação ao valor inicial. O conteúdo mínimo de carbono verifica-se após quatro anos de uso do solo com pastagem. Após oito anos, o valor inicial está recuperado, e é superior em aproximadamente 6%. Observando-se a curva de variação relativa para o Alfisol, nota-se uma redução mais lenta no conteúdo inicial em carbono, o qual sofre uma redução de 10% de seu valor inicial em nove anos. Essa corresponde a metade do tempo observado em Manaus. A maior perda de carbono nesse solo ocorre em aproximadamente onze anos. Após 20

Quadro 2. Características físicas e químicas de dois solos sob pastagem no Município de Ouro Preto do Oeste - Rondônia.
a = argila; C = carbono; d = densidade; Prof. = Profundidade

Idade Anos	Prof. cm	a %	C %	d g/cm ³	Acumulado -----g C x 10 ⁶ x ha ⁻¹ -----	
ALFISOL						
	0-10	30	1,21±0,29	1,65	20,02±4,82	20,02
8	10-20	34	0,95±0,07	1,67	15,92±1,13	35,84
	0-10	34	2,01±0,07	1,64	32,96±1,11	32,96
20	10-20	36	0,93±0,06	1,70	15,81±1,09	48,77
ULTISOL						
	0-10	26	1,48±0,20	1,80	26,58±3,48	26,58
3	10-20	34	0,95±0,12	1,74	18,21±3,63	44,79
	0-10	16	1,20±0,08	1,81	21,72±1,47	21,72
8	10-20	22	0,52±0,06	1,83	9,52±1,17	31,30
	0-10	16	1,44±0,09	1,96	28,29±1,80	28,29
20	10-20	18	0,76±0,06	1,97	14,97±1,20	43,26

anos, o conteúdo em carbono é recuperado, superando em 2% o conteúdo inicial. Para o Ultisol, que inicialmente apresenta um conteúdo em carbono e teor de argila bem inferior aos outros dois, verifica-se um aumento contínuo em carbono nos três anos de cultivo com pastagem. Poder-se-ia considerar que este solo por apresentar um baixo conteúdo inicial em carbono, seria bem mais sensível que os demais, a

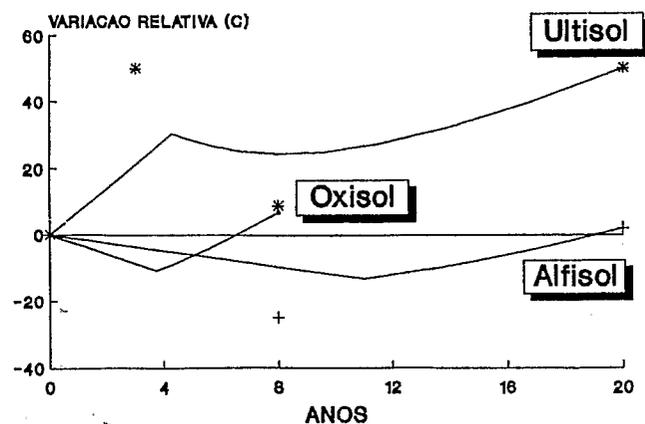


Figura 3. Variação relativa do conteúdo em carbono.

qualquer adição de material orgânico, principalmente se este for proveniente das raízes da própria pastagem, que se renovam anualmente. Neste caso, o uso de técnicas isotópicas, visando a identificação das origens desse incremento em carbono, permitem concluir com maior exatidão este fato.

Estudo da dinâmica da matéria orgânica do solo através do uso de técnicas isotópicas

A matéria orgânica do solo é constituída primordialmente por restos vegetais e animais em vários estádios de decomposição: húmus, que é o produto da degradação bioquímica desses resíduos; organismos, principalmente a biomassa microbiana atuante nos processos de decomposição; e os rizodépósitos que são as substâncias orgânicas liberadas pela raiz das plantas vivas. Cada um desses nutrientes apresenta uma dinâmica particular no solo. Como resultado dessa dinâmica advem dois processos principais: a mineralização e a humificação. Nos ecossistemas naturais as perdas de matéria orgânica, decorrentes dos processos de mineralização, são compensadas pela humificação dos restos vegetais, que naturalmente se incorporam ao solo.

Quando o ecossistema natural é perturbado por alterações climáticas profundas ou pelas ações antrópicas, como é o caso do desmatamento, o equilíbrio é rompido.

A matéria orgânica do solo dos ecossistemas naturais é derivada de uma única fonte: os produtos de degradação das folhas e galhos da vegetação nativa. Já nos agrossistemas, a matéria orgânica do solo é constituída por duas fontes principais: aquela remanescente da decomposição dos resíduos da vegetação nativa e a introduzida pela degradação dos restos culturais.

A utilização de traçadores isotópicos naturais, é uma metodologia que permite distinguir e quantificar essa duas fontes de matéria orgânica no solo, nos agrossistemas. Essa metodologia isotópica foi aplicada a um solo desmatado e utilizado exclusivamente com pastagem na Amazônia Central. Utilizou-se o mesmo solo sob floresta natural como referência das transformações devidas ao desmatamento e cultivo.

Princípio do método isotópico e resultados obtidos em Manaus

As florestas de clima tropical possuem um ciclo fotossintético do tipo C_3 . O $\delta^{13}C$ dos constituintes vegetais é aproximadamente -29‰ . Como a natureza da matéria orgânica do solo é derivada da cobertura vegetal, é de se esperar que os valores de $\delta^{13}C$ sejam aproximadamente idênticos à vegetação que a constituiu. As gramíneas possuem um ciclo fotossintético C_4 , onde o $\delta^{13}C$ dos constituintes vegetais é de -13‰ . Quando o solo sob floresta natural é desmatado e utilizado com gramíneas, espera-se que os resíduos orgânicos da cultura, ao incorporarem-se e decomporem-se no solo, alterem a relação isotópica em $\delta^{13}C$ inicialmente existente.

Os resultados apresentados a seguir, foram obtidos por Choné et al. (1987), Cerri e Volkoff (1988) y Cerri & Andreux (1990) em um Oxisol da região de Manaus. A abundância natural em ^{13}C foi medida em um espectrômetro de massa Finnigan a partir do CO_2 obtido por combustão a $550^\circ C$, em tubos de pirex selados em presença de CuO , de acordo com os procedimentos utilizados na Seção de Isótopos Estáveis do Cena (Volkoff et al., 1982). A abundância natural de cada amostra foi expressa em unidade, usando como referência o padrão internacional PDB de acordo com a seguinte equação:

$$\delta^{13}C = \left\{ \frac{(^{13}C/^{12}C)_a}{(^{13}C/^{12}C)_p} - 1 \right\} \times 1000$$

onde a = amostra, e p = padrão de referência

Os valores de $\delta^{13}C$ das amostras de solo das tres áreas são apresentados na figura 4. No solo sob floresta o valor $\delta^{13}C$ é de aproximadamente 28‰ nas camadas superiores, com um ligeiro aumento para -27‰ em profundidade. Nas áreas cultivadas verifica-se um progressivo aumento do $\delta^{13}C$ do solo a medida que as pastagens tornam-se mais velhas. Na camada de 0-3 cm os valores de $\delta^{13}C$ são de -23‰ e $-17,5\text{‰}$, respectivamente nas áreas com 2 e 8 anos com pastagem. Os valores são de -26‰ e -24‰ na camada de 0-10 cm nos solos com pastagem de 2 e 8 anos, respectivamente.

Como já foi mencionado anteriormente, um solo cultivado apresenta duas origens de matéria orgânica (carbono). No presente

Varição do conteúdo em carbono sob solos de pastagens de diferentes idades em Ouro Preto - RO

Os dados de teor de argila, carbono, densidade do solo e conteúdo de carbono, para solos sob pastagem, estão apresentados na quadro 2.

O conteúdo de carbono na camada de 10-20 cm do Alfisol é semelhante tanto na floresta como nas áreas de pastagem de oito e vinte anos. Assim a alteração da cobertura vegetal e o cultivo não influenciou o conteúdo de carbono na camada de 10-20 cm, nestes solos. Somente na camada de 0-10 cm que se verificam alterações no conteúdo de carbono, que inicialmente era de $32,19 \text{ g de C} \times 10^{-6} \times \text{ha}^{-1}$ e, após oito anos ocorreu uma diminuição de 38%, sendo que o conteúdo inicial foi recuperado após 20 anos. Para o Ultisol, observa-se que o conteúdo total em carbono na camada de 0-20 cm dos solos sob pastagem de diferentes idades é sempre superior ao conteúdo inicial sob floresta.

Entre as camadas (0-10 cm; 10-20 cm) observa-se também que a camada superior apresenta um conteúdo em carbono maior que a camada imediatamente inferior.

Evolução do conteúdo relativo (%) de carbono do solo após o desmatamento e uso com pastagem em duas regiões da Amazônia

Na figura 3 está apresentado as curvas da variação relativa do conteúdo de carbono, do Oxisol, Alfisol e Ultisol.

Os Oxisols de Manaus apresentam uma redução máxima de C de 10% em relação ao valor inicial. O conteúdo mínimo de carbono verifica-se após quatro anos de uso do solo com pastagem. Após oito anos, o valor inicial está recuperado, e é superior em aproximadamente 6%. Observando-se a curva de variação relativa para o Alfisol, nota-se uma redução mais lenta no conteúdo inicial em carbono, o qual sofre uma redução de 10% de seu valor inicial em nove anos. Essa corresponde a metade do tempo observado em Manaus. A maior perda de carbono nesse solo ocorre em aproximadamente onze anos. Após 20

Quadro 2. Características físicas e químicas de dois solos sob pastagem no Município de Ouro Preto do Oeste - Rondônia.
a = argila; C = carbono; d = densidade; Prof. = Profundidade

Idade Anos	Prof. cm	a %	C %	d g/cm ³	Acumulado	
					-----g C x 10 ⁶ x ha ⁻¹ -----	
ALFISOL						
	0-10	30	1,21±0,29	1,65	20,02±4,82	20,02
8	10-20	34	0,95±0,07	1,67	15,92±1,13	35,84
	0-10	34	2,01±0,07	1,64	32,96±1,11	32,96
20	10-20	36	0,93±0,06	1,70	15,81±1,09	48,77
ULTISOL						
	0-10	26	1,48±0,20	1,80	26,58±3,48	26,58
3	10-20	34	0,95±0,12	1,74	18,21±3,63	44,79
	0-10	16	1,20±0,08	1,81	21,72±1,47	21,72
8	10-20	22	0,52±0,06	1,83	9,52±1,17	31,30
	0-10	16	1,44±0,09	1,96	28,29±1,80	28,29
20	10-20	18	0,76±0,06	1,97	14,97±1,20	43,26

anos, o conteúdo em carbono é recuperado, superando em 2% o conteúdo inicial. Para o Ultisol, que inicialmente apresenta um conteúdo em carbono e teor de argila bem inferior aos outros dois, verifica-se um aumento contínuo em carbono nos três anos de cultivo com pastagem. Poder-se-ia considerar que este solo por apresentar um baixo conteúdo inicial em carbono, seria bem mais sensível que os demais, a

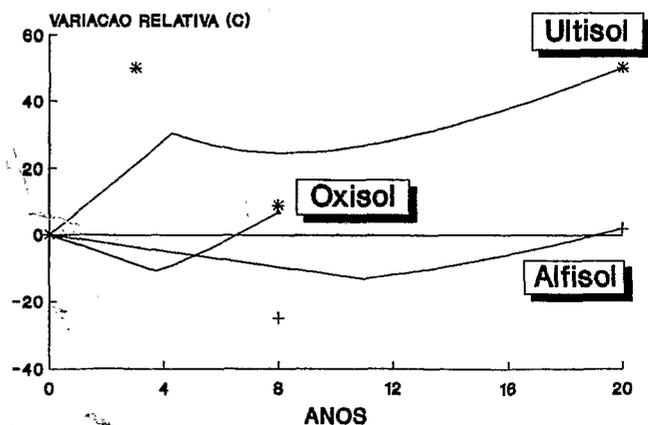


Figura 3. Variação relativa do conteúdo em carbono.

qualquer adição de material orgânico, principalmente se este for proveniente das raízes da própria pastagem, que se renovam anualmente. Neste caso, o uso de técnicas isotópicas, visando a identificação das origens desse incremento em carbono, permitem concluir com maior exatidão este fato.

Estudo da dinâmica da matéria orgânica do solo através do uso de técnicas isotópicas

A matéria orgânica do solo é constituída primordialmente por restos vegetais e animais em vários estádios de decomposição: húmus, que é o produto da degradação bioquímica desses resíduos; organismos, principalmente a biomassa microbiana atuante nos processos de decomposição; e os rizodepósitos que são as substâncias orgânicas liberadas pela raiz das plantas vivas. Cada um desses nutrientes apresenta uma dinâmica particular no solo. Como resultado dessa dinâmica advem dois processos principais: a mineralização e a humificação. Nos ecossistemas naturais as perdas de matéria orgânica, decorrentes dos processos de mineralização, são compensadas pela humificação dos restos vegetais, que naturalmente se incorporam ao solo.

Quando o ecossistema natural é perturbado por alterações climáticas profundas ou pelas ações antrópicas, como é o caso do desmatamento, o equilíbrio é rompido.

A matéria orgânica do solo dos ecossistemas naturais é derivada de uma única fonte: os produtos de degradação das folhas e galhos da vegetação nativa. Já nos agrossistemas, a matéria orgânica do solo é constituída por duas fontes principais: aquela remanescente da decomposição dos resíduos da vegetação nativa e a introduzida pela degradação dos restos culturais.

A utilização de traçadores isotópicos naturais, é uma metodologia que permite distinguir e quantificar essa duas fontes de matéria orgânica no solo, nos agrossistemas. Essa metodologia isotópica foi aplicada a um solo desmatado e utilizado exclusivamente com pastagem na Amazônia Central. Utilizou-se o mesmo solo sob floresta natural como referência das transformações devidas ao desmatamento e cultivo.

Princípio do método isotópico e resultados obtidos em Manaus

As florestas de clima tropical possuem um ciclo fotossintético do tipo C_3 . O $\delta^{13}C$ dos constituintes vegetais é aproximadamente -29‰ . Como a natureza da matéria orgânica do solo é derivada da cobertura vegetal, é de se esperar que os valores de $\delta^{13}C$ sejam aproximadamente idênticos à vegetação que a constituiu. As gramíneas possuem um ciclo fotossintético C_4 , onde o $\delta^{13}C$ dos constituintes vegetais é de -13‰ . Quando o solo sob floresta natural é desmatado e utilizado com gramíneas, espera-se que os resíduos orgânicos da cultura, ao incorporarem-se e decompor-se no solo, alterem a relação isotópica em $\delta^{13}C$ inicialmente existente.

Os resultados apresentados a seguir, foram obtidos por Choné et al. (1987), Cerri e Volkoff (1987) y Cerri & Andreux (1990) em um Oxisol da região de Manaus. A abundância natural em ^{13}C foi medida em um espectrômetro de massa Finnigan a partir do CO_2 obtido por combustão a 550 °C , em tubos de pirex selados em presença de CuO , de acordo com os procedimentos utilizados na Seção de Isótopos Estáveis do Cena (Volkoff et al., 1982). A abundância natural de cada amostra foi expressa em unidade, usando como referência o padrão internacional PDB de acordo com a seguinte equação:

$$\delta^{13}C = \left\{ \frac{(^{13}C/^{12}C)_a}{(^{13}C/^{12}C)_p} - 1 \right\} \times 1000$$

onde a = amostra, e p = padrão de referência

Os valores de $\delta^{13}C$ das amostras de solo das tres áreas são apresentados na figura 4. No solo sob floresta o valor $\delta^{13}C$ é de aproximadamente 28‰ nas camadas superiores, com um ligeiro aumento para -27‰ em profundidade. Nas áreas cultivadas verifica-se um progressivo aumento do $\delta^{13}C$ do solo a medida que as pastagens tornam-se mais velhas. Na camada de 0-3 cm os valores de $\delta^{13}C$ são de -23‰ e $-17,5\text{‰}$, respectivamente nas áreas com 2 e 8 anos com pastagem. Os valores são de -26‰ e -24‰ na camada de 0-10 cm nos solos com pastagem de 2 e 8 anos, respectivamente.

Como já foi mencionado anteriormente, um solo cultivado apresenta duas origens de matéria orgânica (carbono). No presente

caso, denominamos Cf o carbono do solo remanescente do ecossistema natural (floresta) e Cp o carbono introduzido pelos restos da pastagem. Após o desmatamento não há mais, obviamente, a entrada de resíduos de plantas de ciclo fotossintético C_3 . Nota-se claramente, portanto, que o carbono do solo originário da floresta (Cf) diminui progressivamente após o desmatamento e uso do solo com pastagem (figura 5). Por outro lado, o carbono do solo, originário da pastagem (Cp) aumenta com o tempo de cultivo.

CONCLUSÕES

O conteúdo de carbono está diretamente relacionado à textura dos solos estudados. O solo que apresenta um maior conteúdo em carbono é oxisol de Manaus, onde o teor de argila é bem superior ao dos Alfisols e Ultisols. Tanto o oxisol como o alfisol, sofrem uma redução no conteúdo inicial de C após o desmatamento. O oxisol, mais argiloso, apresenta uma redução bastante rápida de seu C biodegradável, ao passo que o alfisol, necessita nove anos para perder a mesma quantidade de C observado em quatro anos pelo oxisol. O ultisol, que apresenta um conteúdo em C menor que os outros dois solos, é o mais sensível a qualquer incremento de C no solo, principalmente se este incremento for oriundo da renovação do sistema radicular das pastagens, que ocorre anualmente.

As técnicas isotópicas mostram-se muito úteis na compreensão da dinâmica da matéria orgânica do solo sob pastagem, no que se refere a perda de carbono nativo e ganhos devido aos restos vegetais. O uso do ^{13}C como traçador natural, permite concluir que para os Oxisolos de Manaus, bem manejados, a perda de matéria orgânica potencialmente biodegradável se dá num período inferior a oito anos. O conteúdo inicial da matéria orgânica do solo é restabelecido após oito anos de pastagem. Do total presente no solo neste período, aproximadamente 45% da matéria orgânica do solo foi introduzida pela pastagem, sendo que o remanescente é constituído de carbono estável remanescente da floresta original.

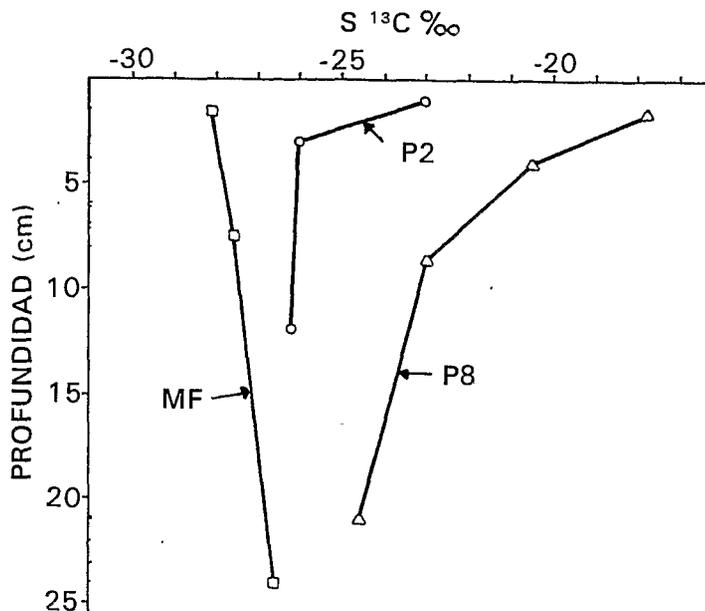


Figura 4. Variação do $\delta^{13}C$ do solo. MF = solo sob mata natural; P₂ = solo sob pastagem de dois anos; P₈ = solo sob pastagem de oito anos.

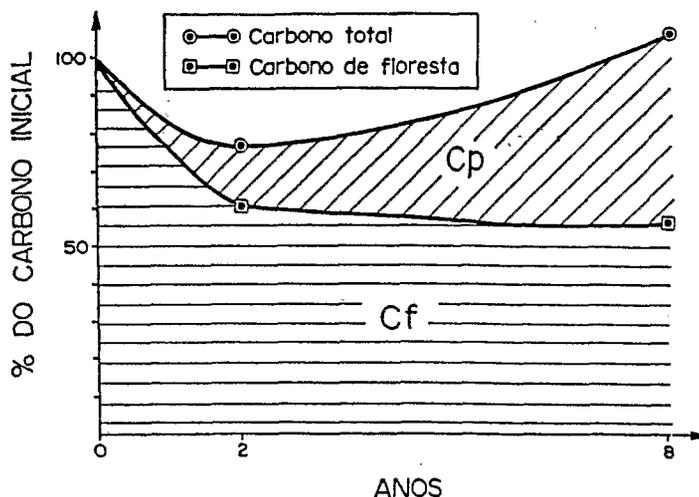


Figura 5. Porcentagens de variação do conteúdo de Carbono Total do solo (CT), carbono remanescente da mata natural (Cf) e introduzido pela pastagem (Cp) de dois e oito anos de idade.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

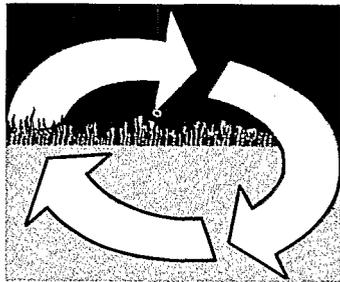
- BARBOSA, R. C. M.; NEVES, A. D. de S. 1983. Levantamento semidetalhado dos solos da estação experimental de Ouro Preto-RO. Ilhéus, BA, Brasil. CEPLAC/CEPEC. Boletim Técnico nº 105.
- BRASIL-PROJETO RADAM. 1976. Levantamento de recursos naturais (Santa-rém). DNPM, Ministério das Minas e Energia, 10, 510p.
- CERRI, C. C.; ANDREUX, F. G. 1990. Changes in organic carbon content in oxisols cultivated with sugar cane and pasture, based on ^{13}C natural abundance measurement. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF SOIL SCIENCE, 14. Kyoto, 1990. Transaction. Kyoto, ISSS. p. 98-103.
- CERRI, C. C.; VOLKOFF, B. 1987. Carbon content in a yellow latossol of central Amazon rain forest. *Acta Ecologica*, 8(1):29-42.
- CHONÉ, T.; ANDREUX, F.; CORREA, J. C.; VOLKOFF, B.; CERRI, C. C. 1987. Changes of isotopic composition (^{13}C) of organic matter in a latossolo from the Central Amazon forest, during eight years of use as pasture. In: 8ème Symposium International de Biogéochimie des Milieu Natureles. Nancy-France, 14-18 de setembro.
- FALESI, I. C.; VEIGA, J. B. da. 1986. In: Pastagens da Amazônia, A. M. Peixoto; J. C. Moura e V. P. de Farias, eds.) FEALQ-Piracicaba, SP; p. 1-26.
- FEARNSIDE, P. M. 1990. Deforestation rate in Brazilian Amazonia; apostila de aula, INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISA DA AMAZÔNIA.
- KAMPRATH, E. J.; WELCH, C. D. 1962. Retention and cation-exchange properties of organic matter in coastal plain soils. *Soil Science Society of America Proceedings*, Madison, 26:267-5.
- LEPSCH, I. F. 1980. Influência do cultivo de *Eucalyptus* e *Pinus* nas propriedades químicas de solos sob cerrado. *Rev. Brasileira Ciência do Solo*, 4:103-7.
- LUCAS, Y.; CHAUVEL, A.; BOULET, R.; SCATOLINI, F. 1989. Transição latossolos-podzóis sobre a formação Barreiras na região de Manaus, Amazônia. *Rev. Brasileira de Ciência de Solo*, 8(3): 325-35.
- VOLKOFF, B.; MATSUI, E.; CERRI, C. C. 1982. Discriminação isotópica do carbono no húmus de latossolos e podzol na região amazônica do Brasil. In: Anais do Colóquio Regional sobre matéria orgânica do solo. USP, São Paulo. p. 171-174.

NUMERO ESPECIAL

Editores:

ALEJANDRO MORON*
WALTER BAETHGEN**

SIMPOSIO



SUSTENTABILIDAD DE LAS ROTACIONES CULTIVO-PASTURA EN EL CONO SUR

CONTENIDO

Número 1, Diciembre de 1992. Tomo I

Dinámica del nitrógeno en sistemas de rotación cultivos-pastura.	3
<i>Walter E. Baethgen</i>	
Evolución del nitrógeno total en rotaciones con pasturas. <i>Roberto Díaz Roselló</i>	27
Avanços e perspectivas na pesquisa sobre fixação biológica de nitrogênio em plantas não leguminosas. <i>Johanna Döbereiner</i>	37
El fósforo en el sistema suelo-planta.	45
<i>Alejandro Morón</i>	
Dinámica del fósforo en tres sistemas agrícolas en el sureste de Uruguay	61
<i>Alejandro Morón, Jorge C. Kiehl</i>	
Dinámica del fósforo en los suelos con especial referencia a la disponibilidad en rotaciones de cultivos y pasturas. <i>José P. Zamalvide</i>	85
Dinámica do carbono orgánico em solos vinculados a pastagens da Amazônia Brasileira	95
<i>C. C. Cerri, J. F. L. de Moraes, B. Wolkoff</i>	
Evolución de la materia orgánica en rotaciones de cultivos con pasturas	103
<i>Roberto Díaz Roselló</i>	
Estudios de C, N y P en la biomasa microbiana del suelo en tres sistemas de rotación agrícola	111
<i>Adriana García, Alejandro Morón</i>	
Propiedades físicas y erosión en rotaciones de cultivos y pasturas	127
<i>Fernando García Préchac</i>	

* INIA LA ESTANZUELA.

** INTERNATIONAL FERTILIZER DEVELOPMENT CENTER.



Revista INIA de Investigaciones Agronómicas Nº 1. Diciembre 1992. Tomo I.

© INIA

PUBLICADO POR LA GERENCIA DE DIFUSION E INFORMACION. INIA DIRECCION NACIONAL ANDES 1365 P.12-MONTEVIDEO TEL. 92 05 50 - FAX: 92 35 33

El INIA, Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, fue creado en octubre de 1989 por Ley Nº 16.065, como persona jurídica de derecho público no estatal. Tiene como objetivos principales: a) formular y ejecutar los programas de investigación agropecuaria tendientes a generar y adaptar tecnologías adecuadas a las necesidades del país y a las condiciones socio-económicas de la producción agropecuaria, b) participar en el desarrollo de un acervo científico y tecnológico nacional en el área agropecuaria a través de su propia actividad o de una eficiente coordinación, c) articular una efectiva transferencia de la tecnología generada con las organizaciones de asistencia técnica y extensión que funcionan a niveles público o privado. El Instituto está dirigido por una Junta Directiva compuesta por dos representantes del Poder Ejecutivo y dos representantes de los Productores. Desarrolla sus actividades de generación-transferencia a través de una Dirección Nacional y 5 Estaciones Experimentales cuyas áreas de influencia cubren la totalidad del territorio nacional. Mediante el Fondo de Promoción Tecnológica financia proyectos de investigación ejecutados por terceras instituciones.

REVISTA
INIA
DE

INVESTIGACIONES AGRONOMICAS