

# ESTOQUES DE CARBONO E NITROGÊNIO DO SOLO CULTIVADO COM CAFÉ EM ATMOSFERA ENRIQUECIDA COM CO<sub>2</sub>

CS Carvalho, VS Ribeirinho, FG Bernardoni, AMM Pires e CA Andrade

Este trabalho objetivou avaliar os estoques de carbono (C) e nitrogênio (N) do solo em área sob cultivo de café com enriquecimento atmosférico de CO<sub>2</sub>. O experimento está localizado no Campo Experimental II da Embrapa Meio Ambiente (latitude 22°43'06" S e longitude 47°01'09" O), localizado em Jaguariúna-SP, cujo clima segundo a classificação de Köppen é tropical úmido (Cwa). O solo da área é classificado como Latossolo Vermelho distroférrico de textura argilosa (EMBRAPA, 2006). A variedade de cafeeiro utilizada foi a Catuaí Vermelho IAC-144, plantada em março de 2010, com espaçamento de 3,5 m entre linhas e de 0,6 m entre plantas.

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, no qual foram construídos doze anéis espaçados de 70 m um do outro e com diâmetro de 10 metros. Dos doze anéis, seis receberam aplicação de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e outros seis permaneceram sem aplicação (controle).

O enriquecimento atmosférico com CO<sub>2</sub> foi iniciado em agosto de 2011. A aplicação do CO<sub>2</sub> foi feita a partir de um tanque vertical, com capacidade para 30 t, localizado próximo ao experimento, sendo o gás conduzido por tubulações de cobre até o local das parcelas. A liberação do gás foi controlada de maneira que a atmosfera apresentasse concentração aproximadamente de 200 ppm de CO<sub>2</sub> superior à concentração da atmosfera natural. A velocidade e direção do vento determinam os fluxos de injeção do gás, com intuito de aplicá-lo somente no interior de cada anel. Deste modo, o fluxo de gás é interrompido quando a velocidade do vento for superior a 4 m s<sup>-1</sup> ou inferior a 0,5 m s<sup>-1</sup>, assim obteve-se valores de 550 μmol mol<sup>-1</sup> de CO<sub>2</sub> para o tratamento enriquecido e de 390 μmol mol<sup>-1</sup> de CO<sub>2</sub> para o tratamento controle. Mais detalhes do experimento podem ser encontrados em Ghini et al. (2015).

A amostragem de solo foi realizada em março de 2015 (43 meses após o início da aplicação de CO<sub>2</sub>), em que foram coletadas amostras indeformadas e deformadas para análises de densidade, e de carbono e nitrogênio totais, respectivamente.

Na parte interna de cada anel foi aberta uma trincheira para a retirada de amostras indeformadas até 1 m de profundidade utilizando cilindros metálicos com capacidade interna de 99,64 cm<sup>3</sup>. Nas camadas de 0-5, 5-10, 10-20 e 20-40 cm, as trincheiras foram localizadas perpendicularmente a linha do café para possibilitar a amostragem do solo nas seguintes posições: ao lado da linha de cultivo, no centro da entrelinha e em posição intermediária às duas primeiras. Para as demais camadas, 40-60, 60-80 e 80-100 cm, foram coletadas amostras indeformadas de solo em apenas uma parcela de cada tratamento, abertas em área externa ao anel. Decisão baseada em função de não serem esperadas alterações da densidade em tais profundidades com o tempo de experimento. O valor obtido para densidade será empregado apenas para o cálculo do estoque de C e de N em função da necessidade de preservação da área limitada dentro do anel. A densidade do solo foi determinada gravimetricamente pela razão entre a massa da amostra seca em estufa a 105-110° C e o volume do anel (Camargo et al., 2009).

As amostras deformadas foram coletadas com auxílio de trado tipo holandês nas mesmas camadas e posições coletadas para densidade. Foram amostrados nove pontos por parcela, sendo três em cada uma das posições anteriormente mencionadas, de forma a compor amostra representativa da parcela. Após a coleta, as amostras foram secas ao ar, homogeneizadas e passadas em peneira com malha de abertura 2 mm. Em seguida, subamostras de 10 a 15 g foram moídas e passadas em peneira de 0,150 mm, e encaminhadas para quantificação dos teores totais de C e de N pelo método de combustão a seco em analisador elementar da marca Leco, modelo TruSpec CN<sup>®</sup>.

A partir dos valores dos teores totais de C, de N e da densidade do solo, foram calculados os estoques de C e de N para cada profundidade de acordo com a equação:

$$E = 1000000 \times T \times \frac{(De + Di + Dl)}{3} \times e$$

Em que:

E = estoque de carbono em kg ha<sup>-1</sup>; T = teor de carbono em % (m/m); De = densidade do solo na entrelinha em g cm<sup>-3</sup>; Di = densidade do solo na posição intermediária em g cm<sup>-3</sup>; Dl = densidade do solo na linha de cultivo em g cm<sup>-3</sup>; e = espessura em metros da camada de solo considerada.

Incrementos nos teores de carbono (C) e de nitrogênio (N) do solo em função do enriquecimento de CO<sub>2</sub> somente foram verificados na camada mais superficial (0-5 cm) (Tabela 1). Na camada 0-5 cm os teores de C e de N no tratamento com CO<sub>2</sub> foram 18% superiores aos verificados no tratamento controle. De modo geral, os teores de C e de N diminuíram ao longo do perfil do solo, o que é esperado com o aumento da profundidade do solo em função do gradiente de carbono.

A relação C/N do solo não foi alterada com os tratamentos e sua variação no perfil do solo (C/N de 12,0 a 13,7) pode ser considerada pequena (Tabela 1).

Aumento nos teores de C no solo em função do enriquecimento atmosférico com CO<sub>2</sub> também foram observados por outros autores. Dijkstra et al. (2012) em compilação de 27 trabalhos com enriquecimento atmosférico de CO<sub>2</sub> e observaram a ocorrência de incrementos nos teores de C na camada superficial do solo, em alguns estudos, até a profundidade de 20 cm.

A densidade do solo não foi influenciada pelo enriquecimento atmosférico com CO<sub>2</sub> (550 μmol mol<sup>-1</sup>) (Tabela 2). Os valores de densidade até a profundidade de 40 cm, estão dentro da faixa considerada adequada (1,25 a 1,40 g cm<sup>-3</sup>) para o desenvolvimento de raízes, sem a ocorrência de impedimentos físicos (Reynolds et al., 2007). A densidade do solo nas camadas superficiais pode diminuir quando ocorre constante aporte de resíduos vegetais, uma vez que esses resíduos apresentam baixa densidade e maior porosidade quando comparado a fração mineral do solo (Celik et al., 2004).

**Tabela 01.** Teores totais de carbono e nitrogênio e relação C/N do solo em função do enriquecimento ou não atmosférico de CO<sub>2</sub> em área com cultivo de cafeeiro.

Prof. (cm)	Carbono g kg <sup>-1</sup>		Nitrogênio g kg <sup>-1</sup>		Relação C/N	
	com CO <sub>2</sub> <sup>(1)</sup>	sem CO <sub>2</sub> <sup>(2)</sup>	com CO <sub>2</sub> <sup>(1)</sup>	sem CO <sub>2</sub> <sup>(2)</sup>	com CO <sub>2</sub> <sup>(1)</sup>	sem CO <sub>2</sub> <sup>(2)</sup>
0-5	34,87 <b>a</b>	29,62 <b>b</b>	2,62 <b>a</b>	2,22 <b>b</b>	13,37 <b>a</b>	13,48 <b>a</b>
5-10	21,97 <b>a</b>	20,33 <b>a</b>	1,62 <b>a</b>	1,52 <b>a</b>	13,53 <b>a</b>	13,54 <b>a</b>
10-20	21,48 <b>a</b>	25,16 <b>a</b>	1,62 <b>a</b>	1,78 <b>a</b>	13,20 <b>a</b>	13,70 <b>a</b>
20-40	15,13 <b>a</b>	15,14 <b>a</b>	1,22 <b>a</b>	1,22 <b>a</b>	12,51 <b>a</b>	12,38 <b>a</b>
40-60	14,84 <b>a</b>	13,45 <b>a</b>	1,17 <b>a</b>	1,08 <b>a</b>	12,84 <b>a</b>	12,44 <b>a</b>
60-80	13,22 <b>a</b>	11,26 <b>a</b>	1,02 <b>a</b>	0,93 <b>a</b>	13,00 <b>a</b>	11,99 <b>a</b>
80-100	12,77 <b>a</b>	12,18 <b>a</b>	0,98 <b>a</b>	0,97 <b>a</b>	12,61 <b>a</b>	12,91 <b>a</b>

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem entre si estatisticamente no teste de t ao nível de 5% de significância. <sup>(1)</sup> Tratamento com enriquecimento atmosférico de CO<sub>2</sub>, concentração de 550 µmol mol<sup>-1</sup>. <sup>(2)</sup> Tratamento controle, concentração ambiente de CO<sub>2</sub> à 390 µmol mol<sup>-1</sup>.

**Tabela 02.** Densidade do solo e estoque de carbono e nitrogênio em função do enriquecimento ou não atmosférico de CO<sub>2</sub> em área com cultivo de cafeeiro.

Prof. (cm)	Densidade g cm <sup>-3</sup>		Estoque de C kg ha <sup>-1</sup>		Estoque de N kg ha <sup>-1</sup>	
	com CO <sub>2</sub> <sup>(1)</sup>	sem CO <sub>2</sub> <sup>(2)</sup>	com CO <sub>2</sub> <sup>(1)</sup>	sem CO <sub>2</sub> <sup>(2)</sup>	com CO <sub>2</sub> <sup>(1)</sup>	sem CO <sub>2</sub> <sup>(2)</sup>
0-5	1,27 <b>a</b>	1,32 <b>a</b>	22.124 <b>a</b>	19.566 <b>b</b>	1.652 <b>a</b>	1.451 <b>b</b>
5-10	1,42 <b>a</b>	1,39 <b>a</b>	15.590 <b>a</b>	14.094 <b>a</b>	1.154 <b>a</b>	1.041 <b>a</b>
10-20	1,43 <b>a</b>	1,43 <b>a</b>	30.635 <b>a</b>	36.228 <b>a</b>	2.318 <b>a</b>	2.561 <b>a</b>
20-40	1,41 <b>a</b>	1,41 <b>a</b>	42.462 <b>a</b>	42.684 <b>a</b>	3.400 <b>a</b>	3.447 <b>a</b>
40-60	1,33*	1,31*	39.288 <b>a</b>	35.616 <b>a</b>	3.057 <b>a</b>	2.860 <b>a</b>
60-80	1,28*	1,29*	34.043 <b>a</b>	28.975 <b>a</b>	2.609 <b>a</b>	2.414 <b>a</b>
80-100	1,26*	1,29*	32.618 <b>a</b>	31.124 <b>a</b>	2.516 <b>a</b>	2.472 <b>a</b>

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem entre si estatisticamente no teste de t ao nível de 5% de significância. <sup>(1)</sup> Tratamento com enriquecimento atmosférico de CO<sub>2</sub>, concentração de 550 µmol mol<sup>-1</sup>. <sup>(2)</sup> Tratamento controle, concentração ambiente de CO<sub>2</sub> à 390 µmol mol<sup>-1</sup>. \* Amostra coletada em apenas um ponto por tratamento.

Em função das alterações nos teores de C e de N no solo e da ausência de resposta da densidade nos tratamentos com CO<sub>2</sub>, os resultados dos estoques de C e de N acompanharam o ocorrido para os teores (Tabela 2). O incremento no estoque de C da camada 0-5 cm nos tratamentos com enriquecimento da atmosfera com CO<sub>2</sub> foi de 2.598 kg ha<sup>-1</sup>, enquanto o de N foi igual a 201 kg ha<sup>-1</sup>. Graff et al. (2006) em estudo de modelagem da dinâmica do C do solo com compilação de 59 trabalhos utilizando experimentos tipo FACE em campo, constataram que o enriquecimento atmosférico com CO<sub>2</sub> promove aumento de 1,2% ano<sup>-1</sup> de C na camada até 20 cm. No entanto, há estimativa de que para a ocorrência de alterações no C do solo até 20 cm de profundidade em função do enriquecimento com CO<sub>2</sub> atmosférico, seriam necessários de sete a dez anos (Smith, 2004).

O enriquecimento da atmosfera em 200 mg L<sup>-2</sup> de CO<sub>2</sub> na cultura do café proporcionou ganhos de carbono e nitrogênio no solo após 43 meses de implantação do experimento.