



## BALANÇO DE CARBONO E QUALIDADE DO SOLO EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO COM PLANTIO DIRETO E ROTAÇÃO DE CULTURAS

Iana Rísia Alves dos **Santos**<sup>1</sup>; Aildson Pereira **Duarte**<sup>2</sup>; Adriana Parada Dias da **Silveira**<sup>3</sup>; Isabella Clerici **De Maria**<sup>4</sup>

Nº 14115

**RESUMO** - Atualmente muito se discute a cerca da produtividade agrícola, conservação do solo, emissões de gases do efeito estufa (GEE's), sendo necessário desenvolver práticas agrícolas que garantam sustentabilidade aos sistemas de produção agrícola. Entre os sistemas de manejo do solo que podem manter ou recuperar a qualidade do solo e diminuir a emissão de GEE's destaca-se o sistema plantio direto que apresenta melhorias nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, como aumento dos níveis de matéria orgânica do solo, agregação, infiltração de água. Assim como o plantio direto, espera-se que a rotação de culturas também promova efeitos benéficos ao solo e aos estoques de carbono. Os microrganismos presentes no solo são responsáveis pelo processo de decomposição da matéria orgânica, correspondendo à parte ativa no ciclo de carbono no solo, sendo um importante indicador da qualidade e do balanço de carbono no solo. Desta forma, este trabalho teve como objetivo medir atributos microbiológicos – carbono da biomassa microbiana, taxa de respiração (emissão de CO<sub>2</sub>) e coeficiente metabólico - em diferentes sistemas de rotação de culturas com plantio direto, em um experimento instalado no verão de 2010/2011 no município de Capão Bonito – SP (APTA) e relacioná-los com a qualidade do solo e com o balanço de carbono. O carbono da biomassa e coeficiente metabólico foram indicadores capazes de mostrar a influência dos tratamentos na qualidade do solo. Concluiu-se que a rotação de culturas ajuda a preservar o carbono da biomassa microbiana no solo.

**Palavras-chaves:** qualidade do solo, carbono da biomassa, respiração basal, coeficiente metabólico, rotação de culturas.

1 Autor, Bolsista CNPq (PIBIC): Graduação em Engenharia Ambiental, PUCC, Campinas-SP; [ianarisia@gmail.com](mailto:ianarisia@gmail.com)

2 Pesquisador: Centro de Grãos e Fibras - Instituto Agrônomo (IAC), Campinas-SP; [aildson@apta.sp.gov.br](mailto:aildson@apta.sp.gov.br).

3 Pesquisadora: Centro de Solos e Recursos Ambientais - Instituto Agrônomo (IAC), Campinas-SP; [apdsil@iac.sp.gov.br](mailto:apdsil@iac.sp.gov.br).

4 Orientadora: Pesquisadora: Centro de Solos e Recursos Ambientais - Instituto Agrônomo (IAC), Campinas-SP; [icdmaria@iac.sp.gov.br](mailto:icdmaria@iac.sp.gov.br)



**ABSTRACT-** *Currently much is discussed about agricultural productivity, soil conservation, emissions of greenhouse gases (GHGs), and the necessity to develop agricultural practices that ensure the sustainability of agricultural production systems. Among the systems of soil management that can maintain or restore soil quality and reduce emission of GHGs the no-tillage system stands out since it leads to improvements in physical, chemical and biological soil properties, such as increasing in soil organic matter levels, aggregation, water infiltration. Just as no-till, it is expected that crop rotation also promotes benefits to soil and carbon stocks. The microorganisms present in the soil are responsible for organic matter decomposition process, corresponding to the active part in the carbon cycle in the soil and as an important indicator of soil quality and balance of carbon in the soil. Thus, this study aims to measure microbiological attributes - microbial biomass, respiration rate (CO<sub>2</sub>) and metabolic coefficient - in different crop rotation systems under no-tillage, in an experiment installed in the summer of 2010/2011 in Capão Bonito - SP (APTA) and relate them to soil quality and carbon balance in soil. The biomass carbon and metabolic coefficient indicators were able to show the influence of the treatments on soil quality. It was concluded that crop rotation systems contributes to the preservation the microbial biomass carbon in soil.*

**Key-words:** soil quality, biomass carbon, basal respiration, metabolic coefficient, crop rotation.

## 1 INTRODUÇÃO

Atualmente muito se discute a cerca da produtividade agrícola, conservação do solo, emissões de gases do efeito estufa (GEE's), sendo necessário desenvolver práticas agrícolas que garantam sustentabilidade aos sistemas de produção agrícola.

Entre os sistemas de manejo do solo que podem manter ou recuperar a qualidade do solo e diminuir a emissão de GEE's destaca-se o sistema plantio direto, que por meio do acúmulo da palhada, decorrente das culturas de cobertura e dos restos culturais de lavouras comerciais e por não necessitar de operações de preparo do solo, como aração e gradagem, resulta em melhorias nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, como aumento dos níveis de matéria orgânica do solo, agregação, infiltração de água (DE MARIA ET AL., 1993; CASTRO FILHO ET AL., 1998).

Assim como o plantio direto, espera-se que a rotação de culturas promova efeitos benéficos ao solo e aos estoques de carbono no mesmo. A rotação de culturas em um mesmo terreno objetiva melhorar a distribuição das culturas na propriedade, manter os níveis de matéria orgânica no solo, aumentar a produtividade e reduzir perdas por erosão, além de influenciar na manutenção



da fertilidade do solo (BERTONI & LOMBARDI NETO, 2010).

As propostas de sistemas de produção agrícola sustentáveis são justificadas pelos impactos causados pelas atividades agrícolas nos atributos físicos, químicos e biológicos do solo, sendo necessários indicadores das alterações provocadas pelo sistema de manejo do solo nestes atributos. A matéria orgânica do solo (MOS) é um dos principais indicadores da qualidade de um sistema de produção, por estar intimamente relacionada com as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. A MOS refere-se a reserva de carbono e nitrogênio, responsável pela estruturação do solo, pelo acúmulo de água e pelo fornecimento de nutrientes para as plantas. (COSTA JÚNIOR, 2008).

Os microrganismos presentes no solo são responsáveis pelo processo de decomposição da matéria orgânica, correspondendo à parte ativa no ciclo de carbono no solo, sendo um importante indicador da qualidade e do balanço de carbono no solo. Em relação aos atributos biológicos comumente usados em projetos de pesquisa, encontram-se o Carbono da biomassa microbiana, taxa de respiração (respiração basal) e o coeficiente metabólico (SILVA ET AL., 2007; COSTA JÚNIOR, 2008).

Buscando a melhoria da qualidade do solo com novos sistemas de manejo sustentáveis, este trabalho avaliou, por meio de indicadores microbiológicos, os efeitos de diferentes sistemas de rotação de culturas com plantio direto sobre a qualidade e o balanço de carbono no solo, visando também à mitigação do GEE's. Desta forma, este trabalho teve como objetivo medir atributos microbiológicos – carbono da biomassa microbiana, taxa de respiração (emissão de CO<sub>2</sub>) e coeficiente metabólico - em diferentes tratamentos e relacioná-los com a qualidade do solo e com o balanço de carbono.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

Os tratamentos, que fazem parte de um experimento instalado no verão de 2010/2011 no Polo Regional Sudoeste Paulista da APTA, no município de Capão Bonito – SP, foram:

Tratamento 1: trigo/milho/trigo/milho/trigo/milho/trigo/milho (sucessão de gramíneas I);

Tratamento 2: trigo/milho/milho sf/milho/milho sf/milho/milho sf/milho (monocultura II);

Tratamento 3: trigo/soja/trigo/milho/trigo/soja/trigo/milho (rotação de culturas I);

Tratamento 4: trigo/soja/milho sf/milho/milho sf/soja/milho sf/milho (rotação de culturas );

Tratamento 5: trigo/soja/trigo/soja/trigo/soja/trigo/soja (sucessão de culturas III);

Tratamento 6: trigo/milho/trigo/soja/trigo/milho/soja (rotação de culturas III).



## 8º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2014 12 a 14 de agosto de 2014 – Campinas, São Paulo

Os tratamentos 2 e 4 tiveram 4 repetições e os demais 5 repetições. Na época de amostragem (início de verão 2013/2014) os tratamentos 1 a 4 estavam cultivados com milho e os tratamentos 5 e 6 com soja. As sucessões de culturas representam monoculturas, uma vez que são utilizadas as mesmas culturas no verão e no inverno.

Foram coletadas amostras em duas camadas, 0-0,20 m e 0,20-0,40 m, no mês de novembro de 2013. As amostras foram peneiradas (#2mm) e guardadas na geladeira até as análises. As análises realizadas seguiram a metodologia do laboratório de microbiologia do solo do Instituto Agrônomo (IAC) em Campinas-SP e são descritas a seguir.

### 2.1 Análise de Carbono da Biomassa Microbiana do Solo

Utilizou-se o método de VANCE ET AL. (1987). Pesou-se 70g de cada amostra nos recipientes, previamente identificados, adicionou-se 60% da capacidade máxima de retenção de água (15,8 ml) e levou-se a estufa (25 a 30 °C) por 3 dias. Após esse período, utilizou-se o método de fumigação-extração para a determinação do carbono da biomassa microbiana. Neste método, retirou-se duas porções da amostra (20 g cada), sendo que uma foi mantida ao natural e passou-se pelo processo de extração com  $K_2SO_4$  a 0,5 mol / L, e a outra porção foi fumigada num dessecador contendo um béquer com 20 ml de cloróformio livre de etanol e outro béquer com aproximadamente 20 ml de água, para a eliminação dos microrganismos vivos. O carbono da biomassa microbiana foi quantificado pelo método de oxidação com dicromato  $K_2Cr_2O_7$ .

### 2.2 Análise da respiração basal do solo (liberação de $CO_2$ )

Pesou-se 100 g de amostra em cada vidro de respirometria, fazendo 3 repetições para cada amostra. Em seguida, adicionou-se 60% da máxima capacidade de retenção de água deste solo (equivalente a 22,5 ml), cobriu-se com filme transparente e levou-se a incubadora à 28 °C por dois dias. Fez-se três brancos, onde os vidros encontravam-se sem amostra.

Após o período de incubação, adicionou-se a cada vidro um erlenmeyer de 50 ml contendo 10 ml de NaOH a 1N. Tampou-se novamente os vidros com papel filme e deixou-se na incubadora por dois a quatro dias à 28°C. Depois do tempo determinado, retirou-se o erlenmeyer do vidro, adicionou-se 1 ml de cloreto de bário a 50% e 2 gotas de fenolftaleína e fez-se a titulação com HCl a 0,1 N, onde quantificou-se o  $CO_2$  liberado do solo que reagiu com NaOH.

### 2.3 Cálculo do coeficiente metabólico

O coeficiente metabólico ( $qCO_2$ ) foi obtido pela relação entre a respiração basal do solo e o



## 8º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2014 12 a 14 de agosto de 2014 – Campinas, São Paulo

carbono da biomassa microbiana e foi usado como indicador da eficiência da comunidade microbiana em incorporar carbono à própria biomassa (ANDERSON & DOMSH, 1989).

Foram analisadas 58 amostras, correspondentes aos 6 tratamentos, divididas entre as duas profundidades coletadas (0-0,20 m e 0,20-0,40 m). Para a discussão dos resultados foi calculada a média dos valores encontrados para carbono da biomassa e respiração basal do solo para cada tratamento, assim como para o coeficiente metabólico.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a avaliação dos resultados das análises de respirometria e carbono da biomassa microbiana ( $C_{mic}$ ) os tratamentos foram reagrupados em duplas, sendo um uma monocultura e o outro a rotação de cultura correspondente. Assim, para avaliar os efeitos dos diferentes tipos de manejo sobre os atributos biológicos do solo, os tratamentos T1 e T3, T2 e T4, T5 e T6 foram comparados entre si, com T1, T2 e T5 contendo monoculturas e T3, T4 e T6, rotações de culturas.

Com relação à taxa de respiração, que quantifica a emissão de  $CO_2$  do solo, verificou-se não haver um comportamento regular entre os tratamentos com monocultura e com rotação de culturas (Tabela 1) que padronizem uma relação entre este atributo e o sistema de manejo. O que pode-se observar foram maiores taxas de emissão de  $CO_2$  na camada 0,20-0,40 m nos tratamentos 5 e 6 que fazem uso de leguminosas no sistema de manejo. São necessários outros indicadores biológicos para interpretar os resultados de respirometria.

Quanto aos valores de  $C_{mic}$  (Tabela 1) na camada 0-0,20 m houve efeito significativo dos sistemas de manejo. Para os tratamentos T1 e T3, com uso de gramíneas (trigo e milho), esses valores pouco diferiram entre um tratamento e outro, mas evidenciam o plantio direto como promotor do aumento dos valores da quantidade de carbono. Nos demais tratamentos, pode-se verificar que os tratamentos com rotação de culturas conferem maior quantidade de  $C_{mic}$  ao solo (T4 e T6) quando comparados com os tratamentos de monoculturas (T2 e T5).

Houve maior quantidade de carbono da biomassa no tratamento T4, que refere-se à implantação de uma cultura de leguminosa (soja) sucedida por culturas de milho, garantindo uma maior atividade microbiana. Segundo SILVA ET AL. (2007), maior quantidade de biomassa microbiana conduz a maior quantidade de matéria orgânica ativa no solo, elevando as taxas de decomposição de restos vegetais e promovendo a reciclagem de nutrientes.



**8º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2014**  
**12 a 14 de agosto de 2014 – Campinas, São Paulo**

**Tabela 1.** Taxa de respiração do solo (liberação de CO<sub>2</sub>) e carbono da biomassa microbiana nos sistemas de manejo avaliados e profundidades amostradas.

| Tratamentos | Respirometria (µg CO <sub>2</sub> / g dia) |               | Carbono da Biomassa (µg C/ g solo) |               |
|-------------|--|---------------|------------------------------------|---------------|
|             | 0 – 0,20 m                                 | 0,20 – 0,40 m | 0 – 0,20 m                         | 0,20 – 0,40 m |
| T1          | 17,6                                       | 15,4          | 336,7                              | 366,1         |
| T3          | 15,1                                       | 18,2          | 325,3                              | 333,6         |
| T2          | 15,9                                       | 17,0          | 285,5                              | 345,9         |
| T4          | 15,8                                       | 16,0          | 436,4                              | 352,9         |
| T5          | 17,2                                       | 18,4          | 258,7                              | 326,1         |
| T6          | 16,3                                       | 19,4          | 313,5                              | 352,9         |

T1: sucessão trigo/milho; T2: monocultura milho/milho safrinha; T3: rotação de culturas trigo/milho/soja; T4: rotação de culturas milho/milho safrinha/soja; T5: sucessão de culturas soja/trigo; T6: rotação de culturas soja/trigo/milho

O solo na camada 0,20-40,0 m não apresenta o mesmo comportamento encontrado na camada 0-0,20 m para os teores de C<sub>mic</sub>, porém os valores encontrados são próximos entre si, indicando que nesta profundidade prevalecem os efeitos positivos causados pelo sistema de plantio direto e não sofrendo alterações pela rotação de culturas.

A interpretação baseada na avaliação isolada dos indicadores biológicos – neste caso, respiração basal e C<sub>mic</sub> – pouco expõe os efeitos dos tratamentos no solo. Assim, o coeficiente metabólico (qCO<sub>2</sub>) do solo é capaz de indicar mudanças no ambiente devido aos diferentes usos da terra. A diminuição dos valores de qCO<sub>2</sub> é resultado da eficiência da biomassa microbiana em utilizar os recursos do meio, liberando menos CO<sub>2</sub> pela respiração, deixando maior quantidade de C para ser incorporada aos tecidos microbianos (SILVA ET AL., 2007).

Os valores do qCO<sub>2</sub> do solo nos tratamentos com rotação de culturas foram menores do que os com as monoculturas, exceto T1 e T3, T2 e T4 na camada 0,20-0,40 m (Tabela 2). Essa diminuição indica maior eficiência de imobilização de C na biomassa microbiana, liberando menos CO<sub>2</sub>. Os valores de qCO<sub>2</sub> alteram-se entre os tratamentos e as profundidades. O T5, que estava com soja no momento da amostragem, apresentou maiores valores, o que pode estar relacionado com a deficiência de fixação de nitrogênio no início do ciclo da soja.

As figuras 1 e 2 apresentam os resultados do coeficiente metabólico para cada dupla de tratamentos, respectivamente, nas camadas 0-0,20 m e 0,20-0,40 m. As monoculturas apresentaram maiores valores de qCO<sub>2</sub> indicando maior nível de estresse para os microrganismos.

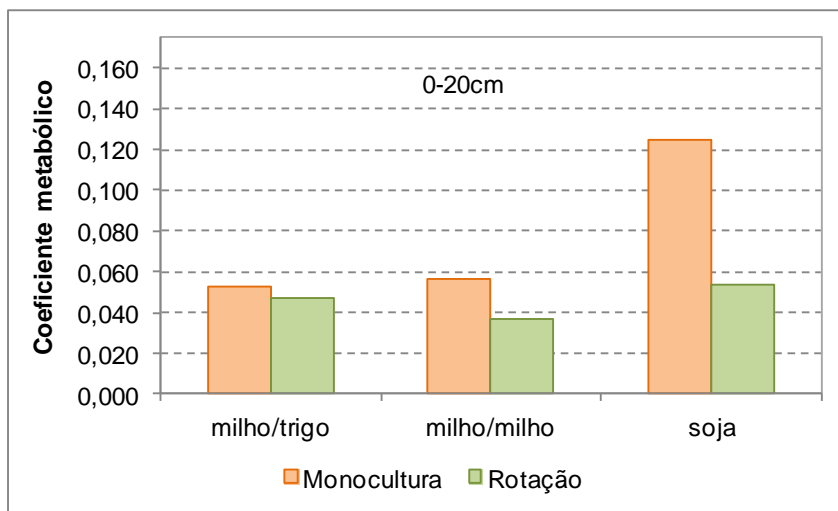
Os valores do qCO<sub>2</sub> na camada 0,20-0,40 m (Tabela 2), identificam a tendência das rotações em promover alguma condição de estresse para os microrganismos, exceto por T5 que supera o valor de qCO<sub>2</sub> do T6, embora esses valores estejam próximos aos dos demais tratamentos.



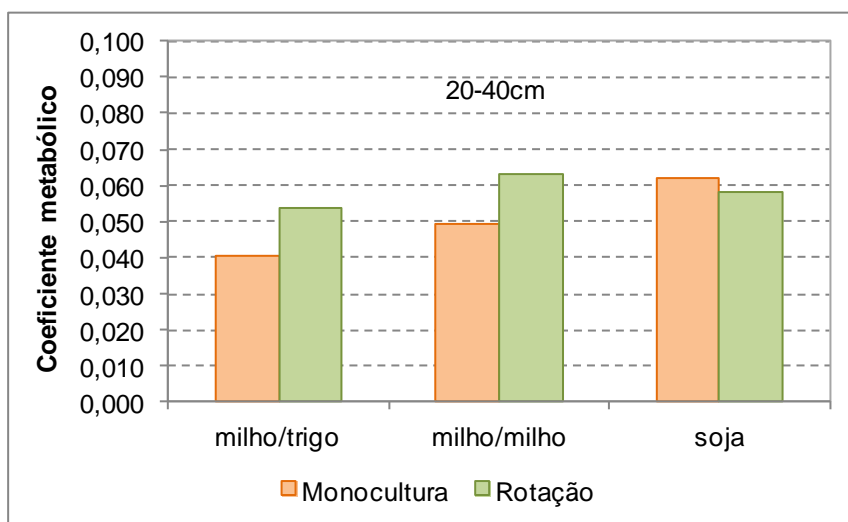
**Tabela 2.** Coeficiente metabólico em função dos tratamentos e profundidades amostradas.

| Coeficiente metabólico (mg C-CO <sub>2</sub> / mg Cmic dia) |            |               |
|---|------------|---------------|
| Tratamentos   | 0 – 0,20 m | 0,20 – 0,40 m |
| T1  | 0,053      | 0,041         |
| T3  | 0,047      | 0,054         |
| T2  | 0,056      | 0,049         |
| T4  | 0,037      | 0,063         |
| T5  | 0,124      | 0,062         |
| T6  | 0,053      | 0,058         |

T1: sucessão trigo/milho; T2: monocultura milho/milho safrinha; T3: rotação de culturas trigo/milho/soja; T4: rotação de culturas milho/milho safrinha/soja; T5: sucessão de culturas soja/trigo; T6: rotação de culturas soja/trigo/milho



**Figura 1.** Coeficiente metabólico em função dos tratamentos na camada 0-0,20 m.



**Figura 2.** Coeficiente metabólico em função dos tratamentos na camada 0,20-0,40 m.



#### **4 CONCLUSÕES**

O carbono da biomassa e coeficiente metabólico foram indicadores capazes de mostrar a influência dos sistemas de manejo na qualidade do solo. Essa influência é sentida principalmente na camada 0-0,20 m.

A rotação de culturas ajuda a preservar o carbono da biomassa microbiana, apresentando uma atividade microbiana eficiente com menor taxa de liberação de CO<sub>2</sub> pela respiração.

#### **5 AGRADECIMENTOS**

Ao CNPq-PIBIC pela bolsa concedida. Ao Instituto Agrônomo pela oportunidade de estágio. À Dra. Vera Lúcia Nishijima Paes de Barros, da APTA, pela colaboração na condução do experimento e nas amostragens.

#### **6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ANDERSON, T.H. & DOMSCH, K.H. Nitrifying of microbial biomass carbon in arable soils. **Soils Biology and Biochemistry**, v.21, n.4, p. 471-479, 1989.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F, J. **Conservação do Solo**. 2010. São Paulo –SP. Ícone- 7ª Edição.

COSTA JÚNIOR, C. **Estoque de carbono e nitrogênio e agregação do solo sob diferentes sistemas de manejo agrícola no Cerrado, em Rio Verde (GO)**. 2008. 139 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, SP.

CASTRO FILHO, C.; MUZILLI O.; PODANOSCHI, A.L. Estabilidade dos agregados e sua relação com o teor de Carbono orgânico num Latossolo Roxo distrófico, em função de sistemas de plantio, rotações de culturas e métodos de preparo das amostras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.22, n.3, p.527-538, 1998.

DE MARIA, I.C.; CASTRO, O.M. Fósforo, potássio e matéria orgânica em um Latossolo Roxo, sob sistemas de manejo com milho e soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.17, n.4, p.471-477, 1993.

SILVA, M. B., KLIEMANN, H.J.; SILVEIRA, P.M.; LANNA, A.C. Atributos biológicos do solo sob influência da cobertura vegetal e do sistema de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.12, p.1755-1761, 2007.

VANCE, E.D.; BROOKES, P. C. & JENKINSON, D.S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. **Soil Biology and Biochemistry**, v.19, n.6, p.703-707, 1987.