



11º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2017
02 a 04 de agosto de 2017 – Campinas, São Paulo
ISBN 978-85-7029-141-7

MÉTODOS PARA DETERMINAÇÃO DA UMIDADE EM INCUBAÇÕES BIOLÓGICAS

Giovanni Dalle **Vedove**¹; Gustavo Passos De **Nardi**²; Priscila **Grützmacher**³; Marcos Antônio Vieira **Ligo**⁴; Adriana M. M. **Pires**⁵

Nº 17404

RESUMO - *Para garantir condições ideais para a atividade microbiana em experimentos de incubação, recomenda-se a utilização de 70% da capacidade de retenção de água do solo (CRA). Os métodos que determinam a CRA em amostras de solo indeformadas são padronizados. No entanto, para amostras deformadas de solo, são utilizados métodos empíricos para definir a CRA. O objetivo deste estudo foi avaliar se os valores referentes a 70% da CRA, obtidos por meio de métodos empíricos, representam a umidade necessária para que se tenha a máxima atividade microbiana nas incubações biológicas. Dois experimentos de incubação respirométrica foram realizados para avaliar a influência da umidade na respiração basal do solo (SBR) e na respiração induzida por substrato (SIR; 1,2 g glicose 100 g⁻¹ solo). Foram avaliados doze níveis de umidade do solo (0 a 55%) para SBR e cinco (10 a 50%) para SIR. A CRA de amostras deformadas foi determinada por métodos volumétricos (recomendado e adaptado), funil e proveta (n = 5). Foi possível observar a RBS e a RIS máximas em 34,5% e 26,1% de umidade do solo, respectivamente. Os volumes da CRA determinada pelos métodos volumétrico adaptado e da proveta foram menores (p <0,05) que os determinados pelos métodos volumétrico padrão e funil. Ao utilizar a CRA a 70% conforme recomendação da literatura, o método do funil foi o que obteve a RBS máxima estimada e o método volumétrico adaptado a RIS máxima estimada. A variação nos valores de CRA dos métodos empíricos avaliados influenciaram a taxa de mineralização.*

Palavras-chaves: CRA; respirometria; mineralização do carbono

1 Autor, Bolsista CNPq (PIBIC): Graduação em Química, UNICAMP, Campinas-SP; gdvedove@gmail.com

2 Bolsista CNPq (PIBIC): Graduação em Química, PUCC, Campinas-SP

3 Colaboradora: Pós-doutorado na Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna-SP

4 Colaborador: Pesquisador da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna-SP

5 Orientadora: Pesquisadora da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna-SP; adriana.pires@embrapa.br



ABSTRACT - *In order to ensure the optimal conditions for microbial activity in incubation experiments it is recommended to use 70% of soil water holding capacity (WHC). Methods that determine WHC in undisturbed soils are standardized. However, for disturbed soil samples, there are only non-standard empirical methods to define WHC. The objective of this study was to compare the moisture content in which the maximum microbial activity is observed to the moisture contents of the empirical methods frequently used in the WHC determination of disturbed samples. Two respirometric incubation experiments were settled for evaluation of soil moisture influence on soil basal (SBR) and substrate induced respiration (SIR; 1.2 g glucose 100 g⁻¹ soil. Twelve levels of soil moisture (0 to 55%) for SBR and five (10 to 50%) for SIR (n = 3) were evaluated. WHC of disturbed samples was determined by volumetric (standard and adapted), filter funnel, and graduate cylinder methods (n = 5). It was possible to observe maximum SBR and SIR at 34.5% and at 26.1% of soil moisture, respectively. CRA volumes determined by the adapted volumetric and graduate cylinder methods were lower (p < 0.05) than those determined by the standard volumetric and filter funnel methods. The funnel method and the standard volumetric method achieved the maximum estimated SBR and SIR, respectively, when using the 70% WHC as recommended in literature. The other methods evaluated can be used without loss on mineralization rate since the particular percentage of each method is observed. The variation in the WHC values measured by the empirical methods has influence on maximum mineralization rate.*

Keywords: WHC; respirometry; carbon mineralization

1 INTRODUÇÃO

As macromoléculas da matéria orgânica do solo (MOS) sofrem ação enzimática durante o processo de decomposição, liberando moléculas de baixo peso molecular (monômeros), as quais são absorvidas e metabolizadas por células microbianas, transformando-as em formas inorgânicas. Este processo é conhecido como mineralização da MOS e se destaca por ser a etapa propulsora da ciclagem de nutrientes em ecossistemas terrestres, com destaque aos ciclos do carbono (C), nitrogênio (N), fósforo (P) e enxofre (S). Realizada principalmente por microrganismos aeróbios, bactérias, fungos e actinomicetos que colonizam a camada superficial do solo, a mineralização envolve processos simultâneos, com diversas variáveis influenciando a taxa de mineralização (CARDOSO; ANDREOTE, 2016).



11º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2017
02 a 04 de agosto de 2017 – Campinas, São Paulo
ISBN 978-85-7029-141-7

Dentre essas variáveis, a umidade é um dos fatores determinantes na mineralização da MOS, regulando a atividade microbiana de várias maneiras (CARDOSO et al., 1992; CHENG et al., 2014). Como exemplos pode-se citar a influência da umidade na disponibilidade de oxigênio no solo, no pH da solução, na pressão osmótica e na natureza, quantidade e solubilidade das moléculas dissolvidas (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

Experimentos de mineralização em laboratório são comumente realizados para prever a disponibilidade de nutrientes em ecossistemas naturais e agrícolas ou a degradação de poluentes orgânicos no solo, tais como pesticidas e hidrocarbonetos. Estas incubações são conduzidas em ambiente controlado e em aerobiose uma vez que buscam o máximo de mineralização em um curto período de tempo. Para tanto, é recomendado elevar o teor de umidade a pelo menos 70% da capacidade de retenção de água do solo – CRA (COSCIONE; ANDRADE, 2006), limite em que a umidade do solo é máxima sem limitar a aeração do solo. A CRA é tida como o volume máximo de água que o solo pode reter contra a força da gravidade, função exercida pelo fenômeno de capilaridade, ou seja, pela interação entre as moléculas de água e os sólidos do solo (KLEIN, 2012). Solos indeformados, isto é, originalmente estruturados, possuem métodos bem estabelecidos e amplamente utilizados para a determinação da CRA, que corresponde ao valor de umidade do solo na capacidade de campo (WILKE, 2005; KLEIN, 2012). Entretanto, para solos deformados, como é o caso das incubações biológicas, os métodos para determinação da CRA são empíricos e não padronizados. Entre os comumente utilizados na literatura estão o método da proveta (FERNANDES; SYKES, 1968), do funil e o método volumétrico, este último adaptado do método utilizado em amostras indeformadas.

O uso dos métodos empíricos, mais rápidos e operacionais, pode resultar em valores sub ou superestimados da CRA. Consequentemente, durante a incubação, a atividade biológica pode ser menor em função da limitação ou do excesso de água nos poros do solo, respectivamente.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar se os valores referentes a 70% da CRA, obtidos por meio de métodos empíricos, representam a umidade necessária para que se tenha a máxima atividade microbiana nas incubações biológicas. Para tal, foi avaliada a influência de teores contrastantes de umidade do solo na magnitude da respiração do solo e da respiração induzida por substrato. A partir dos resultados de respiração obtidos para diferentes teores de umidade, foram avaliados os valores de CRA determinados por meio dos métodos empíricos.



2 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Matéria Orgânica (LMO) na Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna-SP. Amostras de solo foram coletadas na camada superficial (0-20 cm) de um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (EMBRAPA, 2013) textura francoargiloarenosa (30,1% argila, 8,1% silte e 61,8% areia; CAMARGO et al., 2009), no Centro Experimental do Instituto Agrônômico (IAC), em Campinas-SP, em área de pousio. Após coletado, o solo foi homogeneizado, seco ao ar e peneirado em malha de 2 mm para retirada de material orgânico aparente. A caracterização do solo para fins de fertilidade seguiu métodos descritos em RAIJ et al. (2001): pH em CaCl_2 , 4,1; matéria orgânica (MO), 27 g dm^{-3} ; H+Al, 54 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$; P (resina), 8 mg dm^{-3} ; K, 0,7 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$; Ca, 7 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$; Mg, 5 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$; Soma de bases (SB), 12,7 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$; capacidade de troca catiônica (CTC), 66,7 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$; B (água quente), 0,27 mg dm^{-3} ; N total, 1,4 g kg^{-1} ; N-NH_4^+ , 5,2 mg kg^{-1} , $\text{N-NO}_3^- + \text{N-NO}_2^-$, 3,3 mg kg^{-1} ; S, 11 mg dm^{-3} ; Al, 1,5 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$.

2.1 Incubação biológica

Foram instalados dois experimentos inteiramente casualizados que tiveram a umidade do solo como fonte de variação, com três repetições por tratamento. O primeiro experimento foi para avaliar a resposta da respiração basal do solo (RBS) em função de 12 níveis de umidade do solo (0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55 ml H_2O 100 g^{-1} solo). O segundo experimento foi para avaliar a resposta da respiração induzida por substrato (RIS) em função de 5 níveis de umidade do solo (10, 20, 30, 40 e 50 ml H_2O 100 g^{-1} solo). O substrato utilizado foi glicose na dose 1,2 g 100 g^{-1} solo. As incubações foram conduzidas em sala escura com temperatura controlada ($28 \pm 1^\circ\text{C}$) por 7 dias.

Cada unidade experimental consistiu em 100 g de solo contidas em frasco de vidro hermético (1 dm^3). Um recipiente plástico contendo 50 ml de solução padronizada de hidróxido de sódio (NaOH; 0,1 mol l^{-1} para RBS e 0,25 mol l^{-1} para RIS) foi disposto sobre a superfície do solo para reagir com o dióxido de carbono (CO_2) emitido pelo solo (mg C- CO_2 100 g^{-1} solo), conforme apresentado na Figura 1. Os potes permaneceram fechados até a próxima troca de solução. A troca da solução alcalina ocorreu diariamente. O CO_2 emitido pelo solo reagiu com o excesso de álcali da solução e foi quantificado pelo método condutimétrico apresentado em Rodella e Saboya (1999). Este método assume o decréscimo linear da condutividade elétrica da solução de NaOH fresca e padronizada conforme reage com o CO_2 para formar carbonato de sódio (Na_2CO_3). Curvas de calibração foram realizadas a cada troca de solução utilizando a solução de NaOH fresca



(0,1 mol l⁻¹ e 0,25 mol l⁻¹ para RBS e RIS, respectivamente) e soluções de Na₂CO₃ (0,05 mol l⁻¹ e 0,125 mol l⁻¹ para RBS e RIS, respectivamente) representando a neutralização do CO₂ mínima e máxima, respectivamente.



Figura 1. Sistema respirométrico.

2.2 Determinação da capacidade de retenção de água no solo (CRA)

A CRA foi determinada nas amostras deformadas de solo descritas na seção anterior, seguindo os métodos volumétrico (mesa de tensão e adaptado), da proveta e do funil. Todas as determinações foram realizadas com cinco repetições.

2.2.1 Método volumétrico padrão

O método da mesa de tensão (OLIVEIRA,1968) é o método volumétrico padrão para quantificar a porosidade total do solo (macro e microporosidade) em amostras indeformadas. Amostras de solo saturadas contidas em cilindros metálicos foram colocadas em uma câmara fechada e submetidas a uma tensão de coluna d'água de 60 cm para drenar a água contida nos macroporos (porosidade de aeração). A porosidade total foi obtida pela diferença de massa entre a amostra saturada e seca em estufa a 105 °C. A microporosidade foi obtida pela diferença entre as massas de solo saturado e após a tensão de coluna d'água de 60 cm. A macroporosidade é obtida pela diferença entre a porosidade total e a microporosidade. Os resultados são expressos em relação ao volume do cilindro de solo, cm³ cm⁻³. A CRA foi determinada pelo volume de microporosidade dividido pela densidade do solo.



11º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2017
02 a 04 de agosto de 2017 – Campinas, São Paulo
ISBN 978-85-7029-141-7

2.2.2 Método volumétrico adaptado

O método adaptado se diferencia na drenagem da água realizada em ambiente não saturado, sem o contato com a membrana de saturação e sem a aplicação de uma tensão conhecida. Foram depositados 50 g de TFSA em cilindro metálico (10 cm³) contendo a extremidade basal vedada com papel filtro. O cilindro foi imerso em recipiente contendo coluna de água menor que a coluna de solo contida no cilindro, permanecendo assim por 24 horas até a saturação dos poros com água. Após o período de saturação, o cilindro foi retirado da água e teve sua extremidade apical vedada com filme de PVC para evitar a evaporação da água, sendo submetido à drenagem livre sobre estrutura metálica por 24 horas. A massa úmida da amostra de solo foi determinada e em seguida a amostra foi seca em estufa a 105 °C por 48h, com posterior determinação da massa seca. A CRA foi determinada como o volume de água expresso em relação à massa seca de solo.

2.2.3 Método da proveta

Um sistema composto por uma proveta (500 ml) e um tubo de vidro foi utilizado para quantificação da CRA (FERNANDES; SYKES, 1968). Cerca de 400 mL de solo foram adicionados à proveta e o tubo de vidro foi inserido ao centro até 2 cm do fundo. O tubo tem função de garantir a expulsão do ar dos poros do solo para o exterior, quando está sendo umedecido. A água foi adicionada até que a frente de molhamento atingisse aproximadamente 50% do volume de solo e a proveta foi coberta com papel alumínio para evitar evaporação da água. O sistema ficou em repouso durante 24h até que se pudesse notar a imobilização da frente de molhamento. Após observar que a frente de molhamento não havia tocado o fundo da proveta, a amostra da porção média do solo úmido foi retirada para determinação da massa úmida e da massa seca após 48 h em estufa a 105 °C. A CRA foi determinada como o volume de água expresso em relação à massa seca de solo.

2.2.4 Método do funil

Um funil contendo papel de filtro (faixa preta) foi instalado em suporte suspenso. Para evitar que a água retida no papel de filtro seja considerada na determinação da CRA, adicionou-se água até que todo o papel de filtro ficasse umedecido e o gotejamento cessasse. Depois foram adicionados 20 g de solo ao conjunto. Foram lentamente adicionados 25 ml de água sobre o solo



11º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2017
02 a 04 de agosto de 2017 – Campinas, São Paulo
ISBN 978-85-7029-141-7

contido no funil e a água de drenagem foi coletada em bquer de 50 ml de massa conhecida. A CRA foi determinada por meio da diferença entre a massa total de água adicionada ao solo e a massa de água drenada.

2.3 Análise estatística

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) em delineamento inteiramente ao acaso para verificar a existência do efeito dos tratamentos. Os parâmetros avaliados foram explorados por meio de teste de comparação de médias Tukey e Dunnett e ajuste de regressão polinomial, todos a 5% de significância ($p < 0,05$).

A ANOVA, o teste Tukey e a regressão polinomial foram realizados utilizando o programa estatístico SISVAR versão 5.3 e o teste Dunnett utilizando o suplemento para Excel Action® versão 2.8.29.357.515.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como pode ser observado na Figura 2, tanto a RBS quanto a RIS foram influenciadas pela umidade do solo. Em ambos os experimentos houve aumento da atividade microbiana em função do incremento da umidade do solo, até o ponto de máxima respiração microbiana de 22,7 mg C-CO₂ 100 g⁻¹ solo para RBS e 237,4 mg C-CO₂ 100 g⁻¹ solo para RIS, referentes às umidades 34,5 e 26,1 ml H₂O 100 g⁻¹, respectivamente. Tais resultados representam mineralização média em 7 dias de 1,37% do C total do solo e 14,3% do C adicionado via glicose. Logo após o ponto de máxima atividade, é observada diminuição da RBS e da RIS com o aumento da umidade.

Esse fenômeno é descrito por Linn e Doran (1984), que mostram a água como agente limitante da respiração antes do ponto de máxima mineralização e como agente limitante à aeração depois deste ponto. O processo de aerobiose é responsável pela maior parte da mineralização da MOS, portanto, retirando o ar contido nos macroporos do solo, diminui-se o oxigênio disponível e limita-se a atividade microbiana. A partir disso, predominam os processos de anaerobiose.

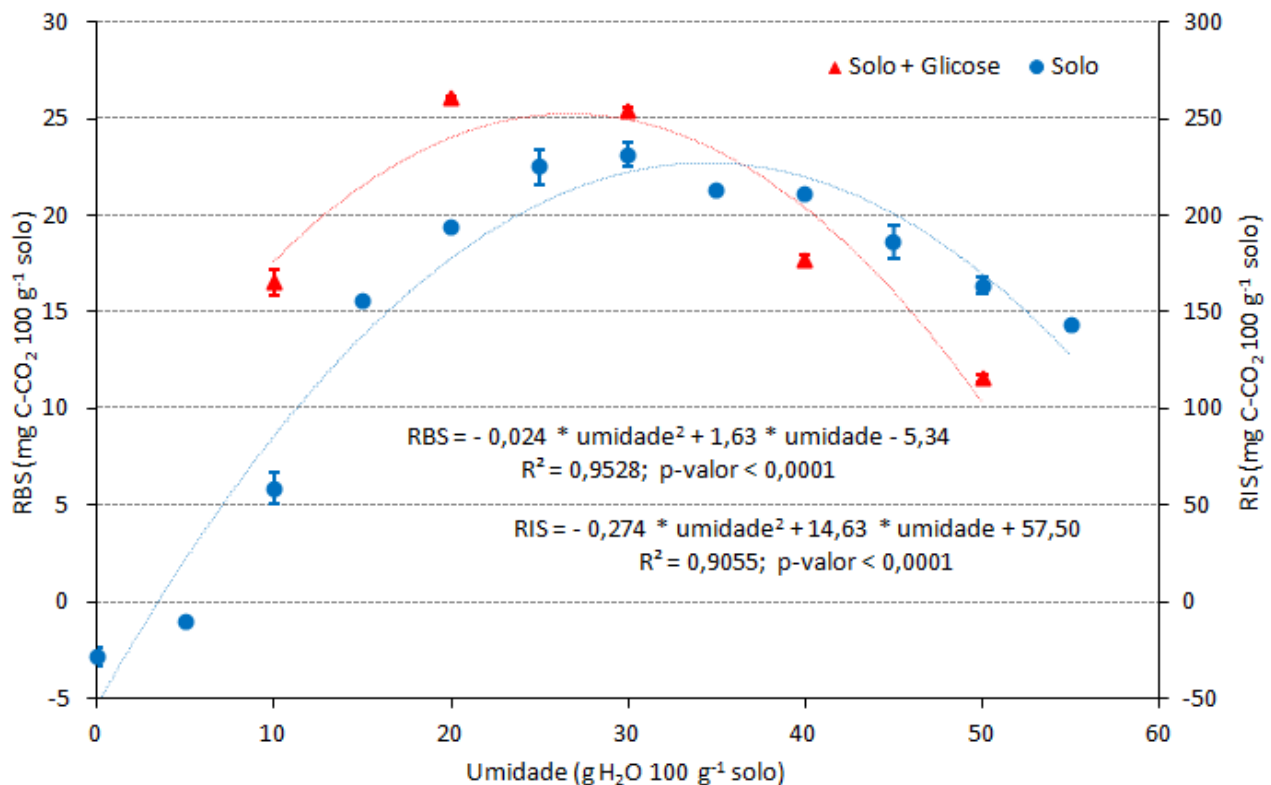


Figura 2. Efeito da umidade (g H₂O 100 g⁻¹ solo) na respiração basal do solo - RBS e na respiração induzida por substrato – RIS (mg C-CO₂ 100 g⁻¹ solo). 1,2 g glicose 100 g⁻¹ solo. Barras verticais representam o erro padrão (n = 3).

Conforme pode ser observado na Tabela 1, não houve diferença significativa (*p*-valor > 0,05) entre os valores médios da CRA, determinados pelos métodos da proveta e pelo método volumétrico adaptado, sendo que o maior volume de água foi determinado pelo método do funil.

Tabela 1. Capacidade de retenção de água no solo (CRA) obtidas por diferentes métodos de determinação.

Método	CRA*
	(mL H ₂ O 100 g ⁻¹ solo)
Volumétrico (microporos)	33,39 ± 1,72 B
Volumétrico adaptado	25,36 ± 0,09 A
Proveta	22,85 ± 0,50 A
Funil	48,10 ± 0,59 C

* Médias com letras maiúsculas iguais na coluna não se diferenciam pelo teste Tukey a 5% de significância. Média ± Desvio Padrão (n = 5).

A equivalência estatística dos resultados de CRA obtidos por meio dos métodos volumétrico adaptado e da proveta deve-se ao fato do fundamento experimental ser semelhante. A drenagem



11º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2017
02 a 04 de agosto de 2017 – Campinas, São Paulo
ISBN 978-85-7029-141-7

da água por capilaridade na coluna de solo é observada em ambos os métodos, com a gravidade agindo sobre superfície plana. No método do funil, a presença do papel de filtro e o próprio afunilamento da passagem de água criam um ponto de acúmulo que dificulta o escoamento, resultando em valor superior de CRA (Tabela 1). O método volumétrico é realizado com atmosfera controlada e solo completamente saturado, portanto em condições diferentes as que os outros métodos são submetidos.

Utilizando os modelos resultantes do ensaio de respirometria (Figura 2), aplicaram-se os valores de CRA obtidos pelos métodos empíricos avaliados, considerando como ideal os 70% da CRA, conforme recomendado pela literatura. Utilizando a equação do modelo ajustado para RBS (Figura 2), o método do funil apresentou o melhor desempenho, igualando à emissão máxima de CO₂ calculada pelo modelo. Não houve diferença significativa entre os demais métodos avaliados e a emissão máxima calculada. No modelo ajustado para RIS o método volumétrico foi igual à emissão máxima de CO₂, sendo que os demais métodos tiveram a emissão de CO₂ estimada na CRA a 70% menor que a emissão máxima ajustada pelo modelo (Figura 3).

A simplicidade de execução e rapidez na análise do método do funil é acompanhada de uma boa aproximação da máxima emissão de carbono mineralizado, superando as fontes de erros na determinação da CRA, tornando-o um método adequado neste tipo de solo. O método volumétrico, que apresentou máxima taxa de mineralização na RIS, requisita uma estrutura mais sofisticada para sua execução.

Um estudo mais aprofundado deve ser efetuado para uma melhor avaliação da eficiência dos métodos em diferentes condições, como tipos e textura de solo, diferentes substratos, entre outros.

Em uma análise mais ampla da CRA dos métodos estudados, variando de 50 a 100% do valor obtido, observa-se grande diversidade de valores proporcionais de emissão de CO₂ em relação ao valor máximo (Tabela 2). Aplicando o modelo de RBS, os valores proporcionais variam desde 99,8 ± 0,1% do máximo de C mineralizado no método do funil em 70 % da CRA até o mínimo de 44,8 ± 1,2% no método da proveta em 50% da CRA. A mesma diversidade é observada no modelo de RIS, que variou desde 99,8 ± 0,0% do C mineralizado no método volumétrico adaptado em 100% da CRA até o mínimo de 49,9 ± 2,8% no método do funil em 100% da CRA.



11º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2017
02 a 04 de agosto de 2017 – Campinas, São Paulo
ISBN 978-85-7029-141-7

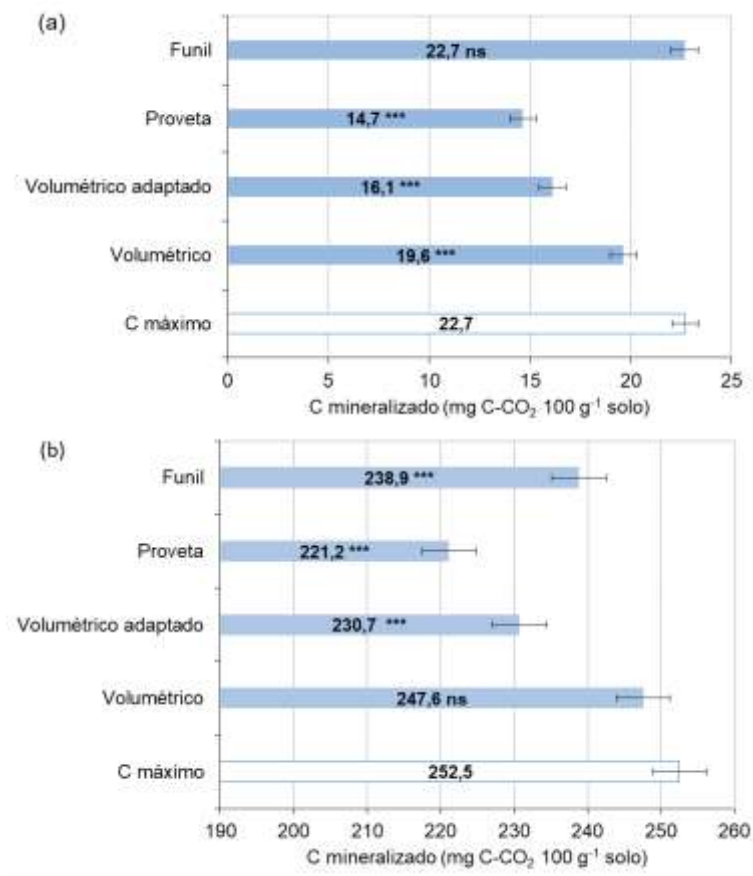


Figura 3. Emissão de CO₂ em 70% da CRA de diferentes métodos. (a) Respiração basal do solo; (b) Respiração induzida por substrato. Média ± desvio padrão (n = 3). *** significativo a 0,1% de significância pelo teste Dunnett; ^{ns} não significativo a 5% de significância pelo teste Dunnett.



11º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2017
02 a 04 de agosto de 2017 – Campinas, São Paulo
ISBN 978-85-7029-141-7

Tabela 2. Percentual da emissão de CO₂ máxima observada na respiração basal do solo (RBS) e respiração induzida por substrato (RIS) em função da variação de porcentagem de CRA determinada por diferentes métodos. Média ± desvio padrão (n = 3).

Método	Capacidade de retenção de água (CRA)					
	100	90	80	70	60	50
RBS	----- % -----					
Volumétrico	98,3 ± 0,8	96,7 ± 1,4	92,8 ± 2,1	86,5 ± 2,7	77,8 ± 3,0	66,8 ± 3,1
Volumétrico adaptado	91,4 ± 0,2	85,9 ± 0,2	79,1 ± 0,2	71,0 ± 0,2	61,5 ± 0,2	50,7 ± 0,2
Proveta	85,9 ± 1,1	79,9 ± 1,2	72,7 ± 1,3	64,5 ± 1,3	55,2 ± 1,3	44,8 ± 1,2
Funil	80,4 ± 1,7	91,7 ± 1,0	98,2 ± 0,4	99,8 ± 0,1	96,7 ± 0,4	88,7 ± 0,6
RIS	----- % -----					
Volumétrico	93,5 ± 2,9	97,5 ± 1,5	99,0 ± 0,6	98,0 ± 0,9	94,6 ± 1,4	88,8 ± 1,8
Volumétrico adaptado	99,8 ± 0,0	98,4 ± 0,1	95,6 ± 0,1	91,4 ± 0,1	85,8 ± 0,1	78,8 ± 0,1
Proveta	98,3 ± 0,3	95,9 ± 0,5	92,3 ± 0,7	87,6 ± 0,8	81,7 ± 0,8	74,7 ± 0,8
Funil	49,9 ± 2,8	69,8 ± 2,0	84,7 ± 1,2	94,6 ± 0,7	99,4 ± 0,2	99,2 ± 0,2

Vale destacar que a diferença, em 70% da CRA, entre o método do funil, que obteve o melhor desempenho, e o método da proveta, que apresentou a mais baixa mineralização, foi de 35,5%. Este valor representa 8,41 mg C 100 g⁻¹ solo dos 22,7 mg C 100g⁻¹ solo da máxima mineralização observada para RBS. Na RIS a diferença entre o método volumétrico e o da proveta foi de 10,4%, representando 26,26 mg C 100 g⁻¹ solo dos 237,4 mg C 100 g⁻¹ solo da máxima mineralização observada (Tabela 2). A variação observada entre os experimentos RIS e RBS pode ser explicada pela diferença da forma predominante do carbono presente no solo e na mistura solo + glicose. A adição de glicose na RIS fornece carbono lábil e em excesso, de maneira que a degradabilidade do carbono presente no solo não é um fator que pode limitar o processo de mineralização. Por outro lado, na RBS tem-se apenas o carbono do solo que se apresenta de várias formas, inclusive naquelas mais recalcitrantes. Assim, o processo de mineralização do carbono é dificultado, resultando em maior sensibilidade da taxa de respiração em função da umidade.

4 CONCLUSÃO

O método do funil mostrou-se mais adequado para determinar o teor de umidade para incubações biológicas na RBS. O método volumétrico, por outro lado, é o indicado para RIS.

Os métodos empíricos avaliados apresentam diferença de valores de CRA, que refletem em variação da atividade biológica estimada.



11º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2017
02 a 04 de agosto de 2017 – Campinas, São Paulo
ISBN 978-85-7029-141-7

5 AGRADECIMENTOS

Agradeço ao CNPq pela bolsa concedida e à Embrapa Meio Ambiente pela estrutura fornecida. Agradeço especialmente às minhas orientadoras Adriana Pires e Priscila Grützmacher pelos ensinamentos e conhecimento transmitido, também ao Rubens Ceroni e à Cristiane Ceroni pelo incentivo e apoio.

6 REFERÊNCIAS

- CAMARGO, O.A., MONIZ, A.C., JORGE, J.A., VALADARES, J.M.A.S. **Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do Instituto Agronômico de Campinas**. Ed.rev.atual. Campinas: Instituto Agronômico, 2009. 77p. (IAC. Boletim técnico, 106).
- CARDOSO, E. J. B. N.; ANDREOTE, F. D. **Microbiologia do solo**. 2. ed. Piracicaba: ESALQ, 2016. 221 p.
- CARDOSO, E. J. B. N.; TSAI, S. M.; NEVES, M. C. P. **Microbiologia do solo**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992. 360 p.
- CHENG, Y.; WANG, J.; WANG, S.; ZHANG, J.; CAI, Z. Effects of soil moisture on gross N transformations and N₂O emission in acid subtropical forest soils. **Biology and fertility of soils**, v. 50, n. 7, p.1099-1108, 2014.
- COSCIONE, A. R.; ANDRADE, C. A. Protocolos para a avaliação da dinâmica de resíduos orgânicos no solo. In: ANDRADE, J. C.; ABREU, M. F. **Análise química de resíduos sólidos para monitoramento e estudos agroambientais**. SP: Unicamp, 2006. p. 159-177.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 3.ed. Rio de Janeiro, 2013. 353p.
- FERNANDES, B.; SYKES, D. J. Capacidade de campo e a retenção de água em três solos de Minas Gerais. **Ceres**, Viçosa, MG, v. 15, n. 83, p.1-39, 1968.
- KLEIN, V. A. **Física do solo**. 2. ed. Passo Fundo: UPF, 2012. 240 p.
- LINN, D. M.; DORAN, J. W. Water-filled pore space on carbon dioxide and nitrous oxide production in tilled and nontilled Soils. **Soil Science Society Of America Journal**, Lincoln, NE, v. 48, p.1267-1272, jun. 1984.
- MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do Solo**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2006. 729p.
- OLIVEIRA, L. B. Determinação de macro e microporosidade pela "mesa de tensão" em amostras de solo com estrutura indeformada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 3, p.197-200, 1968.
- RAIJ, B. van; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas Instituto Agronômico, 2001. 285p.
- RODELLA, A. A., SABOYA, L. V. Calibration for conductimetric determination of carbon dioxide. **Soil biology and biochemistry**, v.31, p.2059-2060, 1999.
- WILKE, B. Determination of chemical and physical soil properties. In: MARGESIN, R; SCHINNER, F. **Manual for Soil Analysis: Monitoring and Assessing Soil Bioremediation**. Innsbruck: Springer, 2005. Cap. 2. p.47-93.