

Ajuste de modelo de regressão não linear na descrição da mineralização do Carbono no solo

Edilson Marcelino Silva^{1,2}

Tales Jesus Fernandes²

Joel Augusto Muniz²

1 Introdução

A mineralização do Carbono (C) da palha de aveia aplicados na superfície ou incorporados ao solo ainda são estudos relativamente recentes no Brasil. Com o crescimento do sistema de plantio direto, é cada vez mais preciso os estudos destes, com a finalidade de melhorar a qualidade do solo. A decomposição de dejetos de animais e de resíduos culturais esta ligada a melhora na capacidade do solo e também a necessidade de compreender a questão ambiental, já que o CO₂ emitido na atmosfera contribui para o efeito estufa, e conseqüentemente para o aquecimento global (GIACOMINI et al. 2007).

Por meio da quantidade de CO₂ emitida do solo e da determinação da fração de mineralização do Carbono, ao longo do tempo, é possível obter informações importantes sobre o comportamento dos resíduos orgânicos no solo (MANTOVANI et al. 2006).

Objetivando uma melhor qualidade do solo, pesquisadores tem demonstrado cada vez mais interesse em compreender a mineralização do Carbono. Uma maneira de identificar este comportamento é através do estudo de modelos de regressão para descrever as curvas de mineralização do Carbono. Nesse sentido, o uso de modelos de regressão não lineares tem ganhado destaque na literatura, pois além de apresentarem bons ajustes, esta classe de modelos tem a vantagem de fornecer interpretação pratica dos parâmetros (FERNANDES et al., 2014).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o ajuste do modelo de Stanford & Smith (1972), a porcentagem de Carbono (%C) mineralizado da palha de aveia incorporada e na superfície do solo.

¹e-mail: edilsonmg3@hotmail.com

²DEX - UFLA. Agradecimentos à CAPES e FAPEMIG pelo apoio financeiro.

2 Material e Métodos

Os dados analisados foram extraídos de Giacomini et al. (2007) e correspondem a parte da Tese de Doutorado do primeiro autor em Ciência do Solo, Universidade Federal de Santa Maria - UFSM. O trabalho foi realizado no Laboratório de Microbiologia do Solo e do Ambiente do Departamento de Solo da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) - RS. Para a incubação, os autores utilizaram um Argissolo Vermelho distrófico arênico, coletado na camada de 0 - 10 cm de uma área que vinha sendo manejada em sistema de plantio direto. Após a retirada dos resíduos culturais remanescentes na superfície, o solo foi homogeneizado e peneirado em malha de 4 mm, sendo armazenado úmido em sacos plásticos, em temperatura ambiente, por 13 dias até o momento da incubação. No momento da coleta, o solo apresentou 150 g kg⁻¹ de argila, pH em água de 5,2 e 18 g kg⁻¹ de matéria orgânica. Foram feitas duas medições da porcentagem do Carbono, uma com a palha de aveia incorporada ao solo e a outra apenas na superfície do solo.

O modelo de regressão utilizado pelos autores foi o proposto por Stanford & Smith (1972), cuja expressão é dada por:

$$C_m = C_0(1 - e^{-kt}) + \varepsilon_i$$

em que: C_m é o Carbono mineralizado no tempo t ; C_0 é o Carbono potencialmente mineralizável, ou seja, é a fração do Carbono orgânico susceptível a mineralização; k é a taxa de mineralização (MANTOVANI et al., 2006); ε_i é o erro aleatório associado ao modelo, o qual pressupõe-se que seja independente e identicamente distribuído de modo que $\varepsilon \sim N(0, \sigma^2)$.

A estimação dos parâmetros do modelo foi feita por meio do método de mínimos quadrados ordinários, pois estes estimadores são não viesados e apresentam variância mínima dentre os demais estimadores também não viesados (PEREIRA et al., 2005; SAVIAN & MUNIZ, 2007; OLIVEIRA et al., 2013). Aplicando o método de mínimos quadrados chega-se ao sistema de equações normais (SEN) não linear, no qual não é possível isolar o vetor de parâmetros de modo a obter uma forma fechada para a solução. Dessa forma, é necessário o uso de métodos iterativos de busca numérica para obter uma aproximação desta solução (FERNANDES et al., 2014). Foi utilizado neste trabalho uma variante do método iterativo de Gauss-Newton que está implementado na biblioteca “nlme” do software R.

Os modelos foram ajustados e mediu-se a precisão dos ajustes fornecidos, utilizando o coeficiente de determinação (R^2). O coeficiente de determinação varia de 0 a 1 sendo que valores mais próximos de 1 indicam melhores ajustes.

Toda a parte computacional deste trabalho, desde a estimação dos parâmetros até a construção de gráficos foi feita utilizando o software estatístico R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2013).

3 Resultados e discussões

Na Tabela 1 são apresentadas as estimativas obtidas para os parâmetros do modelo de regressão não linear de Stanford & Smith (1972), com os respectivos intervalos de confiança assintóticos.

Tabela 1: Estimativas para os parâmetros do modelo Stanford & Smith (1972), com seus respectivos intervalos de confiança assintóticos de 95%, no ajuste da palha de aveia incorporada e na superfície do solo.

Parâmetro	Palha Incorporada			Palha na Superfície		
	LI	estimativa	LS	LI	estimativa	LS
C_0	61,4269	67,7018	76,1416	51,0968	54,4864	58,5765
k	0,0196	0,0241	0,0291	0,0251	0,0290	0,0331

A estimativa para o parâmetro C_0 (mineralização máxima) foi maior para a mineralização de Carbono para palha de aveia incorporada ao solo, indicando que desta forma o solo consegue reter mais o Carbono. O parâmetro k é menor para os dados de mineralização de palha de aveia incorporados ao solo sugerindo que a porcentagem de carbono mineralizado aumenta mais lentamente nesta situação, embora atinja um valor maior de C_0 do que nos dados da aveia colocada na superfície do solo. Na tabela LI é o Limite Inferior e LS é o Limite Superior do intervalo de confiança.

Observando os resultados do coeficiente de determinação apresentados na Tabela 2 percebe-se que o modelo foi capaz de descrever bem a porcentagem da mineralização do Carbono da palha de aveia incorporada e sobre a superfície do solo.

Tabela 2: Coeficiente de determinação (R^2) do modelo de Stanford & Smith (1972) ajustado a porcentagem de carbono incorporado e na superfície do solo.

Palha de aveia	R^2
Incorporada	0,9927
Superfície	0,9952

O ajuste foi muito bom, pois mais de 99% da variação presente nos dados foi explicada pelo modelo de Stanford & Smith. Essa precisão pode ser comprovada

observando as Figuras 1 e 2, é possível perceber que o modelo ajustado descreveu adequadamente o comportamento dos dados de % de Carbono mineralizado.

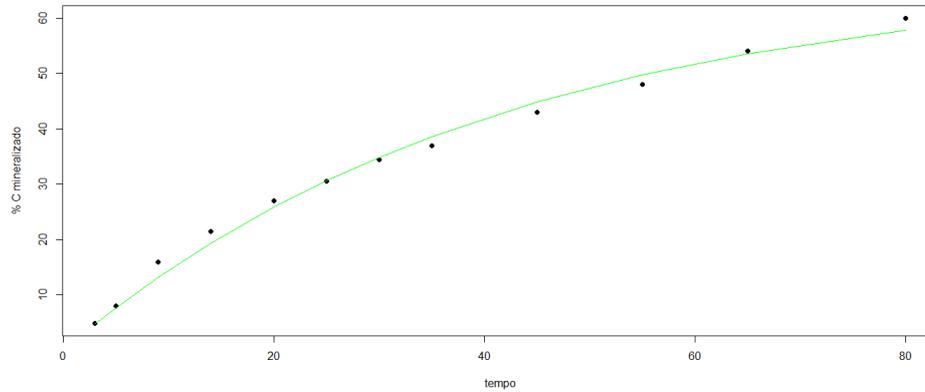


Figura 1: Modelo ajustado da % de Carbono da palha de aveia incorporada ao solo em função do tempo

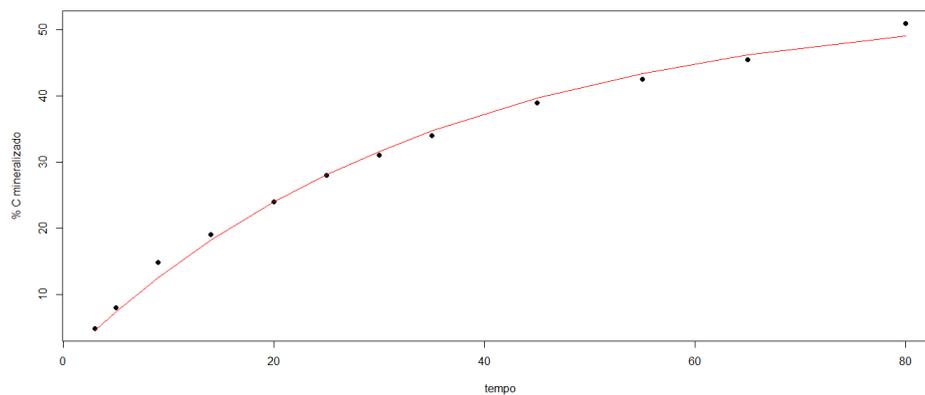


Figura 2: Modelo ajustado da % de Carbono da palha de aveia na superfície do solo em função do tempo

4 Conclusões

O modelo não linear de Stanford & Smith (1972) se mostrou adequado na descrição da porcentagem acumulada de Carbono mineralizado no experimento com palha de aveia.

Referências

- [1] FERNANDES, T. J. et al. Seleção de modelos não lineares para descrição de curvas de crescimento do fruto do cafeeiro. **Coffee Science**. v. 9, n.2, 2014 (No Prelo).
- [2] GIACOMINI, S. P. et al. **Mineralização do Carbono da palha de aveia e dejetos de suínos aplicados na superfície ou incorporados ao solo**. Trabalho apresentado no XXXI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 2007 (Gramado, RS).
- [3] MANTOVANI, J. R. et al. Mineralização de carbono e de nitrogênio provenientes de composto de lixo urbano em argissolo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, n. 4, agosto, 2006, p. 677-684.
- [4] OLIVEIRA, W. S. J. et al. Mineralização de nitrogênio em latossolos adubados com resíduos orgânicos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, n.3, p. 715-725, 2013.
- [5] PEREIRA, J. M.; MUNIZ, J. A.; SILVA, C. A. Nonlinear models to predict nitrogen mineralization in an oxisol. **Scientia Agricola**, v. 62, n. 4, p. 395-400, 2005.
- [6] R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2013. Disponível em <http://www.r-project.org>.
- [7] SAVIAN, T. V.; MUNIZ, J. A. A study of in situ degradability: heterogeneity of variances and correlated errors. **Scientia Agricola**, v. 64, n. 5, p. 548-554, 2007.
- [8] STANFORD, G. & SMITH, S. J. **Nitrogen mineralization potentials of soil**. Soil Sci. Soc. Am. J., v. 36, p. 465-471, 1972.