



# V Simpósio Mineiro de Ciência do Solo

“Agroecologia e a compreensão do solo como fonte e base de vida”

2019 – Viçosa/MG

## Teor de carbono em um Latossolo Amarelo em função de diferentes usos: uma abordagem termodinâmica

**Daniel Nunes da Silva Júnior<sup>(1)</sup>; Gualter Guenther Costa da Silva<sup>(2)</sup>; Ermelinda Maria Mota Oliveira<sup>(2)</sup>**

<sup>(1)</sup>Estudante de pós-graduação; Universidade Federal de Viçosa; Viçosa, Minas Gerais; [daniel.n.junior@ufv.br](mailto:daniel.n.junior@ufv.br); <sup>(2)</sup>Docente; Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

### RESUMO

Enquanto elemento central dos geocossistemas, o solo desempenha importantes funções ambientais. Dentre estas, o sequestro de C ganha destaque, em razão da sua relação com as alterações climáticas globais. Além disso, o teor de C do solo relaciona-se com a sustentabilidade de geocossistemas, naturais ou manejados. Diante disso, este trabalho teve por objetivo avaliar as alterações do teor de C de compostos orgânicos em um Latossolo Amarelo em diferentes sistemas de uso e manejo na região litorânea do estado do Rio Grande do Norte. Foram coletadas amostras de solo em ambiente com relevo local plano e mesma classe de solo, mas com diferentes históricos de uso: pastagem degradada (pt), cultivo florestal (fl) e mata nativa (mn). As amostras de solos foram preparadas e analisadas quanto ao teor de C. Os dados foram submetidos ao teste não paramétrico de Kruskal-Wallis e as médias foram comparadas pelo teste de Dunn ( $p < 0,05$ ). Em seguida, as médias foram analisadas e os resultados interpretados e discutidos por meio de equações e de conceitos usuais em termodinâmica clássica, notadamente da termodinâmica do não-equilíbrio. Observou-se que os geocossistemas de maior complexidade estrutural (cf e mn) apresentaram incrementos no estoque de C do solo, em relação ao sistema de menor complexidade estrutural (pt). Potencialmente, essa forma de abordagem pode contribuir com informações sobre a perda, manutenção e, ou incremento no teor de C do solo, e orientar modificações nos sistemas de uso e de manejo do solo.

**Palavras-chave:** qualidade do solo, sustentabilidade ambiental, sequestro de carbono.

### Reflexão

Na perspectiva de avaliação da qualidade e da sustentabilidade ambiental e dos impactos dos sistemas de uso e manejo da terra, este trabalho contribui com tentativa de abordagem holística sobre a importância de práticas de uso e de manejo do solo que sejam eficientes em incrementar a qualidade do solo e contribuir para atenuação das alterações climáticas, por meio do sequestro e fixação de C no solo.

### Introdução

Dentre as principais funções que o solo desempenha na natureza, pode-se destacar sua participação no ciclo biogeoquímico de elementos como o carbono. O solo é um importante reservatório de C e de outros elementos. Dessa forma, atua como agente tamponante de modificações climáticas e promotor da sustentabilidade ambiental.

Diversos processos que ocorrem no ambiente estão diretamente relacionados com o teor e a estabilidade de C no solo. É por esse motivo que alguns trabalhos mostram que essa variável é fundamental para avaliar e inferir sobre a qualidade do solo e a sustentabilidade de geossistemas, manejados ou nativos (CARDOSO et al., 2011; LIRA et al., 2012; ABREU et al., 2014). Neste sentido, os sistemas de uso da terra que sejam eficientes em estocar e preservar C no solo, potencialmente, são sustentáveis (LEITE et al., 2013) e contribuem para dirimir alterações climáticas. Além disso, sistemas de uso e manejo do solo que cumpram esse objetivo, estarão também atendendo a Lei 12.651 de 25 de maio de 2012, que versa sobre a necessidade de sequestrar, conservar, manter e aumentar o estoque e diminuir os fluxos de C para a atmosfera.

A termodinâmica é definida como a ciência que estuda a energia e a entropia ou, ainda como a ciência que trata da energia e de suas transformações (PASSOS, 2009). O solo é definido como um sistema termodinâmico aberto, em razão de permitir trocas de matéria e de energia com o ambiente externo. Os sistemas abertos são regidos pelas leis da termodinâmica do não-equilíbrio, dado que estão comumente sofrendo mudanças em seu estado de organização, ganhando ou perdendo energia para o meio externo (VEZZANI e MIELNICZUK, 2009).

Diante disso, objetivou-se com este trabalho apresentar uma abordagem termodinâmica da variação do teor de C em um Latossolo Amarelo em função de diferentes usos na região litorânea do estado do Rio Grande do Norte.

### **Material e métodos**

O experimento foi realizado na Área de Experimentação Florestal da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Campus Macaíba / RN. O clima local é uma transição entre os tipos As e BSw, de acordo com a classificação de Köppen, com temperatura média ao longo do ano de 27 °C e estação chuvosa no outono e inverno. A precipitação pluviométrica na região varia entre 800 e 1200 mm ano<sup>-1</sup>, sendo caracterizado como clima sub-úmido (CESTARO, e SOARES, 2004). O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Amarelo, com relevo local plano.

Foram selecionadas três áreas contíguas, com diferentes históricos de uso e manejo do solo: pastagem degradada (pt), cultivo florestal homogêneo (cf) e mata nativa (mn). A escolha das áreas foi realizada de modo a representar um ambiente de baixa estrutura e complexidade (pt) até um ambiente de alta estrutura e complexidade (mn) e um ambiente intermediário (cf).

Para cada uso do solo, demarcou-se uma parcela de 576 m<sup>2</sup> de área total (24 m X 24 m). Para amostragem, considerou-se como área útil os 324 m<sup>2</sup> centrais da parcela. Em cada área, foram coletadas dez amostras compostas de solo, formadas a partir da homogeneização de dez amostras simples coletadas aleatoriamente em toda a área, nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm. No laboratório, as amostras foram secas ao ar e passadas através de malha de 2 mm para obter a TFSA. Determinou-se o teor de C de compostos orgânicos do solo, pelo método da oxidação via úmida com dicromato de potássio (WALKLEY e BLACK, 1934).

Os dados foram submetidos ao teste de Kruskal-Wallis, para testar a distribuição. As médias foram comparadas pelo teste de Dunn, ao nível de 5 % de probabilidade. Em seguida, foram calculados o desvio padrão médio e o coeficiente de variação dos teores de C do solo para cada área.

Calculou-se a variação da energia interna do sistema ( $\Delta U$ ) considerando a energia interna (U) em dois estados distintos (Equação 1). Os estados representam os diferentes usos do solo.

$$\Delta U = U_i - U_f$$

Equação 01

Em que:  $\Delta U$  é a variação interna de energia do sistema;  $U_i$  é a energia interna do sistema no estado inicial considerado, e;  $U_f$  é a energia interna do sistema no estado final considerado.

Os valores de  $\Delta U$  foram expressos em  $\text{dag kg}^{-1}$ , unidade que comumente se utiliza para expressar o teor de C.

Considerou-se como estado A o solo sob pastagem degradada; estado B o solo sob cultivo florestal, e; estado C o solo da mata nativa. Para referir as variações de estados, se utilizou a expressão “trajeto A-B” e “trajeto A-C”.

## Resultados e discussão

As médias dos teores de C de compostos orgânicos do solo (Tabela 1) mostram que o geossistema conservado (mn) apresenta estoque de C maior que os demais sistemas estudados, nas duas profundidades avaliadas. Apesar de haver tendência de aumento, o sistema cf apresentou teor de C estatisticamente igual ( $p > 0,05$ ) ao solo do ambiente degradado (pt).

**Tabela 1.** Teor de C em um Latossolo Amarelo sob diferentes usos

Usos do solo	Pastagem	Cultivo florestal C (dag/kg)	Mata nativa
Profundidade		0-10 cm	
Média	0,8 B	1,21 B	3,78 A
$\sigma_m$	0,35	0,62	0,45
CV (%)	44,79	51,47	12,14
Profundidade		10-20 cm	
Média	0,87 B	0,94 B	2,15 A
$\sigma_m$	0,41	0,64	0,38
CV (%)	46,86	68,23	17,7

Médias seguidas da mesma letra, na linha, não diferem estatisticamente entre si, a 5 % de probabilidade, pelo teste de Dunn.  $\sigma_m$  = desvio padrão médio; CV (%) = coeficiente de variação.

Os menores valores de CV observados no solo da mata nativa, permitem inferir que, além de apresentar teores mais elevados de C, o solo deste ambiente é mais homogêneo para esta variável. Já o solo sob cultivo florestal, em razão do elevado valor de CV, parece ser um ambiente mais heterogêneo. A explicação para este fato pode estar na dinâmica de deposição e decomposição de matéria orgânica mais uniforme e intensa esperada para o solo da mata, em relação ao cultivo florestal.

As relações entre o teor de C do solo nas diferentes áreas, mostra que nos solos dos sistemas mn e cf o teor de C da ordem de 4,17 e 1,5 vezes maior, em relação ao solo do sistema pt, respectivamente, para a camada de 0-10 cm. Já na camada de 10-20 cm, o teor foi de 2,45 e 1,07 vezes maior para o solo do geossistema nativo e manejado, em relação ao ambiente degradado, respectivamente.

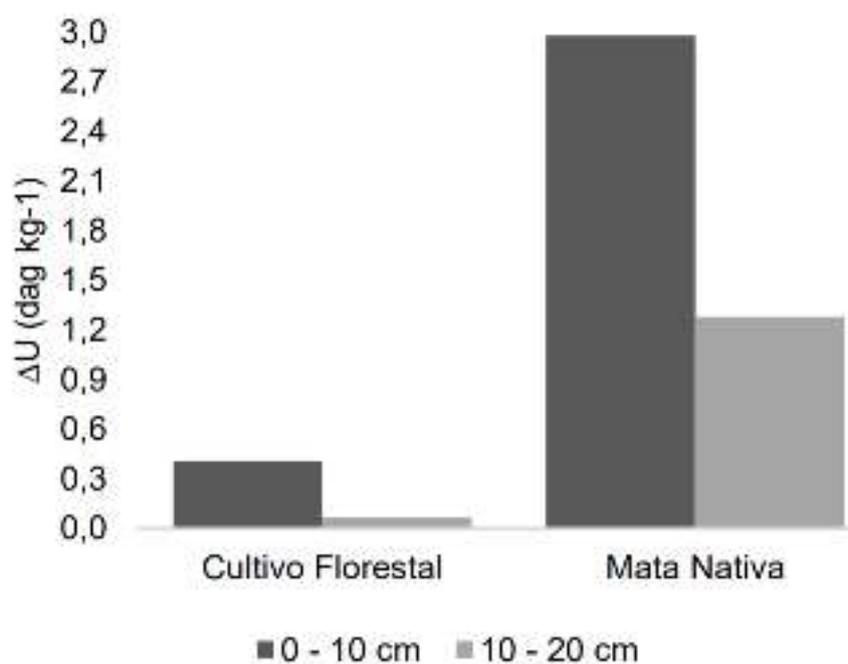
O C de origem orgânica presente no solo é resultado de uma série de processos de biossíntese e biodegradação. Os organismos primários produzem biomassa, por meio do processo de fotossíntese. Durante seu crescimento, estes organismos assimilam C da atmosfera. A sequência dos processos tróficos se dá até que, por fim, atuam os processos

de degradação e biodegradação de materiais orgânicos. Quando depositado sobre o solo, o C desses materiais pode ser estabilizado no solo em diferentes frações, mais ou menos lábeis.

A matéria orgânica é um elemento de fundamental importância em ecossistemas terrestres, em razão dos processos essenciais nos quais está envolvida (CARDOSO et al., 2011). O C orgânico do solo, traduzido em teor de matéria orgânica do solo é energia propulsora, contribuindo direta ou indiretamente, para processos como produção de biomassa vegetal, crescimento microbiano, agregação e estabilização de agregados do solo e outros.

Termodinamicamente, a energia interna de um sistema é uma variável de estado definida pela primeira Lei da Termodinâmica, a Lei da Conservação das Massas (SAVI e COLUCCI, 2010). Logo, por este princípio termodinâmico, U é função do estado do sistema e, em sistema abertos, pode variar em resposta a alterações no estado do sistema. Portanto, substituindo os teores de C na Equação 1, é possível verificar o valor de  $\Delta U$ , considerando as trajetórias distintas A-B e A-C (Figura 1).

Observou-se que os incrementos de energia interna, considerando o estado inicial A (pastagem degradada) foram maiores quando a trajetória foi A-C do que A-B. Depreende-se daí que o sistema mata nativa apresenta estados de energia e, por inferência, organização, maiores que os demais sistemas. Esse resultado é esperado, já que se trata de um ambiente de maior complexidade estrutural e funcional. Apesar de pequena, a variação positiva de energia interna observada considerando o trajeto A-B (pt  $\rightarrow$  cf) mostra tendência de ganho de energia interna com as mudanças de estado.



**Figura 1.** Variação da energia interna ( $\Delta U$ ) no solo partindo do estado inicial A (pastagem degradada) para os estados B (cultivo florestal) e C (mata nativa)

Ecossistemas de maior diversidade e complexidade funcional são, geralmente, mais eficientes em produzir biomassa e aportar C ao solo. Por outro lado, espera-se que sistemas de baixa diversidade e complexidade funcional não contribuam para incrementar C ao solo, como reflexo das baixas produções de biomassa (Figura 2).



**Figura 2.** Expectativa do teor de C do solo em função da estrutura e da complexidade do ambiente  
Fonte: os autores

Contudo, é importante considerar que, mesmo sistemas de baixa diversidade, mas elevada funcionalidade, podem ser eficientes em incrementar C ao solo. Exemplo disso foi constatado por Barreto et al. (2016), que observaram incrementos no estoque de C, associado a melhorias em outras variáveis, em solo cultivado com pastagem bem manejada. Os sistemas de cultivos com gramíneas bem conduzidos (i.e. com uso de corretivos e fertilizantes) são eficientes na produção de biomassa, aérea e radicular. Dessa forma, as gramíneas conduzidas em sistemas bem manejados contribuem com C ao solo tanto pela deposição de material orgânico sobre o solo, quando por meio da considerável produção de raízes.

### Conclusões

A abordagem termodinâmica é adequada para tratar sobre alterações no teor de C em função do sistema de uso e, ou manejo do solo.

Considerando o solo como um sistema termodinâmico, o teor de C parece estar relacionado a estrutura e complexidade do ambiente em que o sistema solo está inserido.

Neste experimento, a conversão da pastagem degradada área de cultivo florestal, promoveu tendência de aumento no teor de C do solo.

### Referências Bibliográficas

ABREU, R. R. L.; LIMA, S. L.; OLIVEIRA, N. C. R.; LEITE, L. F. C. Fauna edáfica sob diferentes níveis de palhada em cultivo de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 44, n. 4, p. 409-416, out./dez. 2014.

BARRETO, A. C.; LIMA, F. H. S; FREIRE, M. B. G.; ARAÚJO, Q. R.; FREIRE, F. J. Características químicas e físicas de um solo sob floresta, sistema agroflorestal e pastagem no sul da Bahia. **Revista Caatinga**, vol. 19, núm. 4, outubro-diciembre, 2006.

CARDOSO, E. L.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; FERREIRA, M. M.; FREITAS, D. A. F. F. Qualidade química e física do solo sob vegetação arbórea nativa e pastagens no pantanal Sul-Mato-Grossense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 35:613-622, 2011.

CESTARO, L.A. e SOARES, J.J. Variações florística e estrutural e relações fitogeográficas de um fragmento de floresta decídua no Rio Grande do Norte, Brasil. **Acta Botanica Brasilica** 18(2): 203-218, 2004.

PASSOS, J. C. Os experimentos de Joule e a primeira lei da termodinâmica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 31, n.3, 3603, 2009.

LEITE, L. F. C.; ARRUDA, F. P.; COSTA, C. N.; FERREIRA, J. S.; HOLANDA NETO, M. R. Qualidade química do solo e dinâmica de carbono sob monocultivo e consórcio de macaúba e pastagem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.17, n.12, p.1257-1263, 2013.

LIRA, R. B.; DIAS, N. S.; ALVES, S. M. C.; BRITO, R. F.; & SOUSA NETO, O. N. Efeitos dos sistemas de cultivo e manejo da Caatinga através da análise dos indicadores químicos de qualidade do solo na produção agrícola em Apodi, RN. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.25, n.3, p.18-24, 2012.

SAVI, A. A. e COLUCCI, C. C. Termodinâmica. (Coleção Formação de Professores em Física - EAD, v. 10). Maringá: **Eduem**, 2010. 131p.

VEZZANI, F. M.; MIELNICZUC, J. Uma visão sobre qualidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.33, p.743-755, 2009.