

## **Práticas de manejo para a sustentabilidade de um solo Tropical Coeso**

Portela, S.B<sup>1</sup>, Silva, F.R<sup>2</sup>, Sousa, L.S<sup>3</sup>, Nogueira, W<sup>4</sup>, Moura, E.G<sup>5</sup>

1. Engenheira Agrônoma, Superintendente de Educação Ambiental, SEMA, stefannyportela@hotmail.com. 2. Engenheira Agrônoma, Chefe da Divisão de Produção, AGERP, silvafr2016@gmail.com. 3. Engenheira Agrônoma, Assessora Florestal, SEMA, leida.ss@hotmail.com. 4. Engenheira Agrônoma, Analista, SAF, wanessanogueiraa@hotmail.com. 5. Engenheiro Agrônomo, Professor Doutor, UEMA, egmoura@elointernet.com.br

**Resumo:** A cobertura do solo aliado ao uso de gesso têm sido indicado como uma estratégia eficiente para a melhoria da estrutura física, acúmulo de carbono orgânico do solo e aumento na produtividade das culturas na região do Trópico úmido. A biomassa de leguminosas é capaz de fornecer cobertura do solo, favorecer a atividade microbiana e fornecer nutrientes. Enquanto, o gesso, por sua alta solubilidade e teores de cálcio, têm sido indicado como uma excelente alternativa para reter carbono orgânico no solo e melhorar agregação e enraizabilidade. Neste sentido, nosso objetivo foi acompanhar a dinâmica do carbono orgânico na zona radicular de um solo tropical coeso após a aplicação de gesso e resíduo de leguminosas. Nossos resultados sugerem que a biomassa juntamente com o gesso mantiveram a saturação da argila com COS, o que conservou a qualidade estrutural do solo como boa ou muito boa durante todos os anos avaliados. O aumento do COS no tratamento U pode ser atribuído ao aumento do C sequestrado pela biomassa da planta, que retorna ao solo como resíduo da cultura. No entanto, esse carbono não se estabilizou ao longo dos anos, provavelmente devido às condições desfavoráveis ao acúmulo de matéria orgânica da região. A combinação de biomassa de leguminosa e gesso permite a melhora da estrutura efêmera do solo tropical arenoso, o que manteve a estrutura do solo boa ou muito boa em todos os anos avaliados. Esse resultado pode garantir a permanência do cultivo na mesma área pelos agricultores da periferia da Amazônia.

**Palavras-chave:** *cálcio, carbono orgânico do solo, periferia da Amazônia, solo arenoso.*

### **Management practices for the sustainability of Cohesive Tropical soil, Abstract:**

Soil cover combined with the use of gypsum has been indicated as an efficient strategy to improve the physical structure, accumulation of soil organic carbon and increase crop productivity in the humid tropics. Legume biomass is capable of providing ground cover, favoring microbial activity and providing nutrients. Meanwhile, gypsum, due to its high solubility and calcium content, has been indicated as an excellent alternative to retain organic carbon in the soil and improve aggregation and rooting. In this sense, our objective was to follow the dynamics of organic carbon in the root zone of a cohesive tropical soil after the application of gypsum and legume residue. Our results suggest that biomass together with gypsum maintained clay saturation with COS, which kept the structural quality of the soil as good or very good during all the years evaluated. The increase in COS in the U treatment can be attributed to the increase in C sequestered by plant biomass, which returns to the soil as crop residue. However, this carbon has not stabilized over the years, probably due to unfavorable conditions for the accumulation of organic matter in the region. The combination of legume biomass and gypsum allows the improvement of the ephemeral structure of the tropical sandy soil, which kept the soil structure good or

very good in all years evaluated. This result can guarantee the permanence of the crop in the same area by farmers in the periphery of the Amazon.

**Keywords:** *calcium, soil organic carbon, Amazon periphery, sandy soil.*

**Introdução:** No trópico úmido, a fertilidade do solo é gerenciada por meio do deslocamento e da expansão da área de cultivo pelos agricultores familiares que ainda se fundamentam na substituição das matas nativas por práticas como corte e queima. Entretanto, esse sistema está relacionado com desmatamento, aumento da emissão de gases do efeito estufa e perda da biodiversidade, além de não promover benefícios socioeconômicos aos agricultores (PORTELA, 2020). Adoção em larga escala de práticas agroflorestais com leguminosas arbóreas pode fortalecer os serviços ecossistêmicos nesta região, com aumento dos microrganismos benéficos no solo e melhoria expressiva na produtividade agrícola e, ao mesmo tempo, aumento do sequestro de COS (LAYEK et al., 2018). Quando usado em rotação com culturas, as leguminosas arbóreas realizam fixação biológica de N (FBN) o que promove melhorias no solo e menor degradação ambiental através da redução no uso de fertilizantes e perdas de N nos campos agrícolas (MEENA e LAL, 2018). No entanto, os ganhos potenciais nos estoques de COS provavelmente serão mais lentos no trópico úmido do que em outras regiões, porque as condições climáticas locais aceleram a taxa de decomposição da matéria orgânica. Nessa abordagem, técnicas que aumentam a permanência do carbono orgânico do solo representam um caminho a seguir, tais como não revolvimento do solo, plantio direto na palha de leguminosas, adubação balanceada associada a prática da gessagem. Essas técnicas conjugadas podem aumentar os mecanismos de proteção físico-químico do carbono orgânico, pois a presença de íons de cálcio formam uma ponte iônica entre a matéria orgânica do solo e as partículas de argila, aumentando a agregação do solo e fornecendo proteção (INAGAKI et al., 2017). O aumento da entrada de COS devido a integração do plantio na palha de leguminosas arbóreas com a prática da gessagem associados à adubação mineral podem melhorar de maneira sustentável a produtividade do solo e a segurança alimentar no trópico úmido. Logo, o papel deste estudo é esclarecer a melhoria na condição estrutural do solo, na retenção de COS na região do trópico úmido.

**Material e Métodos:** Este estudo foi conduzido durante oito safras (2011 a 2018) na Universidade do Estado do Maranhão, Brasil (2 ° 30 ' S, 44 ° 18 ' W). A região possui clima equatorial quente e semi-úmido. A temperatura média anual é de aproximadamente 27 ° C. A precipitação média geral para a região é de 2.200 mm ano<sup>-1</sup>. O solo local foi classificado como ARGISSOLO AMARELO Distrocoeso arênico. Em dezembro de 2010, foram determinadas as propriedades químicas e físicas do solo da seguinte forma, na camada de 0-20 cm: pH 4,0 (em CaCl<sub>2</sub>); 20 g kg<sup>-1</sup> de carbono orgânico (C); 15 mg dm<sup>-1</sup> de P; 25 mmolc dm<sup>-1</sup> de Al + H; 15 mmolc dm<sup>-1</sup> de Ca; 9 mmolc dm<sup>-1</sup> de Mg; 1 mmolc dm<sup>-1</sup> de K; 50 mmolc dm<sup>-1</sup> de CTC; 50,0V%; 30% de areia grossa, 52,9 % de areia fina, 6,1 % de silte; 11% de argila. Em janeiro de 2011, a área foi corrigida com 1 t ha<sup>-1</sup> de calcário aplicado na superfície, correspondendo a 390 e 130 kg ha<sup>-1</sup> de Ca e Mg, respectivamente. Nesse mesmo período, foi aplicado gesso natural na proporção de 6 t ha<sup>-1</sup> nas parcelas predeterminadas para receber este tratamento, o que corresponde a 1.002 kg ha<sup>-1</sup> de Ca. Em janeiro de 2016, 4 t ha<sup>-1</sup> de gesso e 1 t ha<sup>-1</sup> de calcário foram reaplicados na superfície do solo para fornecer o Ca lixiviado após cinco anos de experimentação, o que corresponde a 390 e 130 kg ha<sup>-1</sup> de Ca e Mg, respectivamente para aplicação de calcário e 680 kg ha<sup>-1</sup> de Ca para aplicação de gesso. O experimento foi conduzido em sistema de plantio direto, em parcelas de 4 × 8 m. O estudo seguiu o delineamento de blocos casualizados com quatro repetições para cada um dos seguintes tratamentos: leguminosa + uréia + gesso (LUG); leguminosas + gesso (LG); leguminosa (L); ureia + gesso (UG); ureia (U); gesso (G); controle (C). O nitrogênio

inorgânico foi aplicado na forma de uréia na dosagem de 180 kg ha<sup>-1</sup> de N, apenas nas parcelas que receberam esse tratamento. Resíduos de *Gliricidia sepium* (gliricídia) e *Acacia mangium* (acácia) foram aplicados a 6 t ha<sup>-1</sup> para cada leguminosa por ano. As quantidades de nutrientes adicionadas por ano, calculadas com base nos parâmetros de qualidade dos resíduos de leguminosas foram: 342 kg ha<sup>-1</sup> de N, 27,2 kg ha<sup>-1</sup> de P, 60,6 kg ha<sup>-1</sup> de K, 177,6 kg ha<sup>-1</sup> de Ca, 33,0 kg ha<sup>-1</sup> de Mg. As amostras de solo foram coletadas no período de 2012 à 2018 na profundidade de 0–10 cm. Nove repetições para cada profundidade foram coletadas usando um trado holandês. Amostras de cada ponto foram passadas por uma peneira de 2 mm e depois secas ao ar antes da determinação do carbono orgânico após a oxidação úmida seguida pela titulação com o método do sulfato de amônio ferroso descrito por Tiessen e Moir (1993). Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância ANOVA e analisados com o programa InfoStat software (InfoStat Group, College of Agricultural Sciences, National University of Córdoba, Argentina). Para condição estrutural do solo utilizamos os níveis críticos segundo Prout et al. (2020), que estabeleceram valores de limiar de COS / argila para indicar degradação e boa condição estrutural do solo. A escala obtida consiste em um índice de matéria orgânica do solo com relações de limite COS / argila de 1/8, 1/10 e 1/13 que separa os solos em classes de COS muito bom, bom, moderado (médio) e degradado (ruim) conteúdo e condição da estrutura física. Para o cálculo da razão, utilizou-se um valor de teor de argila de 11%, que foi estimado a partir da análise física do solo.

**Resultados e Discussão:** De acordo com os critérios de Prout et al. (2020), combinação de biomassa e gesso (LUG e LG) melhorou a camada de 0-10 cm, mantendo a estrutura do solo em um nível muito bom ou bom durante todos os anos de cultivo. O efeito da biomassa foi maior que o efeito do gesso quando comparados isolados. De fato, a estrutura do solo proveniente do tratamento de biomassa (L) foi classificada no nível bom em todos os anos avaliados, exceto o ano de 2016, quando foi classificada no nível crítico médio. O solo do tratamento com gesso (G) foi considerado bom nos primeiros quatro anos de avaliações, enquanto nos três anos seguintes foi classificado como ruim, médio e ruim. A aplicação de uréia afetou positivamente a estrutura do solo em comparação com o tratamento controle apenas no primeiro ano, quando elevou o solo a um nível crítico particularmente bom. Porém, nos últimos anos a estrutura do solo ficou ruim para esse tratamento. No tratamento controle, a estrutura do solo foi classificada no nível crítico bom nos primeiros três anos, enquanto ficou no nível crítico ruim nos anos seguintes (Figura 1). Segundo Feller e Beare (1997), a saturação da argila com COS é fundamental para a qualidade estrutural do solo. Pois, para cada aumento de 0,1% no carbono orgânico, pode haver um aumento de 2% nos macroagregados instáveis. Pois o COS atua como um núcleo de formação de agregados, estimulando a atividade localizada de comunidades de microrganismos, que excretam polissacarídeos extracelulares. Esses, aderem às partículas do solo, que as unem, criando uma proteção em torno do núcleo de COS em decomposição e eventualmente ocluindo (CHENU e COSENTINUO, 2011). O aumento do COS no tratamento U pode ser atribuído ao aumento do C sequestrado pela biomassa da planta, que retorna ao solo como resíduo da cultura. No entanto, esse carbono não se estabilizou e acumulou ao longo dos anos, provavelmente devido às condições edafoclimáticas inerentes à região, desfavoráveis ao acúmulo de matéria orgânica (PORTELA, 2020).

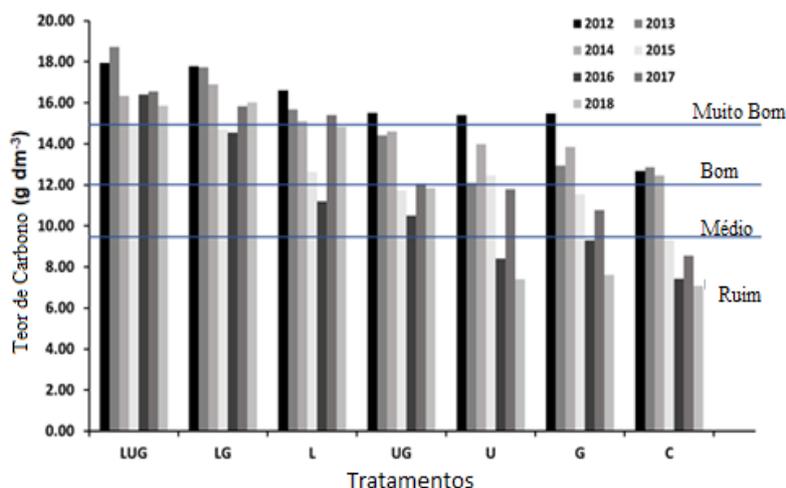


Figura 1. Conteúdo de carbono do solo na profundidade de 0 a 10 cm. LUG = leguminosa, uréia e gesso; LG = leguminosa e gesso; L = leguminosa; UG = ureia e gesso; U = ureia; G = gesso; C = controle. Barras horizontais representam os níveis críticos segundo Prout et al. (2020).

**Conclusões:** A combinação de biomassa de leguminosa e gesso permite a melhora da estrutura efêmera do solo tropical arenoso, o que manteve a estrutura do solo boa ou muito boa em todos os anos avaliados. Esse resultado pode garantir a permanência do cultivo na mesma área pelos agricultores da periferia da Amazônia.

**Agradecimentos:** Agradecemos à Fundação de Amparo à Pesquisa do Maranhão (FAPEMA) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio.

#### Referências Bibliográficas:

- CHENU, Claire et al. Microbial regulation of soil structural dynamics. **The architecture and biology of soils: life in inner space**, p. 37-70, 2011.
- Feller C, BEARE MH (1997) Physical control of soil organic matter dynamics in the tropics. **Geoderma** 79, 69-116.
- INAGAKI, T.M.; DE MORAES SÁ, J.C.; CAIRES, E.F.; GONÇALVES, D.R.P. Why does carbon increase in highly weathered soil under no-till upon lime and gypsum use?. **Science of the Total Environment**, v. 599, p. 523-532, 2017.
- LAYEK, J.; DAS, A.; MITRAN, T.; NATH, C.; MEENA, R. S.; YADAV, G.S.; LAL, R. Cereal+ Legume intercropping: an option for improving productivity and sustaining soil health. In: **Legumes for Soil Health and Sustainable Management**. Springer, Singapore, 2018. p. 347-386.
- MEENA, RAM SWAROOP; LAL, RATTAN. Legumes and sustainable use of soils. In: **Legumes for Soil Health and Sustainable Management**. Springer, Singapore, 2018. p. 1-31.
- PORTELA, Stéfanny Barros. Práticas de manejo para a sustentabilidade da produção agrícola em solo tropical coeso. São Luís, 2021. 98 f Tese (Doutorado), Universidade Estadual do Maranhão, 2020.
- PROUT, Jonah M. et al. What is a good level of soil organic matter? An index based on organic carbon to clay ratio. **European Journal of Soil Science**, 2020.
- TIESSSEN, H; MOIR, JO. Total and organic carbon. In **Soil sampling and methods of analysis**. (Ed Lewis Publishers, ME Carter) pp. 187-200. (Publishing: Ann Arbor), 1993.