

RELAÇÕES ENTRE A DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DO CARBONO ORGÂNICO E O USO E MANEJO DO SOLO EM UMA BACIA HIDROGRÁFICA

THIAGO RODRIGUES DA ROSA¹; MIGUEL DAVID FUENTES-GUEVARA²; MAURICIO FORNALSKI SOARES³; ELIANA APARECIDA CADONA⁴; GABRIEL ALMEIDA GOMES⁵; LUIS CARLOS TIMM⁶

¹Universidade Federal de Pelotas – thiagorodrigues2000@outlook.com.br

²Universidade Federal de Pelotas – miguelfuge@hotmail.com

³Universidade Federal de Pelotas – mauriciofornalski@gmail.com

⁴Universidade Federal de Pelotas - cadona.eliana@gmail.com

⁵Universidade Federal de Pelotas - gagomes@inf.ufpel.edu.br

⁶Universidade Federal de Pelotas – lctimm@ufpel.edu.br

1. INTRODUÇÃO

A matéria orgânica do solo (MOS) é importante nos processos físicos, químicos e biológicos, desempenhando diversas funções no sistema solo-planta-atmosfera, permitindo a ciclagem de nutrientes e agregação do solo. A MOS é a principal fonte de nitrogênio (N) e serve para determinar a qualidade do solo, tendo uma importância muito grande na agricultura sustentável. O carbono orgânico do solo (CO) representa 58% da MOS, por isso, a determinação do teor de CO pode ser utilizado para estimar a quantidade da MOS. O CO pode ser influenciado pelos diversos sistemas de uso e manejo do solo, podendo ser encontrado em níveis mais altos em matas fechadas como florestas devido à não perturbação do solo (CENTENO et al. 2020).

Entre os sistemas de manejo e preparação do solo nas áreas agrícolas, destaca-se o sistema convencional (SC), no qual se realiza o preparo do solo através de aração e gradagem, revolvendo o solo e incorporando os resíduos vegetais, isto faz com que a camada superficial do solo fique desprotegida, sujeita à degradação do CO, erosão hídrica e eólica. Por outro lado, existe o sistema conservacionista de plantio direto (SPD), o qual proporciona aumentos significativos nos teores de CO e N, mediante a manutenção permanente da cobertura no solo, evitando-se, não só perdas de terra e CO mas também de N.

Mapear e identificar os diferentes padrões de comportamento espacial dos atributos do solo como o carbono orgânico do solo torna-se importante nas áreas agrícolas porque contribuem com a tomada de decisões e adoção de práticas de manejo de solo adequadas que auxiliam na conservação do solo, e ainda mais na escala de bacia hidrográfica.

O uso da geoestatística como uma ferramenta na elaboração de mapas de distribuição espacial permite a visualização das zonas de manejo da fertilidade do solo onde podem ocorrer os maiores e menores níveis de CO dentro da bacia hidrográfica analisada. O mapa de distribuição espacial do carbono pode ser realizado mediante o método de krigagem, podendo-se obter informações do CO que servirão em diversas áreas do conhecimento como a estimativa da suscetibilidade do solo à erosão, modelagem hidrológica, projetos de irrigação, etc. (SOARES, 2020).

Neste estudo avaliaram-se as informações da sub - bacia hidrográfica Sanga Ellert - SBHSE (bacia de cabeceira) dentro da bacia hidrográfica Arroio Pelotas, uma vez que ela tem uma importância econômica e social para o município de Canguçu, onde predomina a agricultura familiar na maioria das propriedades rurais.

Frente ao anteriormente exposto, o objetivo desse estudo foi avaliar o comportamento da variabilidade espacial do carbono orgânico do solo na SBHSE e as suas relações com o uso e manejo do solo.

2. METODOLOGIA

O estudo foi conduzido em uma sub - bacia hidrográfica da bacia hidrográfica Arroio Pelotas, denominada de sub - bacia hidrográfica da sanga Ellert (SBHSE), localizada inteiramente no município de Canguçu, região Sul do Estado do Rio Grande do Sul, a qual possui uma área de 0,66km². Primeiramente foi estabelecido uma malha amostral de 106 pontos demarcados e separados por 75 m com ajuda de um GPS e o software ArcGIS para georreferenciação dentro da SBHSE. Seguidamente, foram coletadas amostras indeformadas de solo para a determinação do CO mediante a metodologia de Walkley e Black (1934).

A série de dados de CO coletados na SBHSE foram analisados mediante estatística clássica na tentativa de se ter uma análise exploratória e avaliação do comportamento da distribuição do CO. Para isso, foram calculadas as medidas de posição (média e mediana), de dispersão (desvio padrão, variância e coeficiente de variação) e as que indicam o formato da distribuição (coeficientes de assimetria e curtose). Também foi realizado o teste de Kolmogorov-Smirnov (K-S), a 5% de significância para verificar a tendência à normalidade da série de dados. (SOARES et. al., 2020)

A partir dos dados de CO e as coordenadas de cada ponto foi realizada a análise de distribuição espacial mediante as ferramentas geoestatísticas. Em primeira instância foi determinado o semivariograma experimental com o intuito de verificar a existência de dependência espacial dos dados. Ao não existir dependência, foi planejado e executado um adensamento da malha amostral, inserindo-se na parte central da SBHSE mais 78 pontos georreferenciados e onde foram determinados o CO, para posterior determinação do semivariograma experimental. Uma vez encontrada a dependência espacial, a interpolação do CO ao longo da bacia foi realizada mediante krigagem, com o objetivo de obter um mapa de distribuição espacial. O mapa de distribuição espacial de CO foi logo convertido a imagem Raster para posterior exportação ao software ArcGIS, onde foram cruzadas as informações de distribuição espacial do carbono e dos manejos e uso do solo em todos os pontos coletados na SBHSE. Todas as análises estatísticas foram realizadas no *software* R versão 4.0.2 com auxílio dos pacotes “agricolae” e “gstat”.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao analisar o comportamento do CO na SBHSE foi observado que a série de dados apresentou alto coeficiente de variação (CV>35%) (Tabela 1).

Tabela 1. Estatísticas descritivas da variável CO

Atributo	Min	Max	Med.	DP	CV	Ass.	Curt.	K-S
CO (%)	0,13	2,66	1,06	0,55	52,00	0,58	-0,01	0,07

Min: valor mínimo; Max: valor máximo; Med: valor médio; DP: desvio padrão; CV: coeficiente de variação; Ass: coeficiente de assimetria; Curt: coeficiente de curtose; K-S: teste de Kolmogorov-Smirnov (valor crítico: 0,136, para $\alpha=5\%$); CO: carbono orgânico.

Os valores de coeficiente de assimetria e curtose estiveram mais próximos de zero, apontando que as distribuições dos dados tendem a ser normais, assim,

os valores médios podem ser considerados como o ponto central da distribuição. Esse fato é comprovado pelo padrão de distribuição de frequências do CO que seguiu uma distribuição normal de acordo com o teste de Kolmogorov-Smirnov, obtendo-se valor K-S por debaixo do valor crítico 0,136 ($D_c = 0,136$ para $\alpha = 0.05$).

Referente à análise de dependência espacial, o CO demonstrou possuir uma estrutura de dependência espacial definida, quantificada mediante a construção do semivariograma experimental e ajuste do modelo exponencial, que apresentaram os seguintes parâmetros: Alcance (368.40m), patamar (0.35) e efeito pepita (0.18). O alcance da dependência espacial abrange o espaço de diversos *lags* na malha amostral proposta, sendo este fator extremamente importante para eficiência das estimativas nos pontos não amostrados, e sendo demonstrado para este estudo que a distância mínima de coleta para encontrar dependência espacial do CO na SBHSE é de 368,40 m. O patamar apresentou valor próximo ao da variância dos dados indicando um bom ajuste do modelo exponencial. Uma vez determinada a estrutura de dependência espacial, o cálculo do semivariograma foi utilizado para gerar o mapa de CO via krigagem ordinária (Fig. 1).

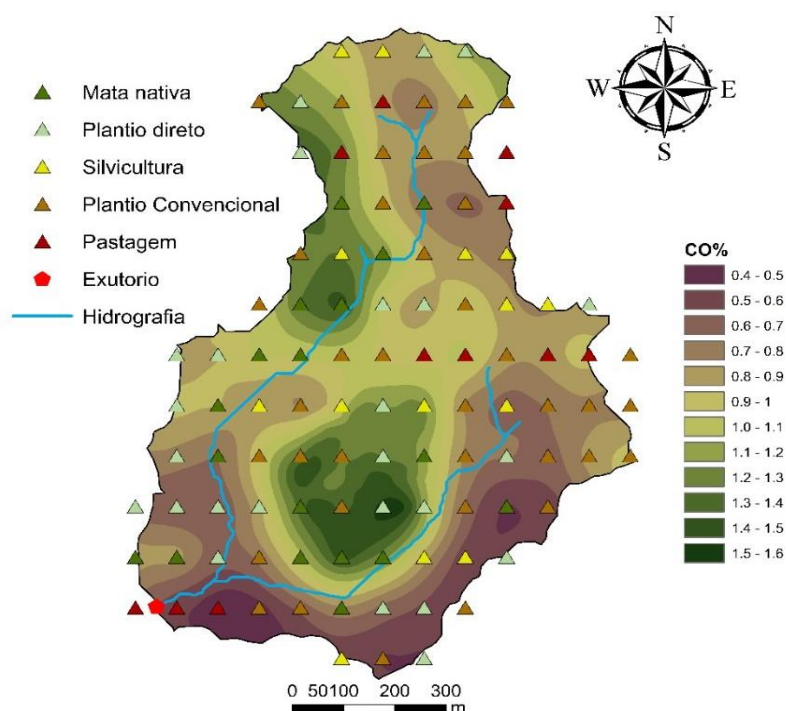


Figura 1. Mapa de distribuição espacial do carbono orgânico do solo na sub-bacia hidrográfica Sanga Ellert, apresentando os usos e manejos do solo nos pontos amostrais.

Mediante o uso das ferramentas geoestatísticas propostas para o presente trabalho, foi possível construir um mapa de distribuição do Carbono orgânico do solo ao longo da SBHSH e avaliar a relação que o mesmo tem com o uso e o manejo do solo. O mapa demonstra que 70% dos pontos estratificados como “mata nativa” se encontram em áreas de alto e moderado estoque de CO. Este resultado é relatado em diversos estudos na literatura e está ligado principalmente ao acúmulo de resíduos vegetais e a conservação da estrutura do solo, levando

em conta que estas áreas apresentam reduzida atividade agrícola no solo (SOARES et al. 2020, CENTENO et al. 2020). Dentre os pontos estratificados como “plantio direto” 60% deles estão dispostos em áreas de maior acúmulo de CO. Para Reis et al. (2016) esse sistema é eficiente na manutenção dos estoques de carbono bem como na melhoria da qualidade física dos solos. Somados os pontos amostrais classificados como “plantio convencional” e “pastagem” 78% destes se encontram em locais de baixo estoque de CO. Este fenômeno é amplamente relatado na literatura (CENTENO et al. 2020; REIS et al. 2016; SOARES et al. 2010) devido ao uso excessivo do solo, mecanização intensiva, pisoteio animal e outros diversos fatores que reduzem os estoques de CO e comprometem o qualidade física dos solos. Áreas de silvicultura ocupam uma faixa de estoque moderado de CO, provavelmente por apresentar um comportamento intermediário entre mata nativa e áreas agrícolas.

4. CONCLUSÕES

Com o emprego da geoestatística foi possível caracterizar e quantificar a estrutura de dependência espacial do carbono orgânico do solo na sub-bacia hidrográfica. O método de krigagem demonstrou ser uma eficiente ferramenta para mapear a distribuição espacial do carbono orgânico, permitindo identificar áreas com problemas relacionadas ao manejo e uso do solo. O diagnóstico realizado pode ser plenamente utilizado para indicar práticas agronômicas mais eficientes quanto à forma como está sendo realizado o manejo e uso do solo nas áreas agrícolas da bacia.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CENTENO, L. N.; TIMM, L. C.; REICHARDT, K; BESKOW, S; CALDEIRA, T. L.; OLIVEIRA, L. M.; WENDROTH, O. Identifying regionalized co-variate driving factors to assess spatial distributions of saturated soil hydraulic conductivity using multivariate and state-space analyses. **Catena**. v. 191, p. 1 - 13, ago. 2020.

OLIVEIRA, D.M. da S.; PAUSTIAN, K.; COTRUFO, M. F.; FIALLOS, A.R.; CERQUEIRA, A.G.; CERRI, C.E.P. Assessing labile organic carbon in soils undergoing land use change in Brazil: a comparison of approaches. **Ecological Indicators**, v. 72, p. 411-419, 2017.

REIS, D. A.; LIMA, C L R; BAMBERG, A L. Qualidade física e frações da matéria orgânica de um Planossolo sob sistema de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n.9, p. 1623-1632, 2016.

SOARES, M. F.; CENTENO, L. N.; TIMM, L. C.; MELLO, C. R.; KAISER, D. R.; BESKOW, S. Identifying covariates to assess the spatial variability of saturated soil hydraulic conductivity using robust cokriging at the watershed scale. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v. 20, n. 3, p. 1491-1502, 2020.

WALKLEY, A. & BLACK, I.A. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. **Soil Science**, v. 37, p. 29-38, 1934.