

Limitações da Metodologia do IPCC para Avaliação do Carbono no Solo: Aplicação em áreas com mudança do uso do solo

Limitations of the IPCC Methodology for Soil Carbon Assessment: Application in areas with land use change

Arthur A. J. Lima^{1,2,3,*}, Matheus Toloto^{1,3}, Tomás de Figueiredo¹, Rui Pedro Lopes², Eva Vidal³ & Zulimar Hernández¹

¹ CIMO, LA SusTEC, Instituto Politécnico de Bragança, Campus de Santa Apolónia, 5300-253 Bragança, Portugal

² CeDRI, SusTEC, Instituto Politécnico de Bragança, Portugal

³ Universidade da Coruña, Grup. de Investigación Xestión Sostible dos Recursos Hídricos e do Chan (AQUATERRA), 15071 A Coruña, España

(*E-mail: arthur.lima@ipb.pt)

<https://doi.org/10.19084/rca.38556>

Recebido/received: 2024.07.31

Aceite/accepted: 2024.10.25

RESUMO

Considerando a problemática das áreas ardidas em Portugal e a crescente preocupação com a descarbonização da Europa, a mudança do uso do solo (MUS) em certas regiões do país torna-se uma estratégia para alcançar o objetivo de zero emissões. A MUS pode resultar em aumento ou diminuição do estoque de Carbono Orgânico do Solo (COS), sendo a quantificação desse elemento crucial para antecipar os possíveis cenários futuros nessas áreas. A metodologia recomendada pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), pode gerar interpretações equivocadas. Assim, neste estudo, pretendeu-se desmistificá-la, aplicando-a em uma área de estudo mediterrânica com mudanças no uso do solo, com o auxílio do software QGIS. Foram utilizados dados de referência de COS para cada classe de uso do solo, correspondentes ao Nível 1 da metodologia (dados nacionais), extraídos do Inventário Nacional de Emissões de Gases do Efeito Estufa de Portugal de 2021 (NIR-PT). Os resultados indicaram um aumento no estoque de COS para a área, com um acréscimo médio de 1 *t/ha.ano*, quando a MUS passa de matos a floresta de folhosas. A metodologia a nível 1, embora estime grosseiramente os valores de COS, é útil quando não existem dados locais ou regionais.

Palavras-chave: Carbono orgânico no solo (COS), IPCC, Avaliação de carbono orgânico no solo, Mudança de uso do solo, SIG

ABSTRACT

Considering the problem of burned areas in Portugal and the growing concern about the decarbonization of Europe, land use change (LUC) in some areas of the country becomes a strategy to achieve the goal of zero emissions. LUC can result in an increase or decrease in the stock of Soil Organic Carbon (SOC). Quantifying this element is crucial to anticipate possible future scenarios in these areas. The methodology recommended by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) can generate misinterpretations. Therefore, this study sought to demystify its application to a Mediterranean study area with LUC using the help of QGIS software. Each land use class used SOC reference data corresponding to Level 1 of the methodology (national data) extracted from Portugal's National Greenhouse Gas Emission Inventory of 2021 (NIR-PT). The results indicated an increase in the SOC stock for the area, with an average rise of 1 *t/ha-year*, when the LUC moves from scrubland to hardwood forest. Although the level 1 methodology roughly estimates SOC values, it is useful when there is no local or regional data.

Keywords: Soil organic carbon (SOC), IPCC, Soil organic carbon assessment, Land use change, GIS

INTRODUÇÃO

Os incêndios em Portugal têm sido recorrentes ao longo dos últimos anos, como mostram os relatórios anuais de áreas ardidas e ocorrências (ICNF, n.d.). O aumento das áreas de matos, relativo ao abandono agrícola e êxodo rural, agrava ainda mais o risco de incêndio, pois essa classe de uso do solo tem escasso controlo de materiais combustíveis e, caso esses incêndios venham a ocorrer, traduzem-se na degradação severa dos solos (Figueiredo *et al.*, 2015). A mudança do uso do solo (MUS) em certas regiões do país torna-se uma estratégia para alcançar o objetivo de zero emissões e está em linha com as indicações europeias de descarbonização, pois além de prevenir incêndios, pode resultar em aumento ou diminuição da reserva de Carbono Orgânico do Solo (COS).

O COS é um indicador da saúde do solo, desempenhando um papel importante na produtividade agrícola e, por outro lado, na regulação do clima (FAO, 2019). Conhecer os seus teores e os efeitos nas suas reservas causado pela MUS permite estimar o potencial de sequestro de Carbono (C) de uma área, o que é atrativo para a gestão dessas áreas, se tomadas, em consideração, as políticas de mitigação das mudanças climáticas (Odindi *et al.*, 2015).

Portanto, a quantificação precisa de COS é essencial para antecipar cenários futuros em áreas sujeitas a MUS. A metodologia recomendada pelo IPCC (2006) para a quantificação do COS pode levar a interpretações equivocadas se aplicada sem considerações locais ou regionais específicas. Esta metodologia apresenta 3 níveis de modelação, sendo o primeiro relativo à utilização de dados de carbono à escala nacional o mais crítico. A utilização do nível 1 pode não representar adequadamente as particularidades de diferentes zonas, especialmente em áreas mediterrânicas que possuem vasta dinâmica de solo e vegetação (Pinto-Correia & Vos, 2004). O segundo nível refere-se a dados de escala regional e o terceiro de escala local.

Neste estudo, buscou-se desmistificar o uso da metodologia do IPCC aplicando-a em uma área de estudo mediterrânica afetada pela MUS, sendo um dos objetivos avaliar o acréscimo de COS quando utilizado dados a nível 1 e o outro evidenciar a

diferença nos possíveis valores de referência dos 3 níveis da metodologia para uma mesma classe de uso do solo.

MATERIAL E MÉTODOS

Para estimar a reserva de carbono do solo é necessário conhecer o uso atual do solo e o uso futuro pretendido para a área do projeto. O uso atual foi extraído da Carta de Ocupação do Solo de Portugal (COS 2018, 2019) utilizando o software QGIS. Quanto ao uso futuro, deve-se definir, de acordo com os objetivos do projeto, que, no caso deste estudo, consistiu em transformar toda a área de matos em floresta de folhosas. A Figura 1 apresenta ambos os cenários. O próximo passo foi determinar as áreas de cada uso do solo com a ajuda do QGIS.

A estimativa do carbono do solo requer, além da área, um valor de referência de COS para cada tipo de uso do solo. Portanto, neste estudo foram

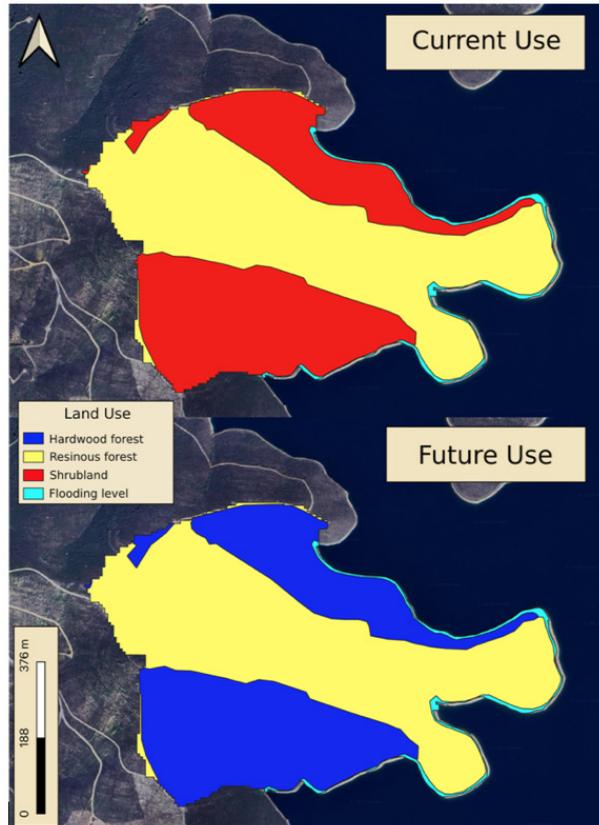


Figura 1 - Uso atual e futuro da área de estudo (Picões, Portugal).

Quadro 1 - Estoque médio de C 0-40 cm por uso do solo (Adaptado de NIR-Portugal, 2021)

| Legenda KP | Média C (0-40cm) ton/ha (Mensurado + Estimado) | | Fonte | | |
|---|---|---------|-------------|-------|-------------|
| | | | ICP/Biosoil | | Média Total |
| | 2009 | 1995/99 | 2005 | Média | |
| 01. <i>Pinus pinaster</i> | 111 | 116 | 110 | 115 | 113 |
| 02. <i>Quercus suber</i> | 73 | 67 | 56 | 62 | 66 |
| 03. <i>Eucalyptus</i> | 119 | 65 | 67 | 65 | 98 |
| 04. <i>Quercus rotundifolia</i> | 65 | 68 | 61 | 65 | 65 |
| 05. Other quercus | 92 | 81 | 91 | 86 | 89 |
| 06. Other broadleaves | 113 | 103 | 110 | 106 | 107 |
| 07. <i>Pinus pinea</i> + 0.8 Other coniferous | 117 | 35 | 113 | 61 | 93 |
| 09. Rain-fed crops | 63 | 46 | | 46 | 59 |
| 10. Irrigated crops + 11. Rice | 61 | 67 | | 67 | 64 |
| 12. Vineyards | 57 | 40 | | 40 | 51 |
| 13. Olive | 77 | 53 | | 53 | 71 |
| 14. Other permanent | 70 | 42 | | 42 | 56 |
| 15. Grassland | 68 | 47 | | 47 | 61 |
| 17. Settlements | 87 | | | | 87 |
| 18. Shrubland | 110 | 82 | 137 | 91 | 107 |
| Média global | 82 | 71 | 76 | 73 | 78 |

utilizados os valores do relatório do NIR-PT a nível 1 como referência (NIR-PT, 2021). A maior aproximação aos valores reais de COS para a área de estudo, de acordo com o Quadro 1, foi “*Eucalyptus*” para florestas resinosas, “other *Quercus*” para florestas de folhosas e “*grassland*” para matos.

Em seguida, o valor de referência de cada classe foi multiplicado pela sua área correspondente em cada cenário. A seguir, para cada cenário, foi somada a quantidade total de carbono. A etapa final foi calcular a diferença entre o cenário futuro e o cenário atual.

Para avaliar a fiabilidade da aplicação da metodologia descrita pelo IPCC (IPCC, 2006), utilizando dados a nível 1, foi realizado um levantamento e, posteriormente, uma análise comparativa de dados disponíveis na literatura para matos de níveis 2 e 3 (Âmbito regional e local), conforme mostra o Quadro 1. Para comparar os valores, as quantidades de COS para profundidades semelhantes foram calculadas aplicando divisão/multiplicação dos valores e estão representadas no Quadro 2 com um asterisco (*).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados indicaram um aumento na reserva de COS, com um acréscimo médio de 1 t/ha.ano, quando a MUS passa de matos a floresta de folhosas. As áreas encontradas através do software QGIS, para o cenário atual, foi 30,48 ha de matos e 36,55 ha de floresta de resinosas. Quanto ao cenário futuro, toda a área de matos passou a ser floresta de folhosas. Na Figura 2, as reservas de COS estão destacadas em toneladas por hectare.

Esses valores, multiplicados pelas áreas de cada classe de uso do solo, resultam em valores totais de 3.808,7 toneladas de COS estocado para o cenário atual e 4.997,5 toneladas para o cenário futuro. Isto indica que haverá um aumento de 1188,8 toneladas de COS, ou seja, um aumento de mais de 20% quando o projeto estiver totalmente implementado. Considerando um horizonte de 30 anos para a floresta atingir o seu clímax, as 39 t/ha adicionais que as florestas de folhosas têm em comparação com os matos serão adicionadas ao solo a uma taxa de aproximadamente 1,3 t/ha ano.



Figura 2 - Estoque de carbono no solo (t/ha) na área de estudo.

O Quadro 2 apresenta os valores de referência de COS em todos os níveis e as fontes de dados. A Tabela contém valores para 3 profundidades de solo (0-20, 0-30 e 0-40 cm). Os dados do NIR-PT apresentam valores de carbono considerando uma profundidade de 40 cm, porém, quando realizada a amostragem em campo, em 2023, constatou-se que o solo da região apresentava profundidade média de 20 cm e, portanto, foram realizadas análises laboratoriais até essa profundidade.

Os dados de COS do nível 3 são de amostras de solo da área de estudo analisadas em laboratório certificado. Levando em consideração que esses dados representam com precisão o COS do local, deve-se comparar os valores deste nível com os demais apresentados no Quadro 2. Portanto, a utilização de dados de nível 2 trariam resultados com melhor aproximação ao real comparativamente a utilização de dados do nível 1, já que os valores são próximos.

Quadro 2 - Estoque de carbono no solo para matos

| Níveis (IPCC) | 0-20 cm [t/ha] | 0-30 cm [t/ha] | 0-40 cm [t/ha] | Fonte |
|---------------|----------------|----------------|----------------|---------------------------|
| 1 | *23,5 | *35,25 | 47 | NIR-PT (2021) |
| 2 | 55 | *82 | *109 | Lima <i>et al.</i> (2023) |
| 3 | 57 | *85 | *113 | Campo |

*valores calculados

Embora a metodologia a Nível 1 seja simplificada, ela ainda é útil, permitindo uma estimativa aproximada do COS utilizando dados de fácil acesso. Contudo, para resultados mais confiáveis, recomenda-se a avaliação com dados regionais (Nível 2) ou, conforme o mais alto nível da metodologia, dados de âmbito local (Nível 3).

CONCLUSÕES

Conclui-se que a metodologia descrita pelo IPCC é de fácil e rápida aplicação, especialmente quando aliada a softwares de geoprocessamento, sendo a precisão dos resultados determinada pela escala espacial dos dados de COS utilizados. Apesar de útil, a utilização dos dados do NIR-PT pode conter inconsistências que só podem ser verificadas no terreno, levando a conclusão de que a utilização de dados a nível 2, quando disponíveis, é aconselhada. Além disso, os valores entre os níveis apresentam diferenças, sendo o primeiro discrepante dos demais.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT, Portugal) e aos fundos nacionais FCT/MCTES (PIDDAC) pelo apoio financeiro ao CIMO (UIDB/00690/2020 e UIDP/00690/2020), CeDRI (UIDB /05757/2020 e UIDP/05757/2020) e SusTEC (LA/P/0007/2020). Agradecem também ao financiamento nacional pela FCT, Fundação para a Ciência e a Tecnologia, no âmbito da bolsa de doutoramento 2022.14010.BD de Arthur Aparecido Janoni Lima.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- COS 2018 (2019) – *Carta de Uso e Ocupação do Solo de Portugal Continental para 2015*. Direção-Geral do Território, Lisboa. [cit. 2024.05.13]. http://mapas.dgterritorio.pt/DGT-ATOM-download/COS_Final/COS2018_v1/COS2018_v1.zip
- FAO (2019) - *Measuring and modelling soil carbon stocks and stock changes in livestock production systems: Guidelines for assessment (Version 1)*. Livestock Environmental Assessment and Performance (LEAP) Partnership. Rome, FAO. 170 p.
- Figueiredo, T.D.; Fonseca, F. & Hernández, Z. (2015) - Uso da terra e riscos de degradação do solo no Nordeste de Portugal: mudanças nas últimas décadas. *In: Encontro Anual das Ciências do Solo*, 24 e 25 junho de 2015, Castelo Branco. p. 63-69.
- ICNF (n.d.) - *Incêndios rurais: Áreas ardidas e ocorrências*. Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas, Algés. [cit. 2024.07.17]. <https://www.icnf.pt/florestas/gfr/gfrgestaoinformacao/grfrelatorios/areasardidaseocorrencias>
- IPCC (2006) - *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: agriculture, forestry and other land use*. Japan: Institute for Global Environmental Strategies (IGES), v.4.
- Lima, A.A.J.; González, A.P.; Lopes, R.P.; Hernández, Z. & de Figueiredo, T. (2023) - Carbono no Solo no Nordeste Transmontano: relações com clima e uso da terra. *Revista de Ciências Agrárias*, vol. 46, n. esp. 1, p. 190-195. <https://doi.org/10.19084/rca.33466>
- NIR-PT (2021) - *Portuguese national inventory report on greenhouse gases, 1990-2019*. Agência Portuguesa do Ambiente, Amadora. [cit. 2024.04.21]. <https://unfccc.int/documents/271508>
- Odindi, J.; Bangamwabo, V. & Mutanga, O. (2015) - Assessing the value of urban green spaces in mitigating multiseasonal urban heat using MODIS land surface temperature (LTS) and Landsat 8 data. *International Journal of Environmental Research*, vol. 9, n. 1, p. 9-18.
- Pinto-Correia, T. & Vos, W. (2004) - Multifunctionality in Mediterranean landscapes-past and future. *In: The new dimensions of the European landscape*. Springer, Dordrecht, p. 135-164.