



DADOS MAPEAMENTO ESTOQUE DE CARBONO NAS PASTAGENS DO BIOMA CERRADO, POR MEIO DE MODELO BASEADO EM PROCESSOS ECOSSISTÊMICOS (CENTURY)

Documento produzido pela equipe do Núcleo de Pesquisa em Pastagem do Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento (Lapig), da Universidade Federal de Goiás (UFG), coordenado pelo professor Laerte Guimarães Ferreira. Este e outros métodos dos dados referentes às pastagens brasileiras estão disponíveis na plataforma [Atlas das Pastagens](#).

Goiânia, janeiro de 2022.



1. Contextualização

O bioma Cerrado tem grande importância na pecuária brasileira, concentrando a maior área de pastagens e rebanho bovino, em comparação aos demais biomas no país. O histórico de ocupação desse bioma é recente, com grandes transformações tendo ocorrido nas últimas décadas (Parente *et al.*, 2019; Souza *et al.*, 2020). Diante disso, compreender o efeito dessas transformações no bioma é fundamental para um uso mais eficiente do território, bem como para a mitigação dos impactos ao meio ambiente.

A atividade pecuária, incluindo as transformações de uso de cobertura da terra para implantação de pastos, é uma importante fonte de emissão de GEE - Gases de Efeito Estufa no Brasil (Albuquerque *et al.*, 2020). Ou seja, nesse sistema está uma grande oportunidade para reduzir e compensar emissões e busca avançar no sentido de zerar as emissões líquidas (diferença entre as emissões e as remoções de carbono) por meio de ações sustentáveis, uma vez que os ecossistemas terrestres são muito afetados por ações antrópicas. Nesse sentido, mapear e monitorar os estoques de carbono nas áreas de pastagens é fundamental. Atualmente vários modelos baseados em processos ecossistêmicos e ciclos biogeoquímicos têm sido utilizados para simular os ciclos de elementos químicos (*e.g.* Carbono, Nitrogênio, Fósforo), em cenários diversos (Smith *et al.*, 1997; Nicoloso *et al.*, 2020). E o Century (Soil Organic Matter Model Environment) é um modelo que tem se destacado.

O Century tem se destacado dentre uma série de outros modelos utilizados para simular o ciclo do carbono em cenários de uso e cobertura da terra, dada a sua versatilidade em simular estoques no solo e nos diversos compartimentos da



vegetação, independente da classe de uso e cobertura da terra e técnica de manejo utilizada, desde que calibrado de forma específica para os respectivos usos e manejos (Smith *et al.*, 1997). Nesse sentido, utilizamos uma abordagem de análise para o mapeamento dos estoques de carbono em áreas de pastagens ao integrar o *Century* e Sistemas de Informações Geográficas (SIG); e, por meio desta abordagem, mapeamos e quantificamos os estoques de carbono nas áreas ocupadas pastagens no bioma Cerrado.

2. Abordagem de análise

2.1. Área de estudo

Para as análises, a identificação das pastagens no bioma Cerrado foi baseada na série temporal de mapas dessa classe de uso da terra no Brasil, no período entre 1985 e 2020, disponível nesta plataforma ([Atlas das Pastagens](#)). Aqui, tomamos como referência as áreas classificadas como pastagens no Cerrado, conforme o mapa relativo ao ano de 2020. A modelagem foi realizada com o detalhamento espacial de 1 km², portanto o mapa referência de área de pastagens, originalmente com resolução de 30 m, foi reamostrado para a escala da modelagem. No processo de reamostragem, foi utilizado o critério de moda, permanecendo classificados como pastagens apenas os pixels 1 km² com mais de 50% de sua área classificada como pastagens no mapa de referência. Nesse processo de reamostragem, a área de pastagem totalizou ~50,7 Mha (figura 1).

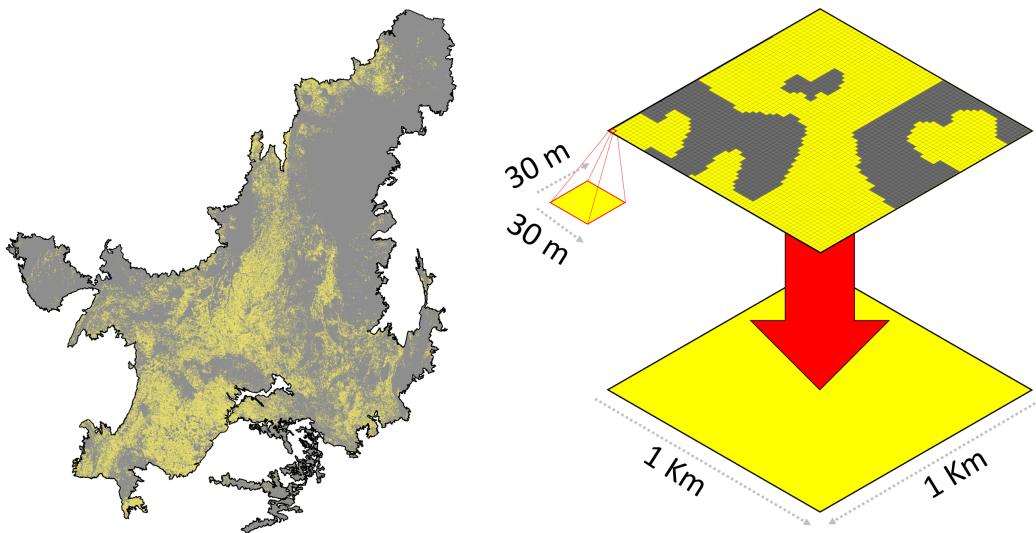


Figura 1. Áreas de pastagens no bioma Cerrado, com resolução espacial reamostrada de 30 m para 1 km⁻² (somando aproximadamente 50,7 Mha, no ano de 2017).

2.2. Simulação do estoque de carbono

Os estoques de carbono das pastagens do bioma Cerrado foram estimados por meio do modelo Century - *Soil Organic Matter Model Environment*, baseado em simulações *per-pixel*, para a camada superficial de 0-20 cm (Parton *et al.*, 1987). Esse modelo consiste em vários submodelos, como dinâmica da matéria orgânica, água e produção vegetal. Sendo necessário o *input* de parâmetros climáticos, como a temperatura média do ar e precipitação mensal, e parâmetros edáficos, como a textura, densidade e pH do solo. Variáveis relacionadas ao manejo de uso e cobertura da terra também são requeridas para as simulações (Leite e Mendonça, 2003). O ambiente do modelo century é composto pelos programas que incluem as equações dos submodelos e estrutura de exportação das simulações, arquivos de descrição do processo a ser simulado incluindo eventos ocorridos no mesmo, como

ações de manejo, arquivos de parâmetros edáficos e climáticos locais, e arquivos de parâmetros ambientais do local e processo a ser simulado pelo modelo (figura 2).

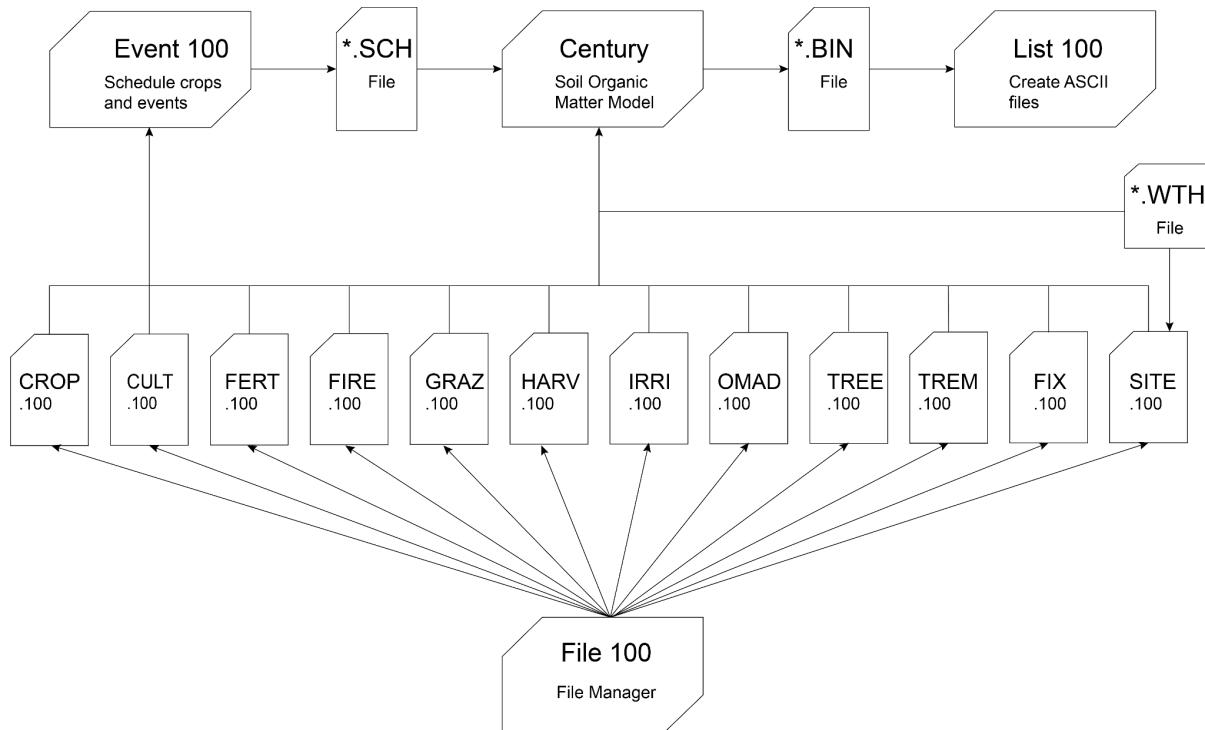


Figura 2. Ambiente do modelo century, mostrando as relações entre programas (*Century* e *List 100*), e estrutura de arquivos de descrição das simulações (*Event 100*), parâmetros edafoclimáticos locais (*.*WTH*) e parâmetros das estimativas a serem realizadas (*Arquivos *.100*).

2.3. Histórico de uso da terra

As informações referentes ao histórico de uso da terra (e.g. cobertura vegetal, manejo adotado, tempo de uso) são importantes para as simulações, por se tratarem de fatores diretamente relacionados aos fluxos de entradas e saídas de carbono e, consequentemente, seu estoque no ecossistema. Para estabelecimento do histórico de uso, consideramos como ano de conversão para pastagem aquele com maior área convertida, pois, uma vez que cada pixel modelado (1 km^2) contém

aproximadamente 1,1 mil pixels nos mapas da série temporal (30 m x 30 m), os quais podem ter sido convertidos para pastagens em anos distintos. Assim, utilizamos o critério de moda para identificar o ano de conversão para pastagem. Nas áreas já classificadas como pastagens em 1985, este ano foi definido para o início das simulações.

2.4. Propriedades físico-química do solo

As propriedades físico-químicas do solo são importantes para o estoque de carbono na matéria orgânica do solo, e portanto são *inputs* necessários para a utilização do modelo Century. Nesse contexto, para cada pixel, a textura (*areia*, *argila* e *silte*), a densidade e a acidez (pH) são variáveis utilizadas no processo de modelagem. Estas variáveis foram obtidas da base de dados SoilsGrids (Hengl *et al.*, 2014; Batjes *et al.*, 2019). O SoilsGrids é uma base de dados global, com resolução espacial de 1 km², que em seis camadas de profundidade, disponibiliza informações de propriedades físico-químicas para todo o planeta, e portanto atende aos pré-requisitos necessários ao modelo Century (figura 3).

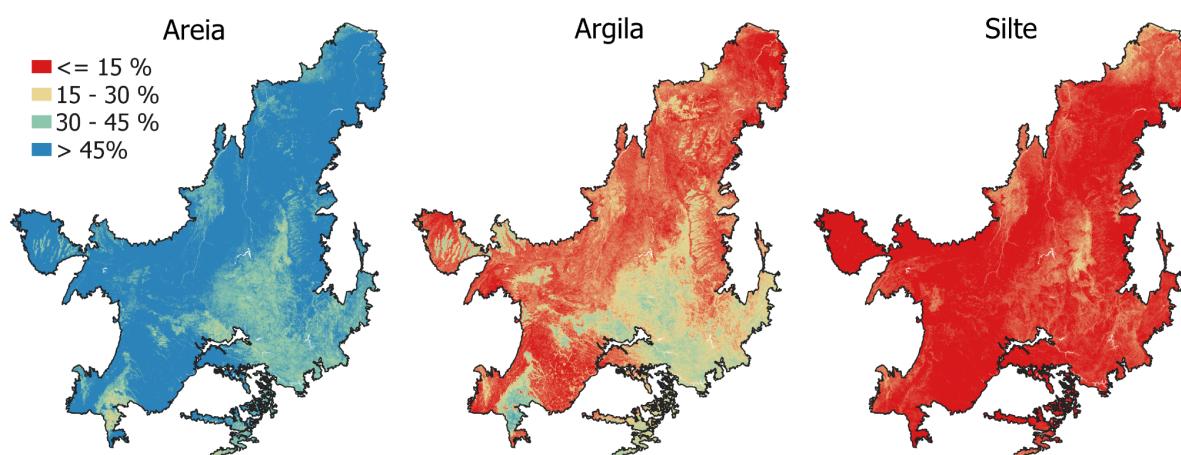


Figura 3. Mapas de textura do solo no Cerrado, obtidos na base de dados do SoilGrids e utilizados para modelar os estoques de carbono nas áreas de pastagens do Bioma. Mapas de densidade e acidez (Ph) foram obtidos na mesma base.

2.5. Dados climáticos: temperatura e precipitação

A sazonalidade climática e os valores de precipitação e temperatura - *média mensal máximas e mínimas* - são determinantes para a produtividade de biomassa e, consequentemente, influenciam a dinâmica e o estoque de carbono em áreas de pastagens. No presente estudo essas variáveis foram obtidas da base de dados Terraclimate (Abatzoglou *et al.*, 2018). A base Terraclimate possui resolução temporal mensal e resolução espacial de 4 km, abrangendo o período 1958 até o presente (figura 4).

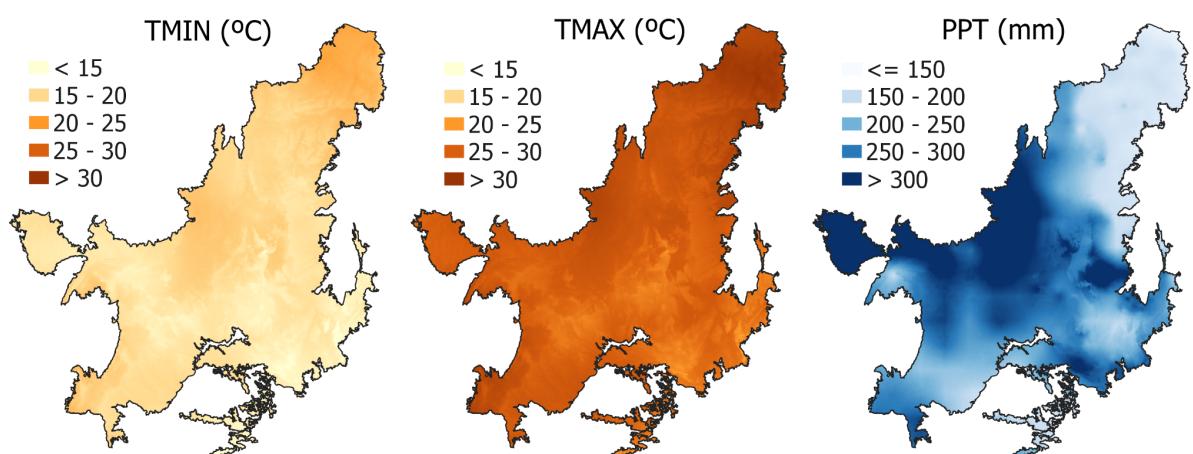


Figura 4. Mapas de variáveis climáticas no Cerrado, obtidos na base de dados do Terraclimate, e utilizados para modelar os estoques de carbono nas áreas de pastagens do Bioma (TMIN - Temperatura mínima; TMAX - Temperatura máxima; PPT - Precipitação; Para ilustração, foram utilizados dados de dezembro/2017).



3. Estoques de carbono nas pastagens do bioma Cerrado

3.1. Estimativas de estoque de carbono nas pastagens do bioma Cerrado

O estoque total de carbono estimado por modelagem para as pastagens do bioma Cerrado em 2019 somou 1,69 PgC (*Petagrama de Carbono*), sendo que 89% é composto por carbono presente na matéria orgânica do solo (1,51 PgC) (figura 5). Devido à grande extensão territorial do Cerrado (~2 milhões de km²), com importante proporção coberta por pastagens, principalmente na parte sul desse Bioma (Souza et al., 2020), a variação nos estoques médios de C em solos sob pastagem costuma ser alta. Isto seria consequência da heterogeneidade edafoclimática na região, aliado à diversidade de tipos de manejo utilizados nas pastagens. Através do modelo Century foram encontrados estoques de C em solos sob pastagem no Cerrado até 20 cm de profundidade variando entre ~7,0 e 43,6 MgC.ha⁻¹, com média de ~30,8 MgC.ha⁻¹ (figura 5A).

O estoque estimado de C na biomassa aérea total foi de 0,18 PgC, enquanto a média foi de 4,0 MgC.ha⁻¹, sendo este valor próximo ao estimado por Bustamante et al., (2012), que foi de 4,1 MgC.ha⁻¹ em pastagens do Cerrado. Avaliar a proporção entre os componentes vivo e morto da biomassa aérea traz importante inferência sobre a qualidade da forragem disponível para o gado, a qual tem relação direta com a porção verde ingerida pelos animais. Os estoques de C estimados na biomassa aérea viva variaram entre ~1,5 e ~2,7 MgC.ha⁻¹, enquanto no componente morto variaram entre ~0,7 e ~1,5 MgC.ha⁻¹ (figura 5B e 5C). Ao considerar os valores médios de estoque de C, a proporção das frações viva e morta foi de 58% e 42%, respectivamente. Estes resultados foram semelhantes aos encontrados em estudo realizado na Bacia Hidrográfica do Rio Vermelho (GO), onde os estoques médios de C na biomassa viva e morta amostrados em campo foram de ~1,6 MgC.ha⁻¹ e ~1,1 MgC.ha⁻¹, correspondendo a proporções de 59% a 41%, respectivamente.

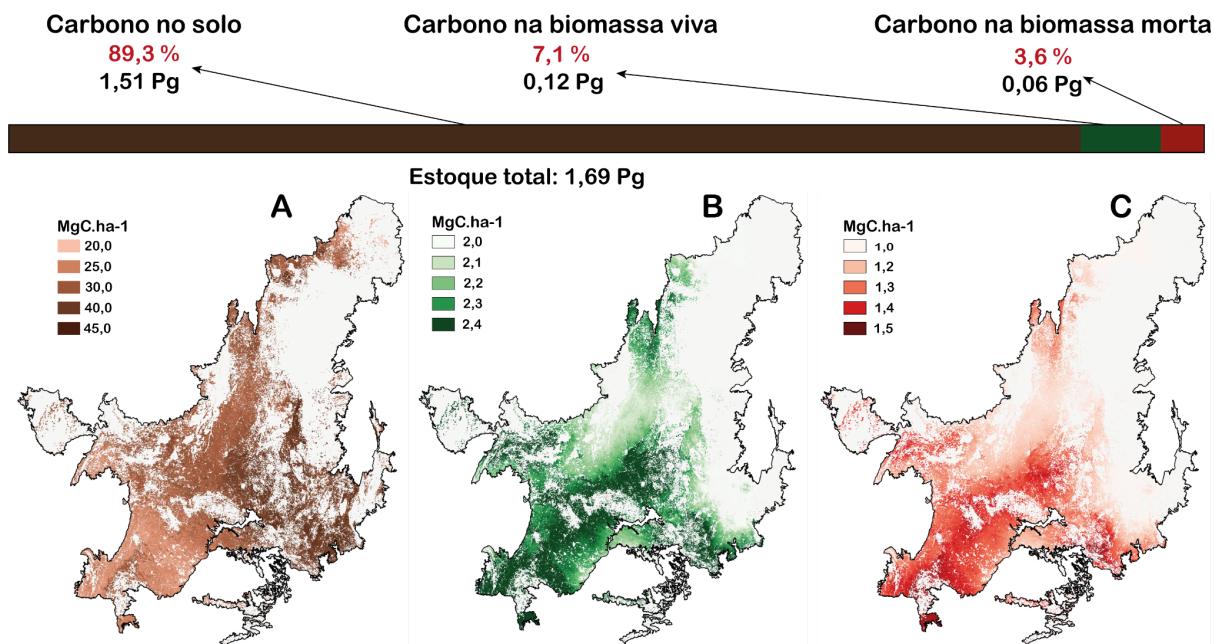


Figura 5. Estoque de carbono estimado para as áreas de pastagens do bioma Cerrado no ano de 2019. (A: Carbono na matéria orgânica do solo, B: carbono na biomassa aérea viva e C: carbono na biomassa aérea morta).

4. Considerações

- O Century se provou versátil e robusto em estimar os estoques de carbono nas pastagens do Cerrado, sendo capaz de reproduzir adequadamente os padrões espaciais característicos da influência sazonal desse bioma.
- Os maiores estoques estimados para os grupos de solos mais férteis como Argissolos, menores estoques nos grupos de solos mais arenosos como os Neossolos e valores intermediários nas áreas de Latossolo, indicam que o modelo foi sensível aos padrões edáficos.
- A idade das pastagens influenciou os estoques de carbono, com maiores estimativas sendo observadas em pastagens mais novas, e tendência de redução no estoque com o aumento da idade.



- A acurácia das bases de dados de clima, solo e uso da terra, utilizadas para alimentar o modelo, influenciam a eficácia do modelo em simular adequadamente a dinâmica do carbono nas áreas de pastagens.

Referências

Abatzoglou, J., Dobrowski, S., Parks, S., Hegewisch, K. TerraClimate, a high-resolution global dataset of monthly climate and climatic water balance from 1958-2015. *Sci. Data*, 2018, 5, 1-12.

Albuquerque, I., Alencar, A., Angelo, C., Barcellos, T.A.F., Coluna, I., Junior, C.C., Cremer, M., Piatto, M., Potenza, R., Quintana, G., Shimbo, J., Tsai, D., Zimbres, B., 2020. Análise Das Emissões Brasileiras De Gases De Efeito Estufa E Suas Implicações Para As Metas De Clima Do Brasil 1970-2019 41.

Batjes, N.H., Ribeiro, E., van Oostrum, A., 2020. Standardised soil profile data to support global mapping and modelling (WoSIS snapshot 2019). *Earth Syst. Sci. Data* 12, 299–320. <https://doi.org/10.5194/essd-12-299-2020>

Bustamante, M.; Nobre, C.; Smeraldi, R.; Aguiar, A.; Barioni, L.; Ferreira, L.; Longo, K.; May, P.; Pinto, A.; Ometto, J. Estimating greenhouse gas emissions from cattle raising in Brazil. *Clim. Chang.* **2012**, 115, 559–577

Hengl, T., De Jesus, J.M., MacMillan, R.A., Batjes, N.H., Heuvelink, G.B.M., Ribeiro, E., Samuel-Rosa, A., Kempen, B., Leenaars, J.G.B., Walsh, M.G., Gonzalez, M.R., 2014. SoilGrids1km - Global soil information based on automated mapping. *PLoS One* 9. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0105992>

Leite, L.; Mendonça, E. Modelo Century de dinâmica da matéria orgânica do solo: equações e pressupostos. *Revista Ciência Rural*, 2003, v. 33(4), 6;



MapBiomas, 2021, ATBD Coleção - Pasture Appendix, access in [data]rought the link: <https://mapbiomas.org/termosdeuso>.

Nicoloso, R.S., Amado, T.J.C., Rice, C.W., 2020. Assessing strategies to enhance soil carbon sequestration with the DSSAT-CENTURY model. Eur. J. Soil Sci. 71, 1034–1049. <https://doi.org/10.1111/ejss.12938>

Parente, L.; Mesquita, V.; Miziara, F.; Baumann, L.; Ferreira, L. Assessing the pasturelands and livestock dynamics in Brazil, from 1985 to 2017: A novel approach based on high spatial resolution imagery and Google Earth Engine cloud computing. *Remote Sens. Environ.* 2019, 232, 111301.

Parton, W., Schimel, D., Cole, C., Ojima, M. Division S-3 soil microbiology and biochemistry, Soil Scientific Society, vol. 51, 1987;

Smith, P., Smith, J.U., Powlson, D.S., McGill, W.B., Arah, J.R.M., Chertov, O.G., Coleman, K., Franko, U., Frolking, S., Jenkinson, D.S., Jensen, L.S., Kelly, R.H., Klein-Gunnewiek, H., Komarov, A.S., Li, C., Molina, J.A.E., Mueller, T., Parton, W.J., Thornley, J.H.M., Whitmore, A.P., 1997. A comparison of the performance of nine soil organic matter models using datasets from seven long-term experiments. *Geoderma* 81, 153–225. [https://doi.org/10.1016/S0016-7061\(97\)00087-6](https://doi.org/10.1016/S0016-7061(97)00087-6)

Souza, C.M., Shimbo, J.Z., Rosa, M.R., Parente, L.L., Alencar, A.A., Rudorff, B.F.T., Hasenack, H., Matsumoto, M., Ferreira, L.G., Souza-Filho, P.W.M., de Oliveira, S.W., Rocha, W.F., Fonseca, A. V., Marques, C.B., Diniz, C.G., Costa, D., Monteiro, D., Rosa, E.R., Vélez-Martin, E., Weber, E.J., Lenti, F.E.B., Paternost, F.F., Pareyn, F.G.C., Siqueira, J. V., Viera, J.L., Neto, L.C.F., Saraiva, M.M., Sales, M.H., Salgado, M.P.G., Vasconcelos, R., Galano, S., Mesquita, V. V., Azevedo, T., 2020. Reconstructing three decades of land use and land cover changes in brazilian



biomes with landsat archive and earth engine. Remote Sens. 12.

<https://doi.org/10.3390/RS12172735>