



ESPACIALIZAÇÃO DO ESTOQUE DE CARBONO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DOURADO EM APUÍ/AM

Vinícius Budart **Grando**¹; Lauro Rodrigues **Nogueira Jr.**²; Sérgio Gomes **Tôsto**³;
Ângelo Mansur **Mendes**³; Rogério Resende Martins **Ferreira**³

Nº 22508

RESUMO – A conversão de áreas florestais em áreas de produção agropecuária é fator crucial no balanço das emissões atmosféricas de CO₂. A área de estudo, o município de Apuí/AM, ocupa a 10ª posição entre os municípios com maiores taxas de desmatamento na Amazônia. O objetivo deste estudo foi espacializar o carbono acumulado na biomassa vegetal e no solo nas diversas classes de uso e cobertura da terra na Bacia Hidrográfica do Rio Dourado. Dos 22.240 ha da área de estudo, 57,8% apresenta cobertura florestal (florestas primárias e secundárias e sistemas integrados) e 42,2 % não apresenta cobertura florestal (pastagens, lavouras e outros usos). Para estimar o estoque de carbono, foi utilizado o software *Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs (InVEST)*. Os dados de carbono nos compartimentos biomassa viva acima do solo, biomassa viva abaixo do solo, biomassa morta e na camada de 0,30 cm do solo para as diferentes classes de uso e cobertura da terra foram selecionados na literatura científica. Foram estimados 3.328.363 Mg de carbono na área de estudo, dos quais 86,44% estão nas áreas com cobertura florestal e 13,56%, nas áreas sem cobertura florestal. Esses resultados demonstram o efeito das alterações no uso e cobertura da terra sobre o estoque de carbono em bacia hidrográfica e os possíveis impactos nos serviços ecossistêmicos, e podem ajudar os tomadores de decisão (proprietários rurais, técnicos de assistência rural e governantes) a entenderem a necessidade de estabelecer sistemas de produção sustentáveis e políticas públicas para conservação dos remanescentes florestais e mitigação das mudanças climáticas.

Palavras-chave: Amazônia, geoprocessamento, microbacia, mudanças climáticas, software InVEST, uso e cobertura da terra.

1 Autor, Bolsista CNPq (PIBIC): Graduação em Geografia, UNICAMP, Campinas-SP; vinicius.budart@colaborador.embrapa.br.

2 Orientador: Pesquisador da Embrapa Territorial, Campinas-SP; lauro.nogueira@embrapa.br.

3 Colaborador: Pesquisador da Embrapa Territorial, Campinas-SP.



ABSTRACT – *The conversion of forest areas into agricultural production areas is a crucial factor in the balance of atmospheric CO² emissions. The municipality of Apuí/AM, where the study area is located, occupies the 10th position among the municipalities with the highest rates of deforestation in the Amazon. The aim of this study was to estimate the carbon stock in different land use and land cover classes in the Dourado river watershed. Of the 22,240 hectares of the study area, 57.8% have forest cover (primary and secondary forests and integrated systems) and 42.2% have no forest cover (pasture, croplands and other uses). To estimate the carbon stock, the Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs (InVEST) software was used. The carbon data in the aboveground living biomass, belowground living biomass, dead biomass and in the 0.30 cm layer of soil for the different land use and land cover classes were selected from the scientific literature. We estimated 3,328,363 Mg of carbon in the study area, of which 86.44% are in areas with forest cover and 13.56% in areas without forest cover. These results demonstrate the effect of changes in land use and land cover on carbon stocks in a watershed and the possible impacts on ecosystem services. This can help decision makers (rural landowners, rural assistance technicians and government officials) to understand the need to establish sustainable production systems and public policies to conserve forest remnants and mitigate climate change.*

Keywords: Amazônia, geoprocessing, watershed, climate change, InVEST software, land use and land cover.

1. INTRODUÇÃO

O último relatório do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC, 2022) reforça que as florestas tropicais estão entre os mais importantes reguladores do clima regional e global. Segundo o IPCC (2022), elas são importantes sumidouros de carbono e os mais significativos repositórios de biomassa terrestre, e são fundamentais para biodiversidade, serviços ecossistêmicos, identidades sociais e culturais, meios de subsistência e adaptação e mitigação das mudanças climáticas. Apesar da importância da Floresta Amazônica, o INPE (2021) registrou 3,27 milhões de hectares desmatados nos últimos três anos (2019, 2020 e 2021).

O município de Apuí no Amazonas, onde está a área de estudo deste trabalho, ocupa a 10ª posição entre os municípios com maiores taxas de desmatamento no bioma: as áreas desmatadas já ocupam 194 mil hectares do município (INPE, 2021). Uma grande preocupação relacionada à conversão de vegetação natural em terras agrícolas é a mudança na provisão de serviços ecossistêmicos (SE). Ou seja, a conversão dessas áreas desmatadas em sistemas de produção



agropecuária, como pastagens e lavouras, é fator crucial no balanço das emissões de gases de efeito estufa (GEE) do Brasil (Brasil, 2022).

O software InVEST (Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs) é um conjunto de modelos desenvolvido como parte do The Natural Capital Project da Universidade de Stanford (Sharp et al., 2020), com a finalidade de avaliar diversos serviços ecossistêmicos. Os resultados das avaliações dos modelos servem para orientar o planejamento de ações pelos mais diversos tomadores de decisão: governos (federal, estadual e municipal), proprietários rurais, empresas, bem como organizações não governamentais. A partir do modelo de cálculo de estoque e sequestro de carbono (*Carbon Storage and Sequestration*), é possível estimar o estoque de carbono em um cenário de referência e o sequestro ou a perda de carbono a partir de cenários futuros em determinado período de tempo, e, assim, possibilitar o planejamento de ações voltadas à mitigação das mudanças climáticas, entre outras.

Apresentar informações que possam fortalecer o uso sustentável dos recursos naturais da Floresta Amazônica pode ser determinante na mitigação e adaptação às mudanças climáticas, bem como na socioeconomia, especialmente em escala local. Assim, este estudo teve como objetivo espacializar o carbono acumulado na biomassa vegetal e no solo nas diversas classes de uso e cobertura da terra na Bacia Hidrográfica do Rio Dourado, no município de Apuí/AM.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

A Bacia Hidrográfica do Rio Dourado está localizada no município de Apuí, no sul do estado do Amazonas (Figura 1) e ocupa 22.239,52 ha. O clima da região é classificado como equatorial úmido, com variações de temperatura anual média entre 26 °C e 27 °C, precipitação média anual de 2.000 mm, e apresenta um período chuvoso entre os meses de dezembro a maio e um período seco entre junho e outubro (Amazonas, 2008; Fundação Amazônia Sustentável, 2009).

A vegetação varia entre Floresta Ombrófila Densa (Submontana com dossel emergente e Aluvial com dossel uniforme) e Floresta Ombrófila Aberta (IBGE, 2017) (Figura 2). O solo é caracterizado pela predominância de Latossolo, com ocorrências de Argissolo, Cambissolo, Neossolo e Gleissolo (Mapa..., 2000) (Figura 2), além de solos antropogênicos de “terra preta de índio”, distribuídos em pequenas manchas localizadas às margens de cursos d’água (Carrero, 2009). A área de estudo é ocupada por agricultores familiares em lotes rurais de aproximadamente 100 ha, provenientes de Projeto do Assentamento Rio Juma, iniciado em 1983 (Galuch; Menezes,

2020), que produzem espécies frutíferas, hortas, sistemas agroflorestais com árvores nativas, café, cacau, cupuaçu, açaí, banana, mandioca, milho, banana e abacaxi (IBGE, 2017).

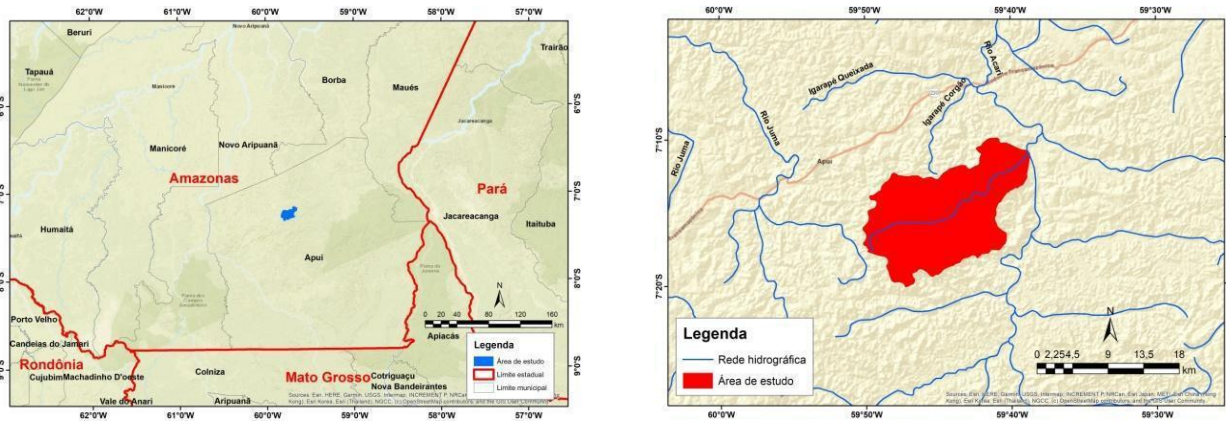


Figura 1. Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Dourado no município de Apuí/AM (área de estudo).
 Fonte: Quartaroli et al. (no prelo).

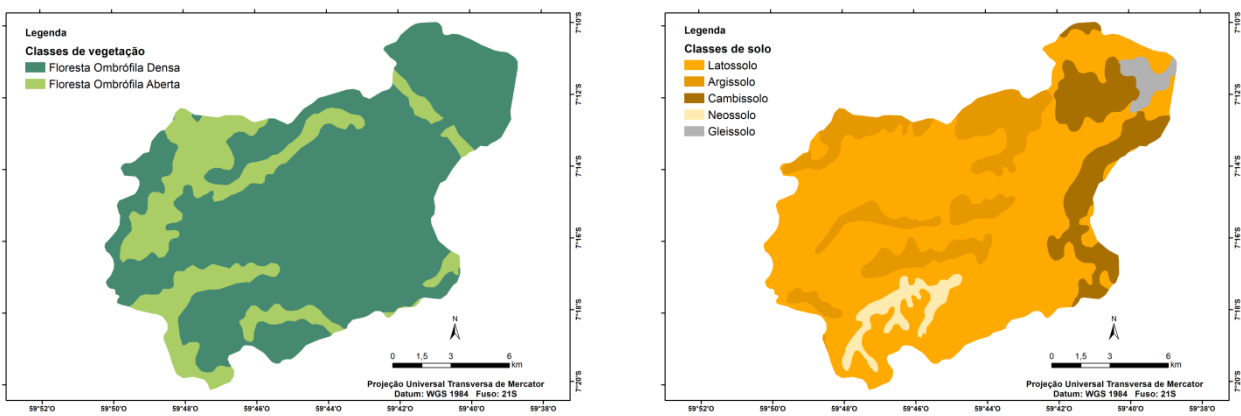


Figura 2. Classes de vegetação e de solo na Bacia Hidrográfica do Rio Dourado no município de Apuí/AM.
 Fonte: IBGE (2017) e Mapa... (2000).

2.2 Mapa de uso e cobertura da terra

O mapeamento das classes de uso e cobertura da terra (Tabela 1 e Figura 3) foi feito por Quartaroli et al. (no prelo), que mapearam: 1) Floresta primária e secundária avançada – remanescentes da floresta ombrófila original, com sub-bosque denso, alta diversidade de espécies e serapilheira –; 2) Floresta secundária média – floresta em estágio intermediário de regeneração e razoável diversidade –; 3) Floresta secundária inicial – caracterizada por pastagens abandonadas com árvores de até 6 m de altura e predomínio de plantas herbáceas e arbustivas –; 4) Área desmatada – áreas recém-desmatadas que podem ter algumas palmeiras e árvores esparsas –; 5) Pastagem muito suja – pastagem com alta diversidade de plantas de porte maior que as

gramíneas, árvores e palmeiras esparsas –; 6) Pastagem suja – pastagem com espécies colonizadoras em menor predominância que as gramíneas –; 7) Pastagem limpa – pode apresentar plantas colonizadoras, porém em baixa densidade –; 8) Sistemas integrados – sistemas agroflorestais, sistemas silvipastoris e quintais com pequenos arvoredos, café, cacau, cupuaçu, banana, entre outros –; 9) Lavoura permanente – plantios de café ou guaraná, com diferentes características de densidade –; 10) Lavoura temporária – roçados de milho, mandioca, banana, entre outros –; 11) Outros – edificações, corpos d'água, solo exposto, áreas úmidas e campo de futebol –.

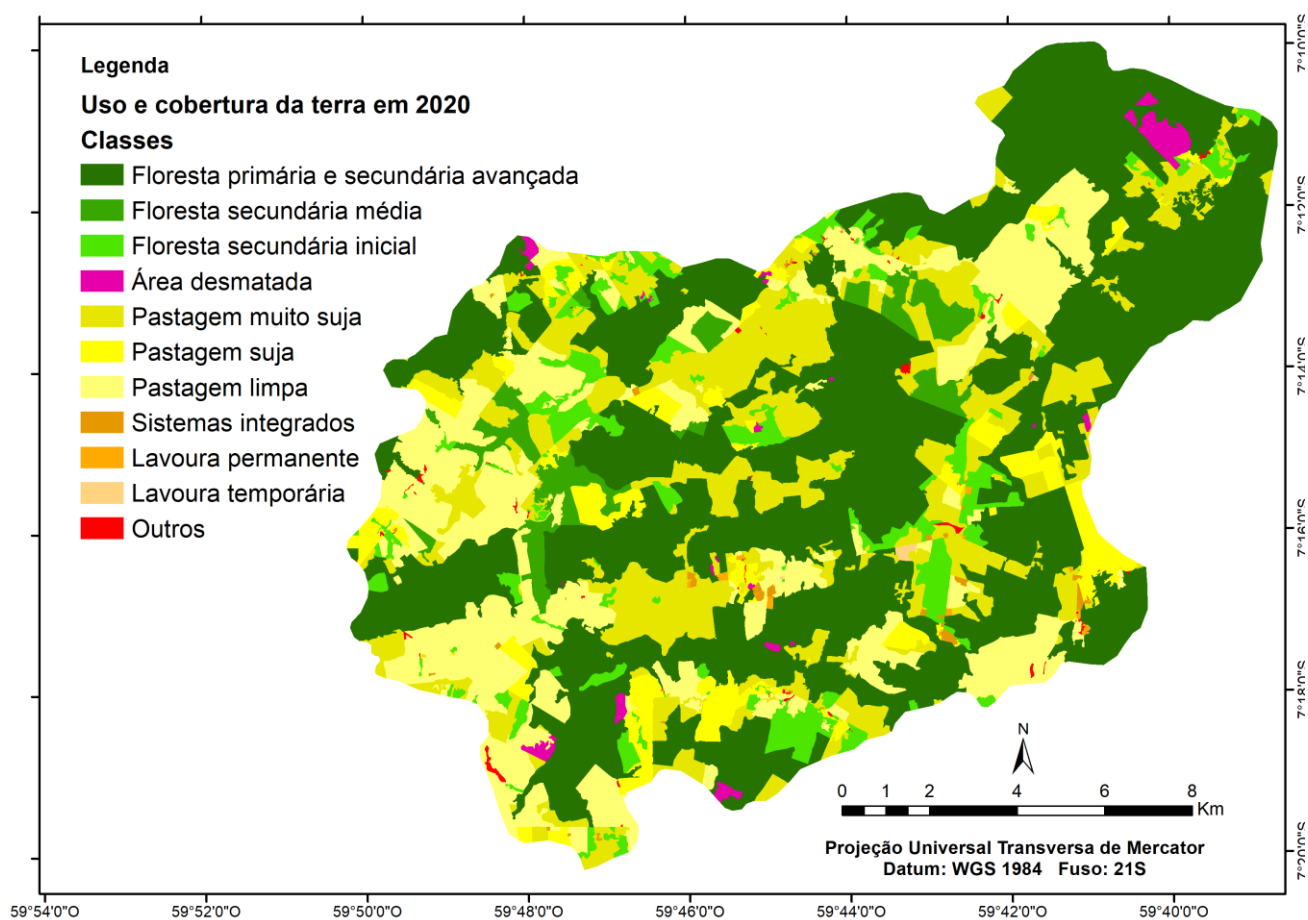


Figura 3. Mapa com as classes de uso e cobertura da terra no ano de 2020 da Bacia do Rio Dourado, em Apuí/AM. Fonte: Quartaroli et al. (no prelo).



Tabela 1. Área (total e %) e polígonos (nº e área média) das classes de uso e cobertura da terra na Bacia do Rio Dourado, em Apuí/AM. Fonte: Quartaroli et al. (no prelo).

Classes de uso e cobertura da terra	Área		nº	Polígonos média (ha)
	total (ha)	%		
Floresta primária e secundária avançada	10.748	48,3	17	632,3
Floresta secundária média	724	3,3	15	48,3
Floresta secundária inicial	1.320	5,9	163	8,1
Área desmatada	191	0,9	32	6,0
Pastagem muito suja	3.962	17,8	471	8,4
Pastagem suja	1.233	5,6	86	14,3
Pastagem limpa	3.911	17,6	160	24,4
Sistemas integrados	62	0,3	48	1,3
Lavoura permanente	24	0,1	14	1,7
Lavoura temporária	17	0,1	8	2,2
Outros	47	0,2	68	0,7

2.3 Dados de carbono das classes de uso e cobertura da terra

Para definir os estoques de carbono em cada classe de uso e cobertura da terra, foram considerados quatro compartimentos: 1º) biomassa viva acima do solo; 2º) biomassa viva abaixo do solo; 3º) biomassa morta (serapilheira); 4º) e camada de 0-30 cm do solo.

Os dados de carbono nos compartimentos biomassa viva acima do solo e biomassa viva abaixo do solo foram selecionados na literatura científica (Tabela 2) mais condizente com as características locais (bioma, vegetação, solo, classe de uso e cobertura da terra, entre outras) da área de estudo, e, quando os dados eram relativos a biomassa viva, o valor foi multiplicado por 0,5, conforme recomendado pelo IPCC (2003). Para determinar a biomassa morta (serapilheira), foram amostrados sistemas agroflorestais e lavouras permanentes de café em sete propriedades rurais na área de estudo. Foram coletadas quatro amostras de 0,25 m² de matéria orgânica morta sobre o solo, perfazendo 1 m² por propriedade e 7 m² no total. Para calcular a biomassa seca, as amostras úmidas foram pesadas, secas até atingirem peso constante e pesadas novamente. Para quantificar o carbono na serapilheira, foi considerado o teor de carbono de 37% (IPCC, 2003). Para definir o carbono da serapilheira nas demais classes de uso e cobertura da terra, foram utilizados dados da literatura científica (Tabela 2). O carbono no solo das diferentes classes de uso e cobertura da terra foi determinado a partir dos dados disponíveis em Vasques et al. (2017), que apresentam em mapa, no formato *raster* com pixel de 1 x 1 km, o estoque de carbono do solo na camada de 0-30 cm de profundidade, em Mg ha⁻¹.

2.4 Modelo para estimativa de carbono

Para estimar o estoque de carbono, foi utilizado o modelo Carbon Storage and Sequestration do software InVEST (Sharp et al., 2020). O modelo agrega a quantidade de carbono



armazenada nos quatro compartimentos descritos no item anterior. Com um mapa de uso e cobertura da terra e a quantidade de carbono em cada compartimento (dados biofísicos) por classe de uso e cobertura da terra, o modelo estima o estoque de carbono de forma georreferenciada, e tem como resultado final um mapa no formato *raster* com valores em Mg C por pixel. Como resultado, o modelo também fornece relatórios do carbono total estocado por classe de uso e cobertura da terra. Assim, por meio desse modelo, foi estimado o estoque de carbono na Bacia Hidrográfica do Rio Dourado para o ano de 2020.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos dados obtidos na literatura científica, foi construída a Tabela 2, que apresenta o estoque total de carbono nos quatro compartimentos avaliados, em Mg ha^{-1} , para cada classe de uso e cobertura da terra. A classe florestal mais complexa (floresta primária e floresta secundária avançada) é a que apresenta o maior estoque total de carbono por hectare ($254,5 \text{ Mg C ha}^{-1}$), devido principalmente ao carbono na biomassa viva acima do solo. As demais classes florestadas e com cobertura florestal apresentam valores entre $88,2$ e $58,6 \text{ Mg C ha}^{-1}$. Os $77,4 \text{ Mg C ha}^{-1}$ nas áreas desmatadas é devido, principalmente, ao carbono no solo e na biomassa das raízes que ainda não foram decompostas, visto que todas as áreas apresentavam características de desmatamento recente. Os menores valores de estoque total de carbono foram os das pastagens e lavoura temporária, que ficaram entre $48,9$ e $46,4 \text{ Mg C ha}^{-1}$, o que é atribuído ao baixo estoque de carbono da biomassa viva acima do solo. Já para as lavouras permanentes, formadas por plantas de café e guaraná, foi atribuído um valor de $61,5 \text{ Mg C ha}^{-1}$.

Tabela 2. Estoque de carbono estimado (total, na biomassa viva acima do solo, na biomassa viva abaixo do solo, na biomassa morta – serapilheira – e na camada do solo de 0-30 cm de profundidade) nas classes de uso e cobertura da terra na Bacia Hidrográfica do Rio Dourado no município de Apuí/AM.

Classe de uso e cobertura da terra	Carbono (Mg ha^{-1})				
	TOTAL	acima do solo	abaixo do solo	serapilheira	solo
Floresta primária e secundária avançada	254,5	159,8 ^a	32,9 ^a	18,2 ^b	43,6 ^h
Floresta secundária média	80,9	27,7 ^c	7,1 ^d	4,3 ^e	41,9 ^h
Floresta secundária inicial	58,6	9,4 ^c	3,8 ^d	2,8 ^f	42,7 ^h
Área desmatada	77,4	0,0	30,9 ^a	1,2 ^f	45,4 ^h
Pastagem muito suja	48,9	2,3 ^c	1,9 ^d	1,2 ^f	43,5 ^h
Pastagem suja	47,7	1,5 ^c	1,9 ^d	1,2 ^f	43,2 ^h
Pastagem limpa	46,4	0,6 ^c	1,9 ^d	1,2 ^f	42,7 ^h
Sistemas integrados	87,3	30,8 ^g	7,1 ^d	3,8	45,6 ^h
Lavoura permanente	61,5	9,4 ^c	3,8 ^d	3,8	44,5 ^h
Lavoura temporária	48,7	2,1 ⁱ	0,04 ⁱ	0,5 ⁱ	45,7 ^h
Outros	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Fonte dos dados secundários: ^a Nogueira (2008); ^b Cummings et al. (2002); ^c Santos et al. (2003); ^d Pavlis e Jenik (2000); ^e Freitas et al. (2016); ^f Lemos et al. (2016); ^g Brancher (2010); ^h Vasques et al. (2017); ⁱ Bonini et al. (2018).

Com os dados biofísicos de carbono (Tabela 2) e o mapa com o uso e cobertura da terra (Figura 3), foi possível calcular a quantidade total de carbono para a Bacia Hidrográfica do Rio Dourado e para cada classe de uso e cobertura da terra (Figura 4). Foi estimado um total de 3.328.361 Mg C para a área de estudo, dos quais 86% estavam nas áreas com cobertura florestal e 14%, nas áreas sem cobertura florestal (pastagens, lavouras e áreas desmatadas). Esses dados demonstram que, para estabelecer políticas públicas relacionadas aos serviços ecossistêmicos (Brasil, 2021; Brasil, 2020), alguns planos e mecanismos podem ser fundamentais, como o Plano Estadual de Prevenção e Controle do Desmatamento (Amazonas, 2020), derivados do Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAM), e o mecanismo de Redução de Emissões provenientes do Desmatamento e Degradação Florestal (REDD). Outro ponto chave é o cumprimento das regras determinadas pelo Código Florestal (Brasil, 2012a), que estabelece o mínimo de 80% de cobertura florestal para o bioma Amazônia, seja em áreas de reserva legal ou áreas de preservação permanente, o que não ocorre na área de estudo, que apresenta apenas 57,5% de cobertura florestal (Tabela 1) (Quartaroli et al., no prelo).

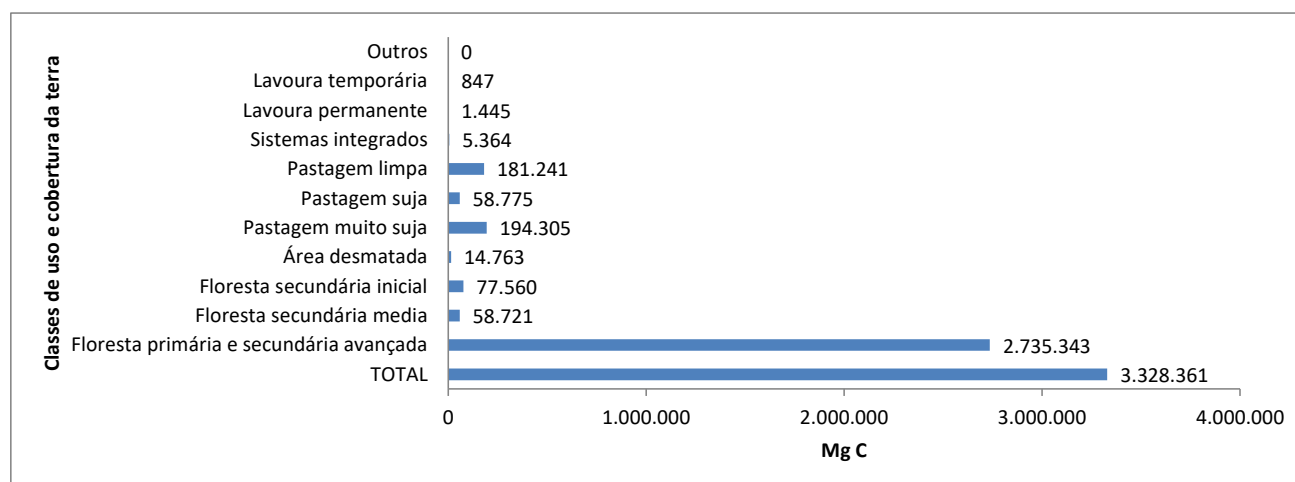


Figura 4. Estoque de carbono total da Bacia Hidrográfica do Rio Dourado no município de Apuí/AM e nas classes de uso e cobertura da terra.

Destaca-se que o modelo Carbon Storage and Sequestration do Software InVEST apresentou-se como uma boa ferramenta para a espacialização do carbono na Bacia Hidrográfica do Rio Dourado. Durante o uso do modelo, percebeu-se que a fonte e o detalhamento dos dados secundários para a construção da tabela biofísica (Tabela 2) são fundamentais para uma boa análise. Em suma, o modelo é eficaz para o que é proposto e para o que foi criado.

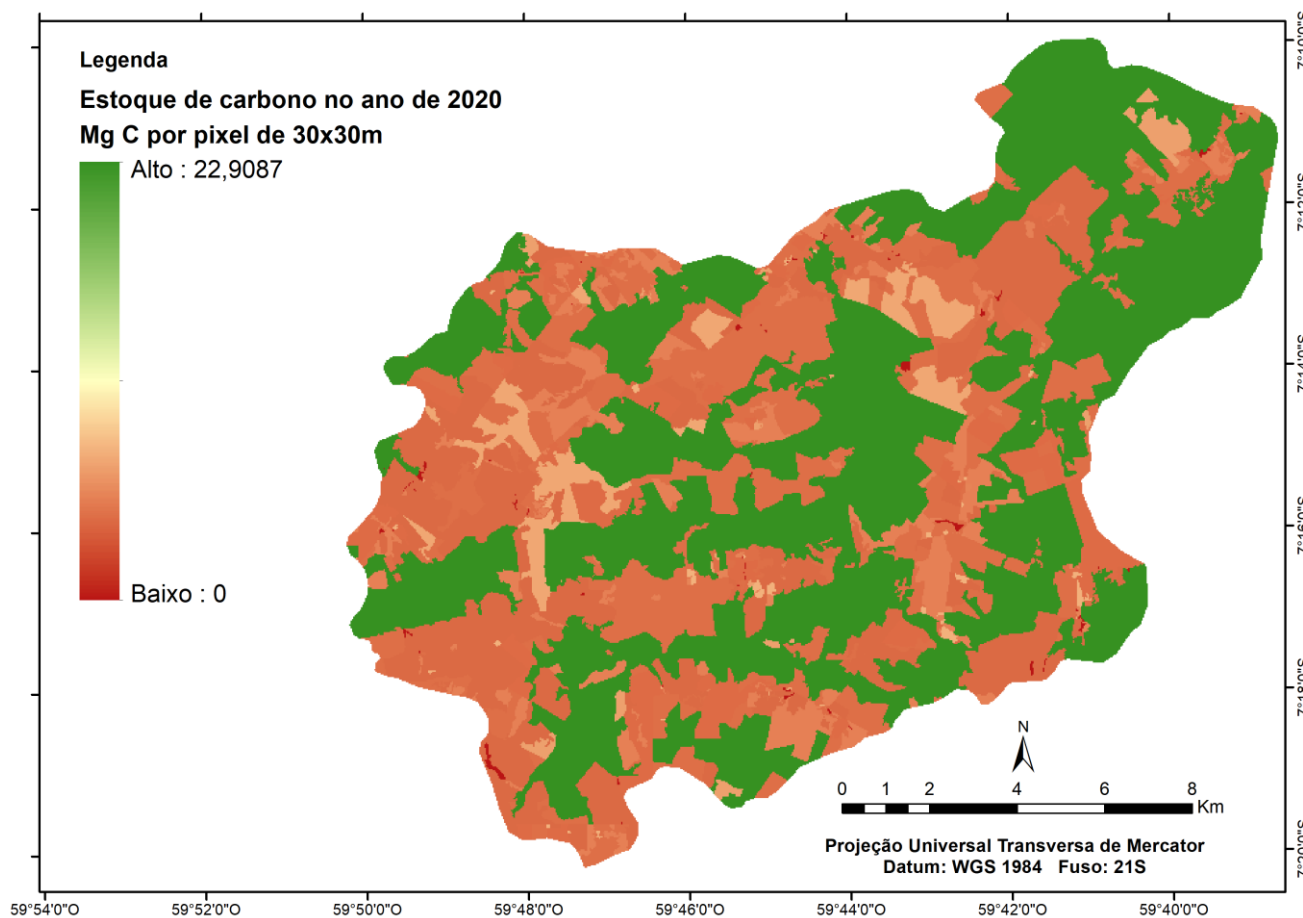


Figura 5. Mapa da espacialização do carbono (Mg C por pixel de 30 x 30 m) na Bacia Hidrográfica do Rio Dourado no município de Apuí/AM.

A espacialização do estoque de carbono é importante para o entendimento da dinâmica do carbono na paisagem, e pode auxiliar em melhores decisões quanto às mudanças de uso e cobertura da terra, seja em escala local (propriedade rural) ou em maiores escalas (bacia hidrográfica). A transformação de florestas nativas em pastagens e lavouras na área de estudo alterou drasticamente a distribuição espacial do carbono (Figura 5), que é um importante atributo funcional de ecossistemas naturais e antrópicos e está estreitamente relacionado aos serviços ecossistêmicos intermediários (produção primária líquida, biodiversidade, evapotranspiração, entre outros), e a substituição de habitats naturais estruturalmente mais complexos (por exemplo, florestas) por pastagens e lavouras gera graves impactos nos serviços ecossistêmicos relacionados aos ganhos de carbono (Volante et al., 2012).

Apesar da fragmentação dos habitats naturais (Quartaroli et al., no prelo) (Tabela 1), observando o mapa de uso e cobertura da terra (Figura 3) e o mapa de espacialização do carbono (Figura 5) percebe-se a transformação da paisagem da Bacia Hidrográfica do Rio Dourado em termos de funcionamento do ecossistema em ambos os níveis, estrutural e funcional. Assim, estabelecer sistemas de produção de baixa emissão de carbono na Bacia Hidrográfica do Rio



Dourado, como sistemas agroflorestais (SAFs) e sistemas derivados da integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF), preconizados pelo programa de agricultura de baixa emissão de carbono (Brasil, 2012b), pode ser uma alternativa para mitigar os possíveis impactos decorrentes das perdas de carbono nos ecossistemas, bem como para trazer ganhos socioeconômicos.

A conjuntura política e econômica é um fator de grande influência para a conservação das florestas. Na Amazônia, assim como em outras regiões, a alta do preço da carne incentiva a expansão da pecuária em detrimento de sistemas mais conservacionistas, como sistemas agroflorestais. Para Vailati e Lima (2021), que trabalham por décadas com sistemas agroflorestais diversificados e atuam no Projeto de Carbono RECA, a lógica econômica do desmatamento é mais atrativa do que a lógica da conservação. Para concorrer neste cenário, eles citam que é importante ter alternativas econômicas consolidadas para que modelos de produção mais sustentáveis sejam atrativos para os agricultores ou para quem utiliza os recursos naturais.

Uma iniciativa muito importante e que vem ganhando escala no município de Apuí é o estabelecimento de SAFs tendo como base a produção de café (IDESAM, 2022). Vale enfatizar que os SAFs são alternativas consistentes de produção sustentável, que reduzem a pressão por desmatamento e que geram renda para agricultores familiares (Vailati; Lima, 2021). Visto que a Bacia Hidrográfica do Rio Dourado faz parte da Amazônia Brasileira, que representa um dos maiores reservatórios de carbono do planeta, cabe enfatizar que planejar seu uso e ocupação nos próximos anos é essencial para o uso sustentável dos recursos naturais e a manutenção dos serviços ecossistêmicos.

4. CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos, conclui-se que a conservação dos remanescentes florestais, que correspondem a 86% do estoque de carbono, bem como o estímulo à adoção de sistemas agroflorestais (SAFs) e sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (iLPF) são fundamentais para a manutenção dos estoques de carbono na Bacia Hidrográfica do Rio Dourado em Apuí/AM. Nesse sentido, o modelo Carbon Storage and Sequestration apresentou-se como uma boa ferramenta para análise e interpretação da dinâmica do carbono na paisagem rural.

5. AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela bolsa concedida, e também à Embrapa, que permitiu, através de toda sua infraestrutura física e intelectual, a realização deste trabalho. Aos amigos e familiares, por todo o apoio e pela ajuda. Ao orientador Lauro Rodrigues Nogueira Junior, pelo auxílio e pela transmissão de boa parte do



conhecimento e informação presente, tanto teórico quanto prático. Aos revisores do Comitê Local de Publicações da Embrapa Territorial, pelas sugestões de melhoria do resumo expandido. A todos que ajudaram a construir o arcabouço teórico: Lucilia M. P. Vargas, Sérgio G. Tôsto, Ângelo M. Mendes, Vera M. Gouveia, Júnior R. Garcia, Rogério R. M. Ferreira e Lauro C. Pereira.

6. REFERÊNCIAS

AMAZONAS. Governo do Estado do Amazonas. **Decreto 42.369, de 05 de junho de 2020**: Institui o Plano Estadual de Prevenção e Controle do Desmatamento e Queimadas do Amazonas - PPCDQ-AM, cria o Comitê de Prevenção e Controle do Desmatamento e Queimadas do Amazonas, estabelece o compromisso estadual voluntário à redução do desmatamento e queimadas e dá outras providências. Disponível em: <https://diario.imprensaoficial.am.gov.br/portal/visualizacoes/pdf/16209/#/p:2/e:16209>. Acesso em: 23 de mar. 2022.

AMAZONAS. Secretaria de Desenvolvimento Sustentável. **Macrozoneamento Econômico-Ecológico do Estado do Amazonas**. Manaus: SDS, 2008. p. 78.

BONINI, I.; MARIMON-JUNIOR, B. H.; MATRICARDI, E.; PHILLIPS, O.; PETTER, F.; OLIVEIRA, B.; MARIMON, B. S. Collapse of ecosystem carbon stocks due to forest conversion to soybean plantations at the Amazon-Cerrado transition. **Forest Ecology and Management**, v. 414, p. 64-73, 2018.

BRANCHER, T. **Estoque e ciclagem de carbono de sistemas agroflorestais em Tomé-Açu, Amazônia Oriental**. 2010. 58 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia; Universidade Federal do Pará.

BRASIL. Lei n. 12.727, de 17 de outubro de 2012. Altera a Lei no 12.651, de 25 de maio de 2012, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. 2012a. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, Ano CXLIX, n. 202, 18 outubro 2012. Seção 1, p.1. Disponível em: <http://portal.in.gov.br>. Acesso em: 29 jun. 2022.

BRASIL. **Lei nº 14.119, de 13 de janeiro de 2021**: institui a política nacional de pagamento por serviços ambientais. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/lei-n-14.119-de-13-de-janeiro-de-2021-298899394>. Acesso em: 23 mar. 2022.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Plano setorial de mitigação e de adaptação às mudanças climáticas para a consolidação de uma economia de baixa emissão de carbono na agricultura**: plano ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono). Brasília, DF: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento; Ministério do Desenvolvimento Agrário; Casa Civil da Presidência da República, 2012b. 173 p. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/plano-abc/arquivo-publicacoes-plano-abc/download.pdf>. Acesso em: 27 jun. 2022.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Programa Floresta+**: valor a quem preserva. 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/servicosambientais/florestamais/ProgramaFloresta.pdf>. Acesso em: 27 junho 2022

BRASIL. **Sistema de Registro Nacional de Emissões – SIRENE**. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene>. Acesso em: 23 mar. 2022.

CARRERO, G. C. **Dinâmica do desmatamento e consolidação de propriedades rurais na fronteira de expansão agropecuária no sudeste do Amazonas**. 2009. 68 f. Dissertação (Mestrado) - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia.

CUMMINGS, D. L.; KAUFFMAN, J. B.; PERRY, D. A.; HUGHES, R. F. Aboveground biomass and structure of rainforests in the southwestern Brazilian Amazon. **Forest Ecology and Management**, v. 163, n. 1-3, p. 293-307, 2002.

FREITAS, I. C.; SANTOS, F. C. V. dos; CUSTÓDIO FILHO, R. de O.; CORRECHEL, V. Carbono no solo, acúmulo e qualidade da serapilheira em sistemas de produção familiar. **Floresta**, v. 46, n. 1, p. 31-38, 2016.



FUNDAÇÃO AMAZÔNIA SUSTENTÁVEL. **Projeto de redução de emissões de GEE provenientes do desmatamento na Reserva de Desenvolvimento Sustentável do Juma, Amazonas, Brasil.** 2009. Disponível em: <http://www.fas-amazonas.org/pt/secao/projeto-juma>. Acesso em: 27 jun. 2022.

GALUCH, M. V.; MENEZES, T. C. C. Da reforma agrária ao agronegócio: notas sobre dinâmicas territoriais na fronteira agropecuária amazônica a partir do município de Apuí (Sul do Amazonas). **Estudos Sociedade e Agricultura**, v. 28, n. 2, p. 388-412, 2020.

IBGE. **Censo Agropecuário 2017.** Rio de Janeiro: IBGE, 2017. Disponível em: <https://bit.ly/2wzsoU0>. Acesso em: 27 jun. 2022

IDESAM. **Café Apuí Agroflorestal.** Disponível em: <https://idesam.org/projetos/cafe-apui/>. Acesso em: 27 jun. 2022.

INPE. Projeto PRODES - Projeto de Estimativa de Desflorestamento da Amazônia. **Taxas anuais do Desmatamento–1988 até 2021.** São José dos Campos: INPE, 2021. Disponível em: http://www.obt.inpe.br/prodes/prodes_1988_2016n.htm. Acesso em: 27 jun. 2022.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability.** Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, 2022.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. **Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry.** Japan: IGES, 2003. 590 p. Disponível em: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpplulucf/gpplulucf_files/GPG_LULUCF_FULL.pdf. Acesso em: 01 jun. 2022.

LEMO, E. C. M.; VASCONCELOS, S. S.; SANTIAGO, W. R.; OLIVEIRA JUNIOR, M. C. M. de; SOUZA, C. M. de A. The responses of soil, litter and root carbon stocks to the conversion of forest regrowth to crop and tree production systems used by smallholder farmers in eastern Amazonia. **Soil Use and Management**, v. 32, n. 4, p. 504-514, 2016.

MAPA de solos da área piloto de Apuí: Amazonas: folha: Vila Apuí. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2000. 1 mapa color. Escala 1:100.000. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/108734/1/Solos-da-Folha-de-Vila-Apui-da-Area-Piloto-de-Apui.pdf>. Acesso em: 01 mar. 2019.

NOGUEIRA, E. M. **Densidade de madeira e alometria de árvores em florestas do arco do desmatamento:** implicações para biomassa e emissão de carbono a partir de mudanças de uso da terra na Amazônia Brasileira. 150 f. 2008. Tese (Doutorado) - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia.

PAVLIS, J.; JENÍK, J. Roots of pioneer trees in the Amazonian rain forest. **Trees**, v. 14, n. 8, p. 442-455, 2000.

QUARTAROLI, C. F.; TÔSTO, S. G.; FERREIRA, R. R. M.; NOGUEIRA JUNIOR, L. R. **Uso e cobertura das terras da Bacia Hidrográfica do Rio Dourado no município de Apuí – AM em 2020.** No Prelo.

SANTOS, J. P. et al. Airborne P-band SAR applied to the aboveground biomass studies in the Brazilian tropical rainforest. **Remote Sensing of Environment**, v. 87, n. 4, p. 482-493, 2003.

SHARP, R. et al. **INVEST 3.11.0.post55+ug.geeeb7c3 User's Guide.** The Natural Capital Project. Stanford University; University of Minnesota; The Nature Conservancy, and World Wildlife Fund, 2020.

VAILATI, F.; LIMA, G. S. de. Projeto de Carbono Reca. In: SEMINÁRIO EXPERIÊNCIAS EM SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS - AMAZÔNIA (on-line), 2021, Campinas. **Projeto ASEAM.** Campinas, SP: Embrapa Territorial, 2021. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=9PuhbJRniZM>. Acesso em: 19 maio 2021.

VASQUES, G. de M.; DART, R. de O.; BACA, J. F. M.; CEDDIA, M. B.; MENDONÇA SANTOS, M. de L. **Mapa de estoque de carbono orgânico do solo (COS) a 0-30 cm do Brasil.** Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2017. 1 mapa, color. Escala 1:5.000.000.

VOLANTE, J. N.; ALCARAZ-SEGURA, D.; MOSCIAROA, M. J.; VIGLIZZO, E. F.; PARUELO, J. M. Ecosystem functional changes associated with land clearing in NW Argentina. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 154, p. 12-22, 2012.