

ESPACIALIZAÇÃO DAS CLASSES DE USO DO SOLO NA BACIA DO RIO BRANCO – RO, DE 1985 A 2040: SUBSÍDIO PARA A GESTÃO DO TERRITÓRIO FLUVIAL

Nubia Caramello

Docente do Mestrado Profissional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - PROFÁGUA
Universidade Federal de Rondônia – UNIR, Polo Ji-Paraná
geocaramellofrj@gmail.com

Claudia Cleomar Ximenes

Doutoranda em Geografia
Universidade Federal de Rondônia – UNIR
profa.ximenescerqueira@gmail.com

Miqueias Lima Duarte

Doutorando em Ciências Ambientais
Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" – Unesp
miqueiaseng@hotmail.com

RESUMO

O Estado de Rondônia criou em 2014 cinco comitês de bacia hidrográfica para mediar conflitos de uso e ocupação do solo nestes territórios. Entretanto, a ausência de informações nessas unidades compromete a eficiência na tomada de decisão. Neste contexto, objetivou contribuir com dados para a gestão do Comitê do Rio Branco e Colorado desenvolvendo uma análise multitemporal do uso e ocupação do solo entre 1985 a 2040. A análise foi realizada com imagens do Landsat seguido por simulação da paisagem realizada a partir do *Modules for Land Use Change Evaluation*. Como resultado, o mapeamento do uso e ocupação do solo indica que as classes de uso florestal foram mais impactadas entre 1985-2019, com transição de 33,06% de floresta para outros usos. A modelagem indicou que ocorrerá uma redução gradual do índice de desmatamento entre 2030 a 2040, com protagonismo para as áreas protegidas como as Terras Indígenas Massaco e Rio Branco, Resex Quilombola e Rebio Guaporé, que são as responsáveis pelos 52% da classe floresta a ser mantida até 2040, enquanto a pastagem ocupará 44,59% do uso do território, se for mantida a dinâmica de uso atual.

Palavras-chave: MOLUSCE. Território Fluvial. Bacia Rural. ODS. Gestão Hídrica. Indicadores Socioambientais

SPATIALIZATION OF LAND USE CLASSES IN BRANCO RIVER WATERSHED – RO, FROM 1985 TO 2040: SUBSIDY FOR THE MANAGEMENT OF THE RIVER TERRITORY

ABSTRACT

In 2014, the state of Rondônia created five hydrographic basin committees to intermediate conflicts involving land use and occupation in its territories. However, lack of information on these units compromises efficiency in decision making. In this context, this study aimed to contribute to the management of Rio Branco and Colorado Committee by developing a multitemporal analysis of land use and occupation from 1985 to 2040. The analysis was performed with images from Landsat followed by simulation of the landscape carried out using the *Modules for Land Use Change Evaluation*. As a result, the mapping of land use and occupation indicates that the classes of forest use were most impacted between 1985 and 2019 with a changeover of 33.069% of forest to other uses. The modeling indicated gradual reduction in the rate of deforestation from 2030 to 2040, with leading role of protected areas like Massaco and Rio Branco Indigenous Lands; Resex Quilombola and Rebio Guaporé, responsible for 52% of the forest class to be upheld until 2040, while pasture is expected to occupy 44.59% of the territory, if the current usage dynamics is maintained.

Keywords: MOLUSCE. River Territory. Rural Basin. SDG. Water Management. Socio-environmental indicators.

INTRODUÇÃO

A Região Amazônica desde a década de 1960, vem sendo destinada como uma válvula de escape à resolução dos problemas socioambientais e socioeconômicos do país, sendo incentivado via projetos governamentais o aumento da densidade demográfica e com ela as alterações na paisagem, ampliando conflitos com os moradores que já residiam na região. Tais conflitos seguem ocorrendo, mediante a apropriação dos recursos naturais na Bacia Hidrográfica Amazônica, sobretudo na porção territorial que compunha o espaço geográfico que ficou conhecido através de estudos de Bertha Becker (2005), como Arco do Desmatamento, ao referir o arco do avanço de povoamento para a região norte, com delimitação entre os limites da região Centro-Oeste para a região Norte.

Essa metodologia de colonização gerou pressões contínuas sobre os usos múltiplos do solo na região, desencadeando impacto sobre os recursos hídricos, como demonstrado pelo estudo desenvolvido pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, no “Plano Estratégico de Recursos Hídricos da Margem Direita do Rio Amazonas PERH – MDA” (ANA, 2013). A Lei 9.433/97 (BRASIL, 1997) traz diretrizes para a gestão de recursos hídricos, visando a oportunizar espaço para o diálogo integrado a ser adaptado por cada Estado.

Entretanto, é notório observar que os Comitês de Bacia Hidrográfica (CBH) implantados na Bacia Amazônica são incipientes, como apresentado por Caramello, Penha e Saurí (2015), até o ano de 2013, na região Norte se registrava implantado somente o Comitê de Bacia Hidrográfica do rio Tarumã, no Estado do Amazonas. Considerando o Bioma Amazônico, o Estado do Mato Grosso e de Tocantins já tinham implantado neste período seus primeiros CBHs.

No ano de 2014, o Estado de Rondônia institui uma série de Decretos que normatizam legalmente a implantação de cinco Comitês de Bacia Hidrográfica (ARRUDA et al., 2019), entre os quais está o Decreto 19.061, publicado em 31 de julho de 2014, abrindo a possibilidade de implantação da unidade de gestão dos recursos hídricos através do Comitê de Bacia Hidrográfica dos rios Branco e Colorado - CBH/RBC/RO (RONDÔNIA, 2014).

O CBH/RBC/RO é constituído pela representatividade dos povos da Amazônia, com a presença de comunidades quilombolas, povos indígenas isolados, comunidades tradicionais extrativistas. Além dos migrantes oriundos de diferentes regiões brasileiras, que chegaram em busca da promessa de novas terras. Todos esses atores têm o Rio Branco e o rio Colorado como principal recurso para suas atividades econômicas e culturais. Sem embargo, o processo de colonização vem alterando o cenário desse território fluvial, o que leva à necessidade do conhecimento dos processos históricos que configuram a paisagem, subsidiando reflexões para tomada de decisões, dos atores representativos da BHRBC, e o Comitê de Bacia Hidrográfica que os representam.

Sem embargo, a implantação de CBH não garante uma eficiente gestão dos recursos hídricos na bacia, e entre os conflitos paira seriamente a carência de informação, que subsidiem tomadas de decisões. Neste aspecto, o presente estudo tomou a Bacia Hidrográfica como categoria de análise, em razão da integração sociedade – natureza converter-se em uma produção constante da paisagem, essa resulta de “[...] combinações dinâmicas, portanto, instável de elementos físicos, biológicos e antrópicos [...]” (BARBOSA, 2018, p. 72).

Refletir a transformação da paisagem por meio da Bacia Hidrográfica pode oportunizar contribuir com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), proposto pela Organização das Nações Unidas (ONU, 2016). Entre eles, com forte viés no presente estudo, destacam-se Fome Zero e Agricultura Sustentável (ODS-2), Água Potável e Saneamento (ODS 6); Cidades e Comunidades Sustentáveis (ODS-11), e Vida Terrestre (ODS 15), entretanto o conceito de sustentabilidade para a Amazônia precisa ser revisto nos pilares propostos por Becker (2015):

É importante, assim, esclarecer dois pontos no que se entende por desenvolvimento sustentável: (i) um desenvolvimento que inclui a dimensão ambiental, junto com a social, a econômica e a política; (ii) como desenvolvimento que é, não constitui uma situação acabada, é um processo contínuo de mudança, e um processo que pode seguir caminhos diferenciados segundo as sociedades histórica e geograficamente forjadas (BECKER 2015, p. 89-90).

A autora nos conduz a inúmeras reflexões a partir de suas pontuações, desperta sobretudo, para a urgência de não homogeneizar o conceito de sustentabilidade na Amazônia. Cada território fluvial é composto de atores e agentes que moldam a paisagem (CARMELLO; SAURÍ; STACHIW, 2018), com intensidades e dimensões que precisam ser mensuradas, para integração desses, em uma proposta de sustentabilidade, que atenda às necessidades das múltiplas territorialidades que podem compor uma Bacia Hidrográfica, respeitando a identidade da mesma.

Ainda que muitos pesquisadores debruçaram sobre a Amazônia, no contexto de sua bacia hidrográfica ou sub-bacia como a relevante bacia hidrográfica do Guaporé e realizaram significativas pesquisas em diversas áreas, poucos estudos foram realizados a nível de bacia hidrográfica em escala mais aproximada como a bacias dos rios Rio Branco e rio Colorado. Recortes territoriais que vêm despertando interesse de pesquisadores locais que, com o avanço das implantações nas universidades no interior do estado de Rondônia, vem proporcionando formação de grupos de pesquisa e estes contribuindo com os estudos de diferentes áreas e estabelecendo termos de cooperação com instituições externas possibilitando uma ciência sem fronteiras.

Neste impasse, é importante considerar os estudos recentes que vêm sendo desenvolvidos na área de influência do atual CBH–RBC/RO, com crescimento a partir de 2013 seria impossível citar todos, destacam-se os quais foram produzidos visando a contribuir com a implantação do comitê e ampliação do conhecimento de aspectos ambientais, físicos, sociais, culturais e econômicos (CARAMELLO; PENHA; SAURÍ, 2015; CARAMELLO, 2016; CARAMELLO e SAURI, 2016; LIMA et al., 2019; ARRUDA et al., 2019), e outros, analisando separadamente a sub-bacia Rio Branco (SILVA e ZUFFO, 2003; CARVALHO e ANTONINI, 2016; MARTINS et al., 2016; GOMES e MENEZES, 2016; ARRUDA et al., 2019), mesmo que não voltados diretamente para o CBH-RBC/RO, todos esses estudos compõem um banco de dados com relevantes informações a serem consideradas no futuro plano de bacia, previsto para ser elaborado entre 2022-2023.

Com o presente estudo almeja-se agregar aos estudos já realizados o uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do Rio Branco como indicadores de Pressão-Estado, seguindo as considerações propostas pelo *Global Environment Outlook - GEO Brasil* (IBAMA, 2002) utilizou-se três variáveis: densidade demográfica, organização econômica gerada pelo uso do solo e ocupação do território, aplicadas para compreender a dinâmica da mudança da paisagem por meio do uso e ocupação do solo ao longo da colonização que tem na substituição da vegetação uma de suas evidências, e propor previsões. Os indicadores podem oportunizar novas dinâmicas de gestão, buscando os atores que moldam a bacia a partir dos diversos usos como motivações locais ou globais, como também oportunizar reflexões sobre como interceder diante da realidade identificada, oportunizando um outro indicador de extrema relevância o de Respostas necessárias frente ao que os atores hidrográficos da bacia planejam para a sustentabilidade de seu uso.

Considerando que ao instituir um comitê de bacia hidrográfica esse território fluvial passa a ser uma unidade de gestão que considerará toda demanda de uso de recursos hídricos que ocorre dentro da bacia hidrográfica e suas implicações sociais, econômicas, culturais e ambientais.

Neste contexto, objetivou-se com a presente pesquisa dois aspectos: (1) contribuir com os diálogos de gestão do CBH/RBC/RO, evidenciando o uso do solo como indicador a ser considerado na proposta de gestão compartilhada e na construção do plano de bacia. Almeja-se alcançar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável – ODS, proposto pela Organização das Nações Unidas por meio da Agenda 2030; (2) desenvolver uma análise multitemporal do uso e ocupação do solo de 1985-2040, na bacia do Rio Branco, por meio do *Modules for Land Use Change Evaluation* (MOLUSCE), evidenciando a contribuição das geotecnologias na tomada de decisões.

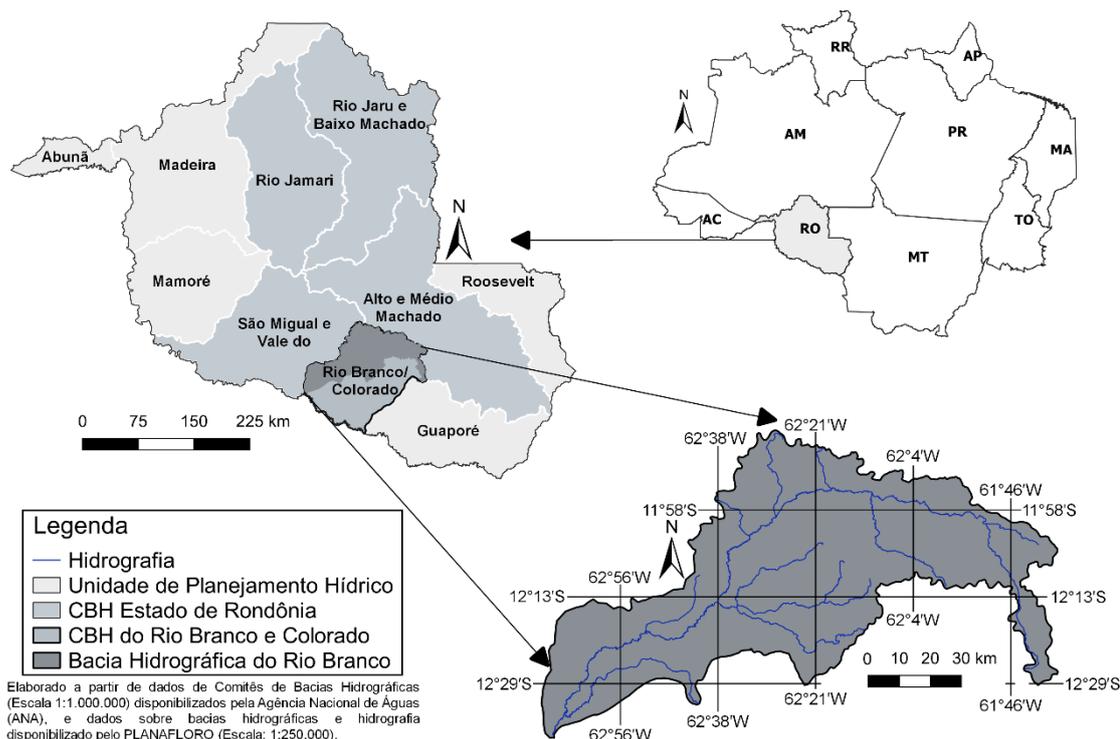
MATERIAIS E MÉTODOS

A bacia hidrográfica do Rio Branco e o rio Colorado são duas bacias paralelas afluentes da margem direita do rio Guaporé, que se unificam como unidade de gestão hídrica, dando origem ao comitê de bacia hidrográfica do Rio Branco e Colorado, através do Decreto 19.061/2014 (RONDÔNIA, 2014), seguindo as diretrizes da Lei 9.433/97 que possibilita que bacias hidrográficas paralelas podem se converter em uma única unidade de gestão hídrica por meio da implantação do comitê de bacia hidrográfica, totalizando uma área territorial de 14.774,65 km², sob gestão do CBH do Rio Branco e Colorado – CBH–RBC/RO (Figura 1). Ao todo, de acordo com o supracitado Decreto, são abrangidos total ou parcialmente os territórios de oito municípios. Salienta-se, que para o presente estudo foi analisada nesta unidade de gestão a sub-bacia hidrográfica do Rio Branco.

Área de estudo

A Bacia Hidrográfica do Rio Branco (BHRB) fica localizada na região sudoeste do estado de Rondônia, entre as coordenadas geográficas 11°43'8,22" a 12°38'42,35" Sul, e 61°37'49,65" a 63° 8'22,18" Oeste, com área de 6.900 km². Entretanto, outros estudos, ao considerar a unidade de gestão hidrográfica, somam a sub-bacia BHRB a outras bacias menores localizadas entre estas totalizando os 9.337,98 km², empregados pelo Decreto 19.061/2014 e outros pesquisadores, que consideram o fato de no período de chuvas o pantanal do Guaporé aumentar o nível de água, alagando e unindo várias sub-bacias.

Figura 1 - Identificação da Unidade de Gestão Hídrica do Comitê Hidrográfico Rio Branco e Colorado.



Fonte - Organização dos autores (2021).

O clima da região, segundo a classificação de Koppen é do tipo Aw (Clima Tropical Chuvoso), com período seco bem definido entre os meses de junho a agosto, nos quais os índices pluviométricos são inferiores a 50 mm/mês, e período chuvoso entre os meses de outubro a abril, com índices superiores a 200 mm/mês (média anual acima de 2.200 mm/mês). A temperatura média anual é de 25,5 °C, com máxima de 32,4 °C e mínima de 20,5 °C (SARAIVA et al., 2016).

Saraiva et al. (2016), ao analisarem a vazão do corpo hídrico no período chuvoso, seco e do período de transição do estado de Rondônia, evidenciaram que a BHRC-RO no período chuvoso apresenta menor vazão específica, com maior volume ocorrendo na cabeceira (9,5 a 6,5 L/s/km²), e no período seco, que geralmente ocorre de junho a agosto, o comportamento da vazão varia entre 5 a 3,5 L/s/km², se agravando no mês de setembro, quando ocorre o momento crítico com variação específica da vazão de 3,5 a 0,5 L/s/km².

A BHRB encontra-se localizada em uma área de dissecação do Planalto dos Parecis, sendo um divisor de águas entre as macrobacias hidrográficas Guaporé e Machado. Suas águas drenam para a Planície Amazônica e para o Pantanal do Guaporé, com variação altimétrica de 500 a 130 metros de altitude, além de proporcionarem a formação de mais de 40 cachoeiras, esse fator também contribuiu com apropriação do Rio Branco para implantação das indústrias de energia ou indústrias da luz (CARMELLO, 2016; LIMA et al., 2019).

A montante, onde encontram-se as maiores altitudes, estão localizadas as cidades de Alta Floresta D'Oeste, Alto Alegre dos Parecis, Santa Luzia D'Oeste e Parecis, sendo também esses municípios que apresentam maior porção do território de seus municípios dentro da sub-bacia do Rio Branco, os demais municípios estão contemplados em áreas indígenas ou unidades de conservação, como o caso de São Miguel do Guaporé e São Francisco do Guaporé, estes localizados estrategicamente a jusante.

Classificação do uso e ocupação do solo

A classificação do uso e ocupação do solo foi realizada com base em imagens dos satélites Landsat 5 (sensor *Thematic Mapper* - TM) e Landsat 8 (sensor *Operational Land Imager* - OLI), ambas com resolução espacial de 30 metros, obtidas no *web site Earth Explorer do United States Geological Survey-USGS* (USGS, 2019), sob órbita/ponto 231/68, 231/69, 230/68 e 230/69.

Apesar das limitações quanto à resolução espacial das imagens, a identificação prévia das classes de uso do solo e cobertura da terra possibilitou identificar seis categorias de uso, sendo elas: 1) Floresta: área ocupada por Floresta Ombrófila Densa e Floresta Ombrófila Aberta; 2) Campos Naturais: área ocupada por gramínea densa e esparsa; 3) Pastagem: área ocupada por gramínea; 4) Agricultura: área ocupada por agricultura anual e perene, solo mecanizado; 5) Área Urbana: área construída, e; 6) Corpos d'água: rios, represas e lagos naturais.

A classificação supervisionada das imagens foi realizada com uso do *Semi Automatic Classification Plugin* (versão 6.2.2) desenvolvida por Congedo (2018) para o *software* QGIS (versão 3.2 "Bonn"). As cenas originais foram reprojatadas para o sistema de coordenadas *Universal Transversa* de Mercator, Datum SIRGAS 2000, zona 20 Sul. Posteriormente, foi realizada a correção atmosférica pelo método DOS1 (*Dark Object Subtraction*), e realizada sua composição colorida.

Em seguida, foram obtidas amostras de treinamento do classificador em forma de polígonos em áreas representativas nas imagens do Landsat, em combinação RGB (5, 4 e 3 para o Landsat 5 e 5, 6 e 4 para o *Landsat 8*), totalizando em média 30 amostras para cada classe de uso do solo, com dimensões de polígonos variando entre 10 a 20 pixels (DUARTE e SILVA, 2019).

A acurácia da classificação foi avaliada a partir de 60 amostras, geradas de forma randômica para construção da matriz de confusão, conforme descrito por Duarte e Silva (2019). Em seguida, foi avaliado o índice Kappa para cada classe de uso do solo nos anos avaliados, conforme os intervalos definidos por Congalton e Green (2008).

Simulação do uso do solo para 2030-2040

O cenário de uso do solo para os anos de 2030-2040 foi projetado levando em consideração os dados históricos observados na matriz de transição entre os anos de 2000-2010 e 2010-2019. O *software* utilizado foi o QGIS (Versão 2.18.18) com o MOLUSCE desenvolvido pela *Asia Air Survey e NextGIS* (NextGIS, 2012).

O MOLUSCE possui a capacidade de calcular a probabilidade de transição entre as classes de uso do solo, bem como construir modelos de previsão utilizando Redes Neurais Artificiais - RNA, Regressão Logística e Análise Multicritério, possibilitando construir modelos para descrever o comportamento do uso e ocupação do solo no futuro por meio de dados de treinamento (JOGUN, LUKIĆ e GAŠPAROVIĆ, 2018).

O ajuste do modelo de previsão de uso e ocupação do solo foi realizado levando em consideração variáveis dependentes (série temporal de uso do solo), e variáveis independentes (distância de rodovias e vicinais, hipsometria, declividade, dentre outros), conforme descrito por El-Tantawi et al. (2019) e Ullah et al. (2019).

Nesse estudo, foi utilizado o método descrito por El-Tantawi et al. (2019) e Ullah et al. (2019), no qual é realizado o ajuste dos modelos com base em variáveis de entrada dependentes e independentes. A variável dependente diz respeito à série temporal de uso do solo, obtida por classificação supervisionada entre 1985 a 2019, e as variáveis independentes referem-se à distância das rodovias e vicinais, à hipsometria e declividade da área.

A hipsometria e declividade da área foram obtidas a partir de dados de elevação do *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) com resolução espacial 30 metros disponibilizada pela (USGS, 2019), e processadas conforme descrito por Duarte et al. (2019) para extração de atributos morfométricos.

As rodovias e vicinais foram obtidas com base em dados do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - DNIT (DNIT, 2019) e dados do mapeamento voluntário da plataforma OpenStreetMap (OSM Foundation, 2020), ambos disponibilizados em formato vetorial. A distância das vicinais foi obtida pelo método de distância euclidiana, conforme descrito por Ullah et al. (2019).

Com base nas variáveis de entrada, foi gerada uma matriz de potencial de transição de uso do solo, em seguida, foram realizadas simulações para os anos de 2010 e 2019 a partir de dados observados entre 1990-2000, e 2000-2010. O método de amostragem se deu de forma randômica, com 1.000 interação máxima, e o pixel de vizinhança foi de 9 células, ou seja, matrizes de 3x3, conforme descrito por El-Tantawi et al. (2019) e Ullah et al. (2019).

A sensibilidade do modelo foi verificada por comparação dos produtos cartográficos observados (2010 e 2019) com os produtos simulados (2010 e 2019), levando em consideração o percentual de previsões corretas e o índice Kappa. Sendo verificada a consistência do modelo de previsão com base nos dados históricos, foi construído o cenário de uso do solo e cobertura da terra para o ano de 2030 e 2040 com base na matriz de transição entre 2010 e 2019.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

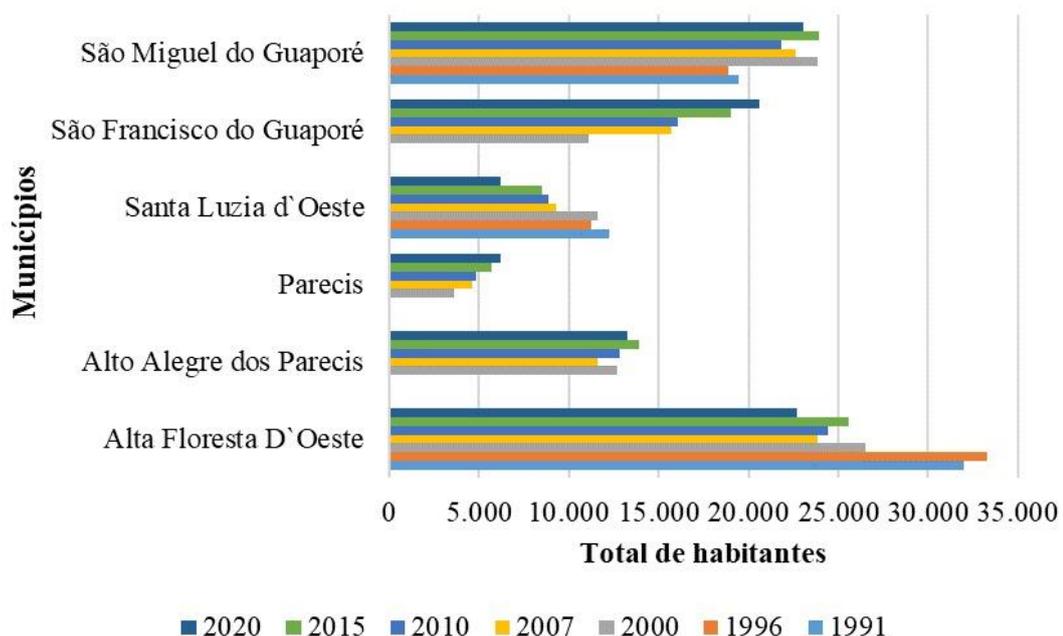
Contexto de ocupação do território fluvial

A ocupação migratória na bacia hidrográfica dos rios Branco e Colorado se registra antes do século XIX, quando os primeiros moradores tinham acesso ao território a partir do Rio Guaporé que possibilita a entrada a montante da bacia por meio dos rios navegáveis Mequéns, Colorado e Rio Branco, somando a população indígena e quilombola que já habitavam esse território fluvial (CARAMELLO, 2016). Porém, a ampliação significativa da densidade demográfica na bacia ocorre de forma intencional e planejada entre as décadas de 70 a 80 do século XX, quando o Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), incentivado pelo Governo Federal, passa a distribuir terras aos colonos que vieram de diferentes regiões brasileiras.

Uma estratégia governamental que há décadas contribuiu com o início de uma nova paisagem, a antropogênica, formando o que Molina e Toledo (2011) intitulam de segunda natureza constituída mediante um processo metabólico de apropriação e expropriação dos recursos naturais de um território fluvial. Motivados pelas instruções de desmatar para ocupar, os migrantes recém-chegados passaram a moldar o cenário que se adaptaria à necessidade de produção. Com metodologias de uso e ocupação do solo diferenciadas, motivados ora pela cultura produtiva que trouxeram de sua origem migratória, ora pelos incentivos governamentais locais.

Inicialmente, os municípios de Alta Floresta D'Oeste (criado em 1986), Santa Luzia D'Oeste (criado em 1986) e São Miguel do Guaporé (criado em 1988) foram os primeiros a serem decretados como municípios, mantendo-se com a configuração de delimitação territorial até 1996, a partir de então ocorre o desmembramento dando origem aos municípios de Alto Alegre dos Parecis (criado em 1994), Parecis (criado em 1994), São Francisco do Guaporé (criado em 1995). A maior densidade demográfica (Figura 2) ocorre no município de Alta Floresta D'Oeste até o ano de 2020. A alteração demográfica no município ocorre com o desmembramento do território levando à criação de novos municípios.

Figura 2 - Evolução histórica da população da Bacia Hidrográfica da unidade de Gestão do Comitê do Rio Branco e Colorado.



Fonte - Organizado pelos autores (2021) a partir de dados do IBGE (Censo Demográfico 1991, 2000, 2010; Contagem de Populações 1996, 2007) apud CARAMELLO (2016) e Estimativa Populacional 2015 e 2020 do IBGE Cidades dos respectivos anos.

Conforme estimativa realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE-Cidades, em 2030 a população do Estado de Rondônia já terá ultrapassado dois milhões de habitantes (IBE,

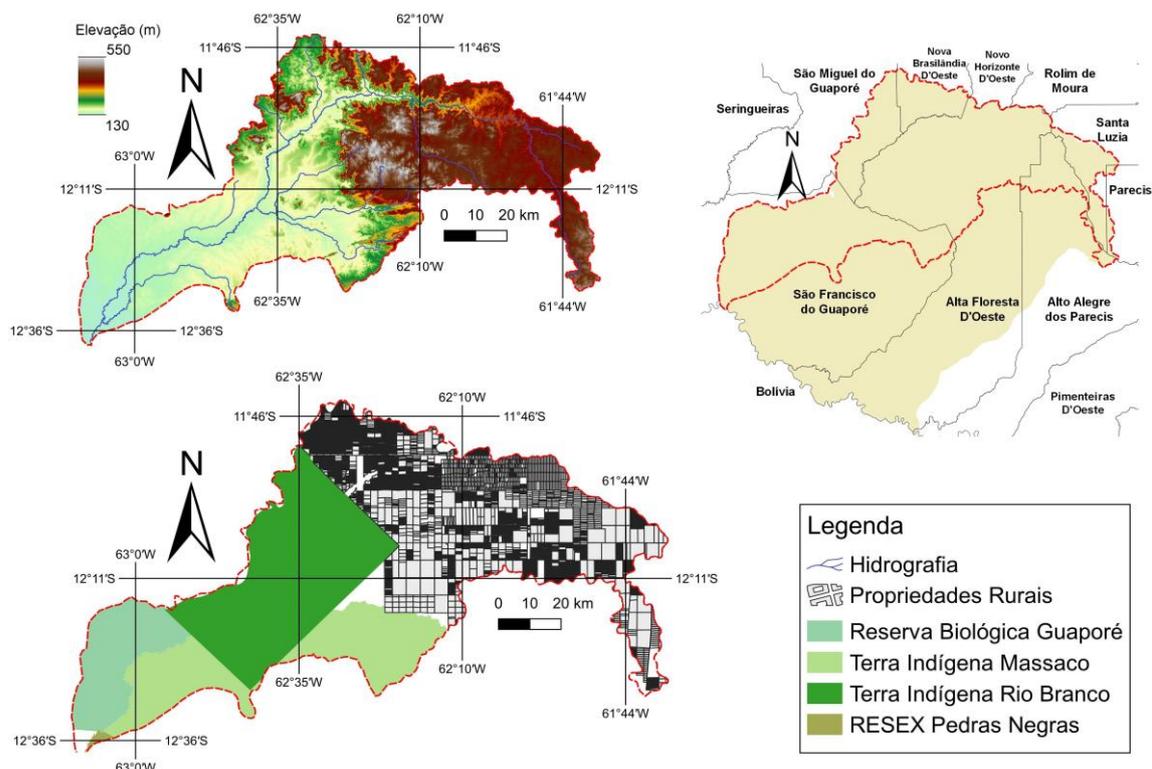
2021). Entretanto observa-se que, entre os municípios analisados, há uma tendência na diminuição da população estimada para 2021. Com exceção para os municípios de São Miguel do Guaporé, que na estimativa do IBGE-Cidades ultrapassará 20 mil habitantes, Alto Alegre dos Parecis, que alcançará 13.268 habitantes, e Parecis, que chegará a 6.319 habitantes em 2021, mesmo assim mantendo uma densidade demográfica inferior a 2 hab/km².

Dentro da unidade de gestão hídrica do CBH-RBC-RO, os municípios que possuem a maior porção do seu território destinados a usos múltiplos são: Alta Floresta D'Oeste (40,8%), Santa Luzia do Oeste (37,21%) e Alto Alegre dos Parecis (10,32%). Por outro lado, os que agregam além dos usos múltiplos, mas também usos restritos são: São Francisco do Guaporé (41,91%) e São Miguel do Guaporé (14%), municípios com áreas predominantes na Terra Indígena - TI Rio Branco, áreas protegidas da Reserva Ecológica do Vale do Guaporé (REBIO Guaporé) e a Reserva Extrativistas (RESEX) que compõem a Comunidade Quilombolas de Pedras Negras.

Caramello e Sauri (2016) identificaram a crescente tendência de implantação de Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs), as quais conceituaram, a partir de Molina e Toledo (2011), de metabolismos industriais fluviais na Bacia do Rio Branco, seguindo uma série histórica espaço-temporal de 2004 a 2014. Razão pela qual, o presente estudo não se dedicará a tal detalhamento de produção, e sim à identificação das classes de uso do solo que predominam na produção da paisagem, e sua predominância e percentual de transição, para que a soma dos estudos possa orientar os programas a serem considerados na tomada de decisão de futuros projetos a serem desenvolvidos pelo Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Branco e Colorado com previsões até 2040.

A porção territorial a jusante, onde predomina altitude de 130 a 200 metros, é composta por Reservas Extrativistas Pedra Negra, o Quilombo mais antigo do Vale do Guaporé, localizado a jusante na desembocadura do Rio Branco ao fronteiro Rio Guaporé; Reserva Biológica do Guaporé e Terras Indígenas Rio Branco e Massaco (Figura 3), sendo essa última com presença de índios isolados. Estando evidentemente inseridos a jusante das propriedades rurais e urbanas e das indústrias da luz (PCH) da Bacia do Rio Branco, sendo impactados por todo uso a montante, fator que levou este grupo a evidenciar em 2012 o protagonismo oculto do Rio Branco, em um lema de luta “Enquanto viveres nós lutaremos por ti Rio Branco” em resposta aos impactos sentidos (CARAMELLO e SAURI, 2016), uma clara presença de luta contra a injustiça ambiental (ACSEKRAD; MELLO; BEZERRA, 2009).

Figura 3 - Localização da bacia hidrográfica do Rio Branco.



Fonte - Organizado pelos autores (2021).

Os municípios de Brasilândia e Novo Horizonte, apesar de incluídos pelo Decreto 19.061 e aprovados pelo Conselho Estadual de Recursos Hídricos na proposta de gestão hidrográfica, não fazem parte da proposta de análise metabólica de transformação da paisagem pelo uso e ocupação do solo (MOLINA e TOLEDO, 2011). Em virtude de não estar suficientemente esclarecida a parte territorial situada no interior da bacia, já que a base cartográfica municipal dos órgãos governamentais "Secretaria de Estado de Desenvolvimento Ambiental de Rondônia - SEDAM, Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais de Rondônia - CPRM e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE" não incluíram estes municípios no território fluvial em análise. Entretanto, a classificação do uso e ocupação do solo contemplou a sub-bacia do Rio Branco por completo, o que leva mesmo que indiretamente à inclusão de tais municípios.

Dinâmica de uso do solo na bacia de 1985 – 2019

O intervalo temporal entre 1985 a 2019 (Tabela 1) evidencia que a supressão da floresta teve maior perda de área no intervalo de 1990 a 2000, com taxa de transição de 16,34%, enquanto que o uso voltado à pastagem na mesma escala temporal teve o acréscimo de 16,31%. Sucessivamente para os anos de 2000 a 2010, a perda da floresta (8,03%) foi aproximada ao valor de ganho de novo espaço para pastagem (7,84%).

O mesmo ocorre entre 2010 a 2019 em que é diminuído 1,45% de floresta e ampliado 1,05% de área para pastagem, apresentando neste período a menor taxa de perda de floresta. Considerando a série histórica de 1985 a 2019, foi identificada uma supressão aproximada de 2.282,12 km². O equivalente a aproximadamente 36,68% da vegetação original das florestas, que se converteram para outros usos.

Embora outras classes de usos foram identificadas, como a destinada à agricultura que em 2019 apresenta significativo crescimento na ampliação da área produtiva para 25,77 km². Entretanto, ao se analisar a série histórica completa (1985-2019), percebe-se que a retirada da vegetação tem como principal indicador de pressão de substituição a adoção de áreas de pastagens, sendo que 33,07% da vegetação foi suprimida em prol de uma nova paisagem, a pastagem que ganha no período 32,34% de área para produção pecuária (Tabela 1).

Tabela 1 - Classes de uso do solo e cobertura da terra e taxas de transição na Bacia do Rio Branco entre 1985 a 2019

Classes de Uso	1985	1990	2000	2010	2019
----- Área (km ²) -----					
Floresta	6220,09*	5719,79*	4592,23*	4038,20*	3937,97*
Campos Naturais	161,33*	165,33*	164,76*	162,99*	162,17*
Agricultura	0,32**	0,52**	1,35**	4,54**	25,77**
Pastagem	516,46*	1009,20*	2134,85*	2674,13*	2748,09*
Área Urbana	2,74**	3,70**	3,74*	4,65*	6,11*
Rios e lagos	0,09**	2,50**	4,10**	14,53**	20,94**
----- Taxas de transição (%) -----					
Classes de Uso	1985-1990	1990-2000	2000-2010	2010-2019	1985-2019
Floresta	-7,26	-16,34	-8,03	-1,45	-33,07
Campos Naturais	0,05	-0,01	-0,03	-0,01	0,01
Agricultura	0,01	0,01	0,05	0,31	0,36
Pastagem	7,15	16,31	7,84	1,05	32,34
Área Urbana	0,02	0,00	0,01	0,02	0,05
Rios e lagos	0,04	0,02	0,15	0,09	0,30

Intervalos do índice Kappa *: entre 0,81 a 1,00 (quase perfeito), **: entre 0,61 a 0,80 (substancial).

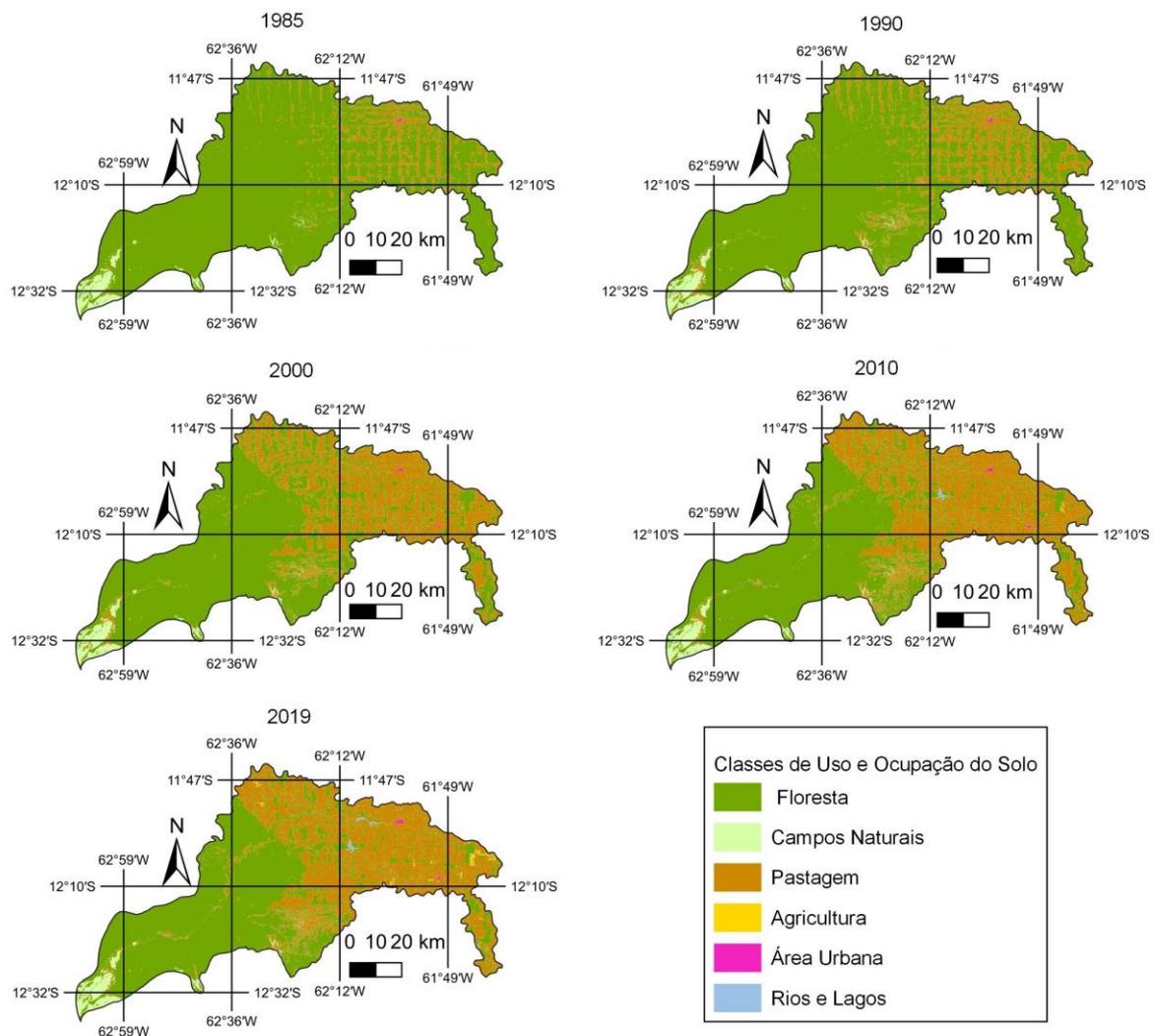
Fonte - Organizado pelos autores (2021).

Observa-se na Figura 4, que já vinha se configurando, no cenário da paisagem em 1984, a distribuição dos lotes pelo INCRA, demonstrando as consequências da metodologia de abertura das estradas vicinais iniciada na década de 70. Entre 1985 a 1990 registrou-se uma perda de 7,26% da floresta para a ampliação de 7,15 de áreas destinadas à pastagem.

Neste período de transição de uso e ocupação do solo, atrelado ao agente governamental que incentiva dinâmicas de ocupação, como o próprio desmatamento e desflorestamento da bacia, há um agente econômico em movimento, as indústrias madeireiras, que ainda que sejam pouco evidenciadas neste processo, foram as que se beneficiaram no período, fortalecendo a economia exógena.

Entre 1990 e 2010, ocorreu a consolidação definitiva da pecuária, tendo o município de Alta Floresta D'Oeste como maior produtor, alcançando de acordo com os dados do IBGE (2016) (série histórica de produção pecuária) a média de 35 mil cabeças anuais, tendência que se mantém em vigor. Entre os mercados de destino, as indústrias da carne implantadas no município de Rolim de Moura são as maiores compradoras, que são os atravessadores da produção do mercado internacional da carne, exportando para China, Oriente Médio e Norte da África (CARMELLO, 2016).

Figura 4 - Distribuição espacial das classes de uso e ocupação da terra entre 1985 a 2019 na Bacia Hidrográfica do Rio Branco.



Fonte - Organizado pelos autores (2021).

O uso e ocupação destinado para agricultura, que apresentou crescimento gradativo desde 1985, têm no período de 2010-2019 o maior destaque com transição para 0,31%, sendo a categoria de maior percentual de transição identificada no período. Neste período é identificada uma menor taxa de transição da floresta para outros usos. A razão pode não estar atribuída a um controle do desmatamento e, sim, ao ponto de saturação de desmatamento, considerando que a área florestada que se mantém em pé está protegida por lei.

A expansão de classes rios e lagos, não estando concentrada em uma única coordenada, pode estar vinculada, além da implantação do reservatório das PCHs, que são pontos de conflitos destacados por Lima et al. (2019) à ampliação significativa da piscicultura. Cota et al. (2019) identificaram 600 empreendimentos destinados à piscicultura instalados e a presença de conflitos referentes à demanda e concessão de outorgas.

Previsão de uso do solo para 2030 e 2040

As taxas de transição de 2000-2010 e de 2010-2019 apresentaram forte concordância com o uso do solo observado nesses anos, ou seja, esses dados dão base para a elaboração das previsões com maior segurança à modelagem de prospecção (ao menos de forma teórica) para os anos de 2030 a 2040. Esses avaliados por meio do índice de Kappa demonstraram que é possível prever a variação do uso do solo. Observa-se (Tabela 2) que o intervalo de 2000-2010 com o ano de predição para 2019 apresentou maior proximidade com o índice de Kappa 1.

Entretanto, a matriz de transição de 1990 a 2010 com ano de predição para 2010 também se manteve na escala de Kappa quase perfeita, que contempla a variação de 0,81 a 1,00. Nesse intervalo, Munthali et al. (2020) consideraram como forte o que torna razoável, e pode ser utilizado para realizar projeções futuras plausíveis.

Tabela 2 - Indicadores estatísticos do ajuste dos modelos de predição para os anos de 2010 e 2019.

Matriz de transição	Ano de predição	% de previsões corretas	Kappa
1990 a 2000	2010	89,71*	0,89*
2000 a 2010	2019	93,29*	0,90*

Intervalos do índice Kappa *: entre 0,81 a 1,00 (quase perfeito), **: entre 0,61 a 0,80 (substancial).

Fonte - Organizado pelos autores (2021).

A partir da confiabilidade do índice de Kappa, averiguado na Tabela 2, foi possível aplicar, sobre a classe de uso da série histórica, a tendência de mudança de uso do solo (Figura 5). Estima-se que a floresta vai perder 2,90% entre 2019-2030, e mais 1,91% até 2040, essas perdas ocorrerão principalmente nos menores fragmentos florestais, bem como a redução em área dos maiores fragmentos, podendo se converter em uma ameaça às áreas de amortecimento das áreas de proteção.

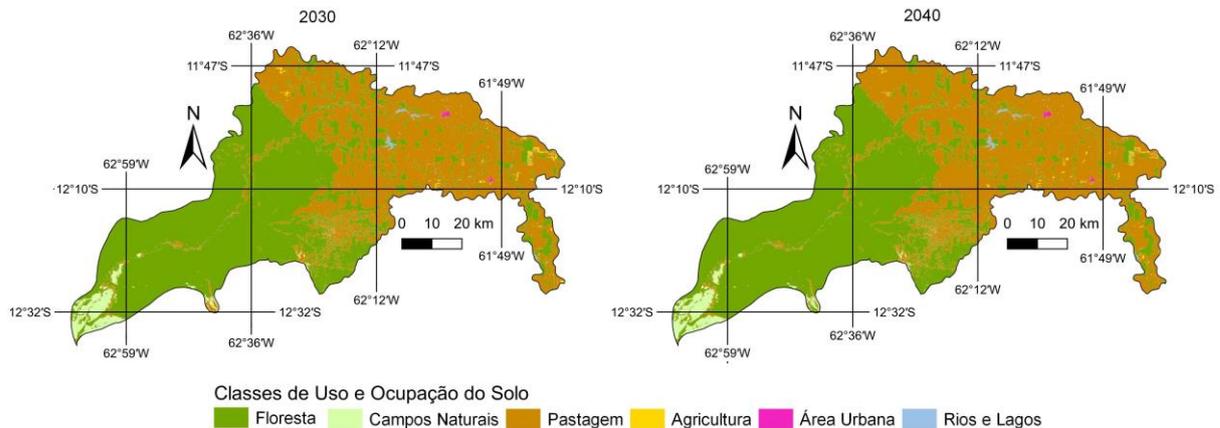
Essas áreas são convertidas principalmente em pastagem que segue em expansão (Tabela 3), com taxa de crescimento de 2019 a 2030 para 2,94%, alcançando na série 2030-2040 mais 1,83%, alcançando, se manter a tendência de uso até 2040, 44.59% da bacia destinada a esse uso.

Tabela 3 - Taxas de transição de uso do solo e cobertura da terra para os anos de 1985 a 2040.

Classes de uso do solo	Área (%)				Mudança de uso do solo (%)		
	1985	2019	2030	2040	1985-2019	2019-2030	2030-2040
Floresta	90,13	57,06	54,15	52,24	-33,07	-2,91	-1,91
Campos Naturais	2,34	2,35	2,24	2,24	0,01	-0,11	-0,00
Pastagem	7,48	39,82	42,76	44,59	32,34	2,94	1,83
Agricultura	0,00	0,37	0,39	0,42	0,37	0,02	0,02
Área Urbana	0,04	0,09	0,12	0,18	0,05	0,03	0,06
Rios e lagos	0,00	0,30	0,33	0,33	0,30	0,03	0,00

Fonte - Organizado pelos autores (2021).

Figura 5 - Cenário de uso e ocupação da terra para o ano de 2030 e 2040 na bacia do rio Rio Branco.



Fonte - Organizado pelos autores (2021).

Outro uso que terá aumento tímido, porém relevante, é a agricultura com 0,42%, estimado para 2040, com percentual de crescimento entre 2030 a 2040 de 0,02%. Tendo como principais produtos de produção agrícola permanente: café, banana e cacau, estes destacam-se nos municípios de Alta Floresta D'Oeste, Alto Alegre D'Parecis e Santa Luzia D' Oeste, as outras variações principais destacadas pelo IBGE são: abacate, palmito, urucu, pimenta negra, limão, laranja, guaraná, coco e mandarinas (CARMELLO, 2016).

A produção temporária soma aproximadamente 10 espécies, das quais destacam-se o feijão, o milho e o arroz. As demais produções são: amendoim, cana-de-açúcar, abacaxi, melancia, soja, mandioca e tomate. Ainda que a produção da soja venha sendo associada à expansão da agricultura no Estado de Rondônia e na Amazônia (FARIAS et al., 2018), o mesmo não ocorre na BH-RB, ela aparece pela primeira vez em 2004 no município de Alta Floresta D'Oeste, porém o relevo ondulado e a resistência de alguns produtores fizeram com que o produto não fosse mais implantado no município em questão.

Ressurgindo a produção da soja na bacia em 2013 nos municípios de Alto Alegre D'Parecis e Santa Luzia D'Oeste, destacando-se entre os cinco produtos de maior evidência em área plantada no último município, alcançando em 2017 800 hectares de área plantada, voltado a reduzir para 400 hectares em 2018. Em Santa Luzia D'Oeste, um outra *commodities* tem destaque, que é a produção da cana-de-açúcar, mantendo-se como maior produtora no Estado, com área plantada com alternância de 1.000 a 2.500 hectares plantados entre 2007 a 2018 (IBGE, 2021; CARMELLO, 2016).

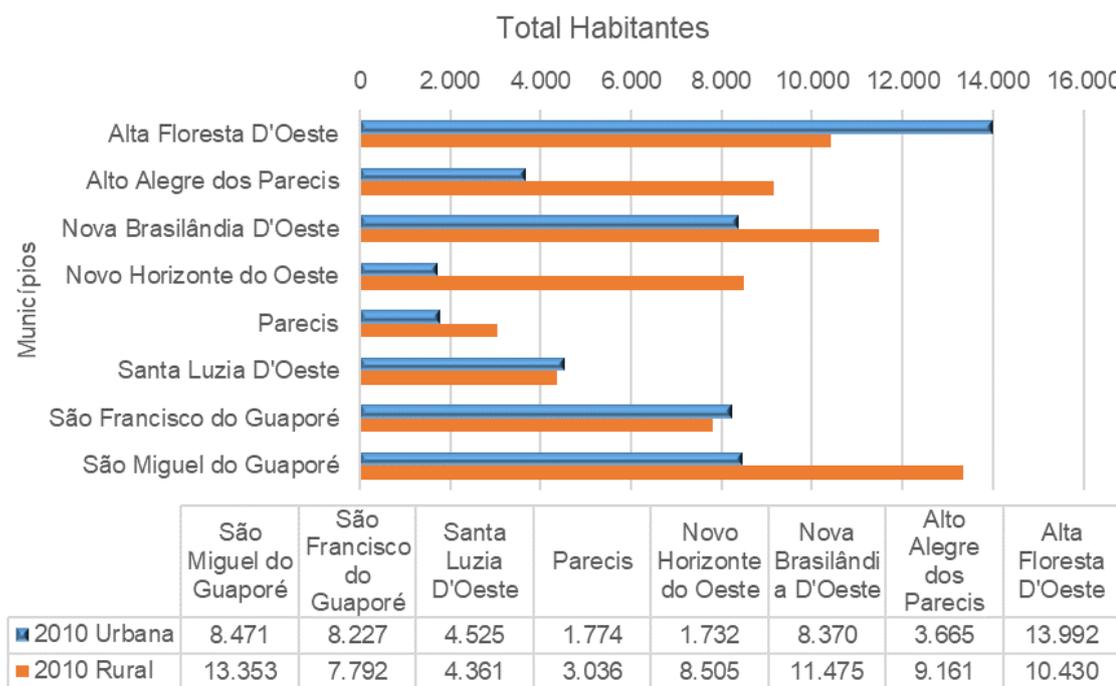
Estando a bacia em uma área de transição do relevo do Planalto dos Parecis para a Planície Amazônica (Figura 2), a retirada da floresta amplia outros processos como a erosão acelerada e ravinamento em propriedades rurais e nas margens fluviais, levando ao assoreamento dos afluentes do Rio Branco. Os representantes das aldeias indígenas que estão a jusante evidenciam seu descontentamento “[...] *los líderes de la Tierra Indígena Río Branco denuncian los usos río arriba de sus tierras como responsables de los cambios ambientales que viene comprometiendo sus costumbres.*” (CARMELLO, 2016, p. 240).

A injustiça ambiental se torna evidente na fala dos líderes indígenas e reflete exatamente o que é posto por Acseirad, Mello e Bezerra (2009, p. 74), “O acesso desigual na esfera da produção manifesta-se no processo de contínua destruição de formas não capitalistas de apropriação da natureza, tais como o extrativismo, a pesca artesanal, a pequena produção agrícola ou o uso de recursos naturais”. Entre os agentes responsáveis por tal estado, os supracitados autores evidenciam o papel da implantação de barragens, monocultura e pastagens.

O crescimento demográfico contribuirá para ampliação da rede urbana em 0,03% entre 2019 a 2030, com acréscimo de 0,06% para o período de 2030-2040. Considerando que, dos oito municípios que possuem porção de seu território dentro da BH-RB, somente Alta Floresta D'Oeste e Alto Alegre dos Parecis possuem o perímetro urbano inserido, o que evidencia o crescimento direto destes. A Bacia do Rio Branco pode ser considerada de predomínio rural, dos oito municípios somente Alta Floresta

D'Oeste, Santa Luzia D'Oeste e São Francisco do Guaporé caracterizam o processo de urbanização (Figura 6), superando o número de habitantes rurais.

Figura 6 - Distinção da população urbana e rural da área de abrangência do CBH-RBC/RO pelo censo de 2010 – IBGE.



Fonte - Organizado pelos autores (2021) a partir do Censo IBGE (2010) apud CARMELLO (2016).

Sem embargo, é importante destacar que somente a porção territorial inserida dentro da Bacia pertence à gestão do Comitê de Bacia Hidrográfica e não o município em sua totalidade, neste caso com exceção de Alta Floresta D'Oeste e Alto Alegre dos Parecis, todos os demais possuem apenas o perímetro rural dentro da drenagem da Bacia, e são o uso e ocupação do solo nesta porção territorial que devem ser considerados nas propostas de gestão e intervenção territorial, proposto pelo CBH-RBC/RO.

A análise da organização do território (Figura 1 e Figura 5) leva a induzir que as áreas protegidas terão grande peso na presença de 52,24% da classe de floresta. Levando a constatar o enunciado por Ferreira, Venticinque e Almeida (2005, p. 163), “[...] a importância das áreas protegidas (Unidades de Conservação e Terras Indígenas) como uma das ferramentas para conter ou diminuir o processo do desmatamento”.

A leitura na escala da Bacia permite reforçar a importância de considerar que cada bacia hidrográfica tem sua identidade configurando um território fluvial e quanto mais ampliarmos a escala, maior será o nível de detalhamento, permitindo quebrar a percepção de que toda a Bacia Amazônica seja homogênea em sua dinâmica populacional. Como indicadores, considerando o processo de urbanização, a esse respeito Santos (2013) identificou que a Amazônia Legal superava 50% da população vivendo nos espaços urbanos em 1980, e Becker (2005, p. 73) “No censo de 2000, 70% da população na região Norte estava localizada em núcleos urbanos”.

A soma do último censo realizado pelo IBGE em 2010 ((apud CARMELLO, 2016) em que foi distinguida a população urbana da rural (Figura 6), ao agregar os municípios que compõem a área de abrangência do CBH-RBC, demonstra que a unidade de gestão hídrica em análise foge a essa regra, pois 50.756 habitantes estavam inseridos nos espaços urbanos, enquanto que 68.113 habitantes se mantinham no espaço rural.

CONSIDERAÇÃO E NOVOS ENCAMINHAMENTOS PARA PESQUISA

A análise da dinâmica metabólica de apropriação do solo não somente atendeu aos dois objetivos propostos (ainda que correlacionados), como também evidencia a relevância de novas pesquisas serem destinadas à área de abrangência do CBH/RBC/RO: O objetivo – propôs contribuir com os diálogos de gestão na Bacia, evidenciando indicadores que precisam ser considerados na proposta de gestão compartilhada e no plano de Bacia, consolidando os ODS da Agenda 2030.

A organização para a distribuição dos lotes (Figura 2) trata de um problema intencionalmente planejado pelas políticas públicas da época, a remoção das comunidades indígenas para a jusante da Bacia, através da homologação das terras indígenas Rio Branco e Massaco, expôs os afluentes a uma constante pressão provocada pelos desmatamentos e os usos múltiplos desse território fluvial.

Além de expor as áreas de proteção às dinâmicas de uso a montante, evidencia atores e agentes vinculados ao conjunto de ações que moldam a paisagem ao longo de 1985-2040. Neste aspecto, ao desenvolver uma análise multitemporal do uso e ocupação do solo por meio das geotecnologias, amplia um diálogo iniciado de que não somente pelas águas de uma bacia hidrográfica se conta a história da mesma. A possibilidade de visualizar a paisagem em seu todo e identificar na série histórica seus câmbios e prever futuras transformações devem ser vistas pelos gestores como um instrumento de gestão e abertura para o diálogo integrado inclusivo, em que todos os povos que ocupam esse território fluvial possam ter voz, assim o uso do solo passa a ser um indicador da identidade territorial.

As áreas que apresentam maior variação de classes de uso de solo encontram-se fora daquelas que são protegidas por lei, porém, ao estarem a jusante das áreas que apresentam maior pressão de uso, acabam sendo impactadas por todo uso e ocupação a montante, um fator a ser considerado em proposta de revitalização dos rios tributários na Bacia e na aproximação do novo Zoneamento Ambiental e Sócio Econômico do Estado de Rondônia, a ser aprovado até o ano de 2021.

A pressão para que a agricultura sacie a fome e para que as comunidades possam ser sustentáveis como proposto pela ONU foi evidentemente um caminho contrário percorrido, pela ânsia de desenvolvimento territorial na Bacia, no qual a justiça ambiental tem suas lacunas. Evidenciado pelo destaque da transformação da floresta em pastagens, considerando que aproximadamente 50% do território da Bacia do Rio Branco é composta de áreas protegidas, sendo que os 44.59% da Bacia destinada à pastagem é um indicador de pressão a ser considerado.

Fator que motiva o Comitê do Rio Branco a buscar recursos para o desenvolvimento de projetos de recuperação de área degradada, entretanto como corpo técnico aconselha-se que paralelo à intervenção do problema, a causa precisa ser igualmente tratada. Novas pesquisas destinadas ao índice de desmatamento e usos na zona de amortecimentos das áreas protegidas; configuração do tamanho das propriedades em que predomina a classe pastagem; impactos na produção alimentar das comunidades indígenas; os entraves para o crescimento mais efetivo da agricultura e a implantação do monitoramento da qualidade de água para consolidar um enquadramento poderão contribuir com as intervenções necessárias para que a sustentabilidade tenha a identidade territorial de todos os atores do CBH-RBC/RO.

AGRADECIMENTOS

Ao apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001, durante o doutoramento do primeiro autor e financiamento atual do terceiro autor, e ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - ProfÁgua, Projeto CAPES/ANA AUXPE Nº. 2717/2015, *Campus* Ji-Paraná da Fundação Universidade Federal de Rondônia, pelo apoio técnico científico aportado até o momento em prol do diálogo hídrico.

REFERÊNCIAS

ACSELRAD, H.; MELLO, C. C. A.; BEZERRA, G. N. **O que é justiça ambiental**. Rio de Janeiro: Garamond, 2009. 160p.

ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Plano estratégico de recursos hídricos dos afluentes da margem direita do Rio Amazonas**: diagnóstico. Agência Nacional de Águas.

Brasília: ANA, 2013. Disponível em: <http://margemdireita.ana.gov.br/default.asp>. Acesso em: 15 ago. 2020.

_____. **Catálogos de Metadados da ANA**. Agência Nacional de Águas. Brasília: ANA. Disponível em: <https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/por/catalog.search#/home>, Acesso em: 15 ago. 2020.

ARRUDA, C.; CAVALCANTE, M. M. A.; MARTINS, N. M. R.; XIMENES, C. A. C.; CARAMELLO, N. Contaminação da Água Subterrânea: um Estudo de Caso em Poços Rasos, na Cidade de Alta Floresta D'Oeste – Rondônia/Brasil. In: CARAMELLO, N.; STACHIW, R.; QUADROS, Q.; FERRONATO, M.; (org). **Amazônia contribuição científica para gestão hídrica**. Ituiutaba: Barlavento, 2019. p. 560-587.

BARBOSA, R. S. Análise da paisagem em pequenas bacias hidrográficas. In: SANTOS, L. C. A.; SEABRA, G.; CASTRO, C. E. (org.). **Geografia: Trabalho, Sociedade e Meio Ambiente**. São Luís: Eduema, 2018. p. 68–90.

BECKER, B. Amazônia já é verde: precisa é de uma base econômica que assim a mantenha. In: SILVA, O. M. A; HOMMA, A. K. O. (org.). **Pan-Amazônia: Visão Histórica, Perspectivas de Integração e Crescimento**. Manaus: Federação das Indústrias do Amazonas (FIEAM), 2015. p.85-92.

BECKER, B. Geopolítica da Amazônia. Dossiê Amazônia Brasileira I. **Estudos Avançados**. v. 19, n 55, p. 71-86, 2005. Disponível em: http://www.revistas.usp.br/ea_v/issue/view/742. Acesso em: 19 fev. 2020. <https://doi.org/10.1590/S0103-40142005000100005>

BRASIL. **Lei N° 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm. Acesso em: 21 set. 2021.

CARAMELLO, N.; PENHA, M.; SAURÍ, D. P. Indicadores de insustentabilidade hídrica na Amazônia: mobilização de todos os setores para implantação da gestão das águas no estado de Rondônia – Brasil. **Revista Científica Monfragüe Desarrollo Resiliente**. v. 4, n. 2, 2015. p. 66-88, Disponível em: <https://www.eweb.unex.es/eweb/monfragueresiliente/paginas/numerosanteriores.html>. Acesso em: 30 abr. 2015.

CARAMELLO, N. **La historia ambiental de un río no se cuenta solamente por sus aguas: Estudio de caso del Rio Branco y Colorado - Rondônia/Brasil**. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Autônoma de Barcelona, Cataluña, 2016, 350p.

CARAMELLO, N.; SAURI, D. El río: un protagonista oculto en el diálogo de las aguas. **Revista Mercator**, 2016. Fortaleza, v. 15, n. 3, p. 107-126. 16. <https://doi.org/10.4215/RM2016.1503.0007>.

CARAMELLO, N.; SAURI, D.; STACHIW, R. O Rio e a Água: atores hidrográficos e suas percepções a partir da história ambiental. In: SANTOS, L.C.A.; SEABRA, G.; CASTRO, C.E. (org.). **Geografia: Trabalho, Sociedade e Meio Ambiente**. São Luís: Eduema, 2018. p. 6-29.

CARVALHO, A. S.; ANTONINI, R. Levantamento Ornitológico na sub-bacia hidrográfica do Rio Branco: uma contribuição para o conhecimento da avifauna no Oeste do estado de Rondônia, Brasil. In: STCHIW, R.; CARAMELLO, N. **Amazônia: instrumentos para gestão de recursos hídrico**. (org) Curitiba: CRV, 2016. p. 169-188.

CONGALTON, R. G., GREEN, K. **Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data Principles and Practices**, Second Edition. Nova York, Boca Raton: Lewis Publishers, 2008. 200p <https://doi.org/10.1201/9781420055139>.

CONGEDO, L. **Semi-Automatic Classification Plugin Documentation**. 2018. Disponível em: <https://media.readthedocs.org/pdf/semiautomaticclassificationmanual-ptbr.pdf>, Acesso em: 19 fev. 2020.

COTA, T.; SILVA, F.; GONÇALVES, A.; LIMA, D.; CARAMELLO, N. Indicadores socioambientais como instrumento de gestão de território fluvial: comunidade de Rolim de Moura do Guaporé-RO. **Revista de Geografia e Ordenamento do Território (GOT)**, n.17, 2019. p. 29-54, Acesso em: 19 fev. 2021. <http://dx.doi.org/10.17127/got/2019.17.002>.

DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Atlas e Mapas: shapefiles**. 2019. Disponível em: <http://www.dnit.gov.br/mapas-multimodais/shapefiles>, Acesso em: 18 fev, 2020.

DUARTE, M. L.; SILVA, D. M. P.; SILVA, T. A.; GUIMARÃES, L. R. Avaliação de Modelos Digitais de Elevação na delimitação de bacias hidrográficas na região Sul do Amazonas. **Journal of Hyperspectral Remote Sensing**, v. 9, n. 2, 2019. p. 99-107. Acesso em: 19 fev.2019. <https://doi.org/10.29150/jhrs.v9.2.p99-107>.

DUARTE, M. L.; SILVA, T. A. Avaliação do Desempenho de Três Algoritmos na Classificação de Uso do Solo a Partir de Geotecnologias Gratuitas. **Revista de Estudos Ambientais**, v. 21, n. 1, p. 6-16, 2019. Acesso em: 19 fev. 2019. <http://dx.doi.org/10.7867/1983-1501.2019.v21n1p6-16>.

EL-TANTAWI, A. M., BAO, A., CHANG, C., LIU, Y. Monitoring and predicting land use/cover changes in the Aksu-Tarim River Basin, Xinjiang-China (1990–2030). **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 191, n. 480, p. 1-18, 2019. Acesso em: 19 fev. 2019. <https://doi.org/10.1007/s10661-019-7478-0>.

FARIAS, M. H. C. S.; BELTRÃO, N. E. S.; CORDEIRO, Y. E. M.; SANTOS, C. A. Impacto dos assentamentos rurais no desmatamento da Amazônia. **Revista Mercator**, v. 17, p. 1-20, abr. 2018. . ISSN 1984-2201. Disponível em: <<http://www.mercator.ufc.br/mercator/articlo/view/e17009>>. Acesso em: 14 ago. 2020. <https://doi.org/10.4215/rm2018.e17009>.

FERREIRA, L. V.; VENTICINQUE, E.; ALMEDIA, S. O desmatamento na Amazônia e a importância das áreas protegidas. **Estudos Avançados**, v. 19, n. 53, p. 157-166, 2005. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/eav/article/view/10052>. Acesso em: 10 abr. 2020. <https://doi.org/10.1590/S0103-40142005000100010>

GOMES, E. T.; MENEZES, R. G. O plâncton como indicador de qualidade da água na avaliação ambiental integrada da sub-bacia do Rio Branco (Rondônia, Brasil). In: STCHIW, R.; CARMELLO, N. (org). **Amazônia: instrumentos para gestão de recursos hídrico**. Curitiba: CRV, p. 211-232, 2016.

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Geo Brasil 2002: Perspectivas do meio ambiente no Brasil**. – Brasília: Edições IBAMA, 2002. 440p.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. IBGE- CIDADES. **Série histórica de produção municipal**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ro/>. Acesso em: 20 abr. 2016.

_____. **Estimativa Populacional 2015**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ro/>. Acesso em: 20 abr. 2016.

_____. **Estimativa Populacional 2020**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ro/>. Acesso em: 01 abr. 2021.

_____. **Estimativa Populacional 2021**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ro/>. Acesso em: 10 set. 2021.

JOGUN, T., LUKIĆ, A.; GAŠPAROVIĆ, M. Simulation model of land cover changes in a post-socialist peripheral rural area: Požega-Slavonia County, Croatia. **Hrvatski Geografski Glasnik**, v. 81, n. 1, p.31-59, 2018. Acesso em: 28 ut. 2020 <https://doi.org/10.21861/HGG.2019.81.01.02>.

LIMA, J. A.; CARMELLO, N.; CUNHA, G. D.; STACHIW, R. Pequenas centrais hidrelétricas: externalidades de atores inseridos na Bacia Hidrográfica do Rio Branco e Colorado. **Journal Nature and Conservation**, v.12, n.1, p.55-65, 2019. Acesso em: 20 ago. 2020. <https://doi.org/10.6008/CBPC2318-2881.2019.001.0006>

MARTINS, N. M. R., STACWI, R., CARMELLO, N., NASCIMENTO, P. C., FERREIRA, K. R. SAURI, D. P., ALVES, A. L. V. Proposta de implantação de um sistema de monitoramento para avaliação da qualidade da água na bacia do Rio Branco – Rondônia/Brasil. In: STCHIW, R.; CARMELLO, N. (org) **Amazônia: instrumentos para gestão de recursos hídrico**. Curitiba: CRV, 2016., p. 327-336

MOLINA, M.G; TOLEDO, M.V. **Metabolismos, Natureza e Historia: Hacia una Teoría de las transformaciones socioecológica**. Barcelona: Editora Icaria, 2011. 375p.

NEXTGIS. **Modules for Land Use Change Evaluation – MOLUSCE**. 2012. Disponível em: <http://nextgis.com/blog/molusce/>, Acesso em: 20 fev. 2020.

MUNTHALI, M. G.; MUSTAK, S.; ADEOLA, A.; BOTAI, J.; SINGHS. K.; DAVIS, N. Modelling land use and land cover dynamics of Dedza district of Malawi using hybrid Cellular Automata and Markov model. **Remote Sensing Applications: Society and Environment**, v. 17, 2020. Acesso em: 14 nov. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2019.100276>.

ONU. Organização das Nações Unidas. **Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030** para o Desenvolvimento Sustentável. 2016. Disponível em: <https://www.undp.org/content/dam/brazil/docs/agenda2030/undp-br-Agenda2030-completo-pt-br-2016.pdf>. Acesso em 21 set. 2021.

OSM Foundation. **OpenStreetMap Foundation**. Disponível em: <https://www.openstreetmap.org/#map=13/-9.9071/-62.9469>, Acesso em: 19 fev. 2020.

PLANAFLORO - Plano Agropecuário e Florestal de Rondônia. Governo do Estado de Rondônia. Secretaria de Estado do Planejamento, Coordenação Geral e Administrativa. **Planafloro: Zoneamento socioeconômico-ecológico de Rondônia**. SEPLAD: Porto Velho/RO. 2021.

QGIS. 2021. **QGIS Geographic Information System**. QGIS Association. Disponível em: <http://www.qgis.org>. Acesso em: 20 fev. 2020.

RONDÔNIA (Estado). **Decreto nº 19.061 de 31 de julho de 2014**. Institui o Comitê de Bacia Hidrográfica dos Rios Branco e Colorado – CBH-RBC-RO. Porto Velho, 2014.

SANTOS, M. A. **A Urbanização Brasileira**. 5. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2013.

SARAIVA, A. M.; PENHA, M. ; SILVA, D. ; DURAN, E. Variabilidade espaço-temporal da vazão específica média no Estado de Rondônia. p. 313-326. In: STCHIW, R.; CARAMELLO, N. (org). **Amazônia: instrumentos para gestão de recursos hídrico**. Curitiba: CRV, 2016.

SILVA, V. P.; ZUFFO, C. E. Diagnóstico da Bacia Hidrográfica do Rio Branco, compreendendo o Alto e Médio Curso, na Região Sudeste de Rondônia. **Revista Presença**. Mai.-Nº26, Vol. VII, p. 1-15, 2003.

ULLAH, S., AHMAD, K., SAJJAD, R. U., ABBASI, A. M., NAZZER, A. TAHIR, A. A. Analysis and simulation of land cover changes and their impacts on land surface temperature in a lower Himalayan region. **Journal of Environmental Management**, v. 245, n. 1, p. 348-357, 2019. Acesso em: 20 ago. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.05.063>.

USGS - United States Geological Survey. (2019). **Dados Landsat**. Disponível em: <https://earthexplorer.usgs.gov/>, Acesso em: 18 fev. 2020.

Recebido em: 08/06/2021

Aceito para publicação em: 19/10/2021