

Dinâmica da cobertura do solo em três bacias hidrográficas da região amazônica do estado de Mato Grosso, Brasil

Dynamics of land coverage in three amazonics basins in the Mato Grosso state, Brazil

Dinámica de cobertura de suelos en tres cuencas hidrográficas de la región amazónica del estado de Mato Grosso, Brasil

Recebido: 19/09/2020 | Revisado: 27/09/2020 | Aceito: 29/09/2020 | Publicado: 01/10/2020

Denise Aline Wenzel

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9948-7183>

Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil

E-mail: denise_alinewenzel@hotmail.com

Marionei Fomaca de Sousa Junior

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2048-6506>

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Brasil

E-mail: mariofomacajr@gmail.com

Eduardo Morgan Uliana

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2107-4634>

Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil

E-mail: morganuliana@ufmt.br

Múcio André dos Santos Alves Mendes

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8051-7805>

Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil

E-mail: mucioandre@gmail.com

Resumo

O impacto gerado a partir das modificações do uso do solo reflete expressivamente nos componentes do ciclo hidrológico, impactando no uso dos recursos naturais. O objetivo desse trabalho foi avaliar a dinâmica da ocupação do solo nas bacias hidrográficas do rio Caiabi, Nandico e Celeste, situadas na região médio norte do Estado de Mato Grosso, entre os períodos de 1986 e 2015. Foram aplicadas técnicas de geoprocessamento como combinações coloridas falsa-cor e classificação supervisionada empregando o algoritmo de máxima verossimilhança (maxver). Foram definidas duas classes temáticas de ocupação do solo,

sendo elas floresta e área antropizada. Os resultados são apresentados em mapas temáticos que mostram a distribuição espacial das mudanças ocorridas na cobertura do solo. Concluiu-se que 44% da área de floresta foi removida entre 1986 e 2015. A maior mudança na cobertura do solo ocorreu entre os anos de 1997 e 2006, resultando em uma redução de 1017,0 km² de área de floresta.

Palavras-chave: Geoprocessamento; Recursos hídricos; Desmatamento.

Abstract

The impact generated from the land use modifications reflects expressively in the components of the hydrological cycle, affecting the use of the natural resources. This work aims to evaluate the soil occupation dynamics in the Caiabi, Nandico and Celeste river basins located in the northern region of the State of Mato Grosso between 1986 and 2015. Geoprocessing techniques such as false color combinations and supervised classification were applied using the maximum likelihood estimation (maxver). Two thematic classes of land occupation were defined, forest and anthropized. The results are presented in thematic maps showing the spatial distribution of changes in soil cover. It was concluded that 44% of the forest area was removed between 1986 and 2015. The greatest change in the soil cover occurred between 1997 and 2006, resulting in a reduction of 1017.0 km² of forest area.

Keywords: Geoprocessing; Water resources; Deforestation.

Resumen

El impacto generado por los cambios en el uso del suelo se refleja significativamente en los componentes del ciclo hidrológico, impactando el uso de los recursos naturales. El objetivo de este trabajo fue evaluar la dinámica de ocupación del suelo en las cuencas hidrográficas de los ríos Caiabi, Nándico y Celeste, ubicadas en la región centro norte del Estado de Mato Grosso, en los años de 1986 hasta 2015. Se aplicaron técnicas de geoprocésamiento como combinaciones de falso color y clasificación supervisada utilizando el algoritmo de máxima verosimilitud (Maxver). Se definieron dos clases temáticas de ocupación del suelo, siendo ellas áreas artificiales y bosques. Los resultados se presentan en mapas temáticos que muestran la distribución espacial de los cambios en la cobertura del suelo. Se concluyó que el 44% de la superficie florestal fue deforestada entre 1986 y 2015, además, el mayor cambio en la cobertura se produjo entre los años de 1997 y 2006, resultando en una reducción de 1.017 km² de áreas verdes.

Palabras clave: Geoprocésamiento; Recursos hídricos; Deforestación.

1. Introdução

O crescimento populacional atrelado ao rápido crescimento econômico, caracterizado no Brasil como sendo, na sua maioria, devido a agricultura pode resultar na ocupação do solo sem planejamento, impactando no uso dos recursos naturais. Tais mudanças modificam o cenário natural e intensificam a perturbação do equilíbrio dos ecossistemas.

O impacto gerado a partir das modificações do uso do solo reflete expressivamente nos componentes do ciclo hidrológico, tais como infiltração da água no solo e escoamento superficial (Mendes & Cirilo, 2001). Além disso, Moreira et al. (2015) afirmam que associado ao uso do solo, o tipo de vegetação bem como as ações antropogênicas afetam na disponibilidade hídrica. Esse fator ganha ainda mais relevância quando se trabalha com bacias hidrográficas.

Segundo Tucci (1997) e Barrella et al. (2001) a bacia hidrográfica é uma área de interceptação natural da água de precipitação que faz confluir o escoamento para um exclusivo ponto de saída, definido como exutório.

Santos & Cardoso (2007) afirmam que o planejamento e desenvolvimento de programas de planejamento de bacias hidrográficas requer o conhecimento das relações da paisagem com o meio e o estudo das evoluções do uso do solo.

Realizar um mapeamento do uso da terra, bem como a análise da paisagem, contribui para elaboração de planos de manejo dos recursos naturais (Anderson et al., 2005). Essas práticas são fundamentais para a supervisão efetiva de um adequado planejamento ambiental voltado à estruturação do uso e ocupação do solo, gestão dos recursos hídricos, delimitação de Reservas Legais e Áreas de Preservação Permanente com o objetivo de reduzir ou recuperar danos causados pela ação humana.

Por permitir o mapeamento e a avaliação da dinâmica das atividades antrópicas o sensoriamento remoto se mostra uma valiosa ferramenta para o controle e a fiscalização dessas atividades (Rosa, 2007). Segundo Vaeza et al. (2010), imagens orbitais de alta resolução espacial se tornam uma ferramenta importante nos estudos de bacias hidrográficas, permitindo a obtenção de classes de uso e ocupação do solo.

Moreira (2008) afirma que a mudança do uso do solo e da paisagem amazônica é devido principalmente a agropecuária e técnicas de mineração, muitas vezes realizadas sem planejamento. Dessa forma, Nascimento & Fernandes (2017) destacam que os impactos ambientais como aumento do desmatamento, processos erosivos, baixa disponibilidades dos recursos hídricos e manejo do solo são assuntos que vêm sendo debatidos com maior

frequência, procurando formas de mitigação de tais problemas.

O diagnóstico ambiental é o primeiro passo para que a realidade dos impactos antrópicos seja conhecida. É através do diagnóstico que as análises ambientais, políticas e econômicas se integram e compõem um plano de gerenciamento de bacia hidrográfica (Candido, 2008).

Assim, a análise temporal por meio de imagens de satélite do uso e ocupação do solo se mostra fundamental na busca do conhecimento da utilização e caracterização dos tipos e categorias de vegetação natural ou modificada que revestem o solo (Ferreira et al., 2005).

É a partir da interpretação dessas imagens, em ambiente de geoprocessamento, que se identificam os tipos e tamanhos das áreas de uso do solo modificadas (Florenzano, 2002). A análise terrestre por meio de informações obtidas por satélites é caracterizada como o meio mais eficiente encontrado na atualidade para obtenção e fornecimento do acompanhamento de fenômenos, pois possui baixo custo e fácil acesso (Vieira, 2000).

Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a dinâmica da ocupação do solo nas bacias hidrográficas do rio Caiabi, Nandico e Celeste, situadas na região norte do Estado de Mato Grosso, no período de 1986 a 2015.

2. Metodologia

Caracterização da área de estudo

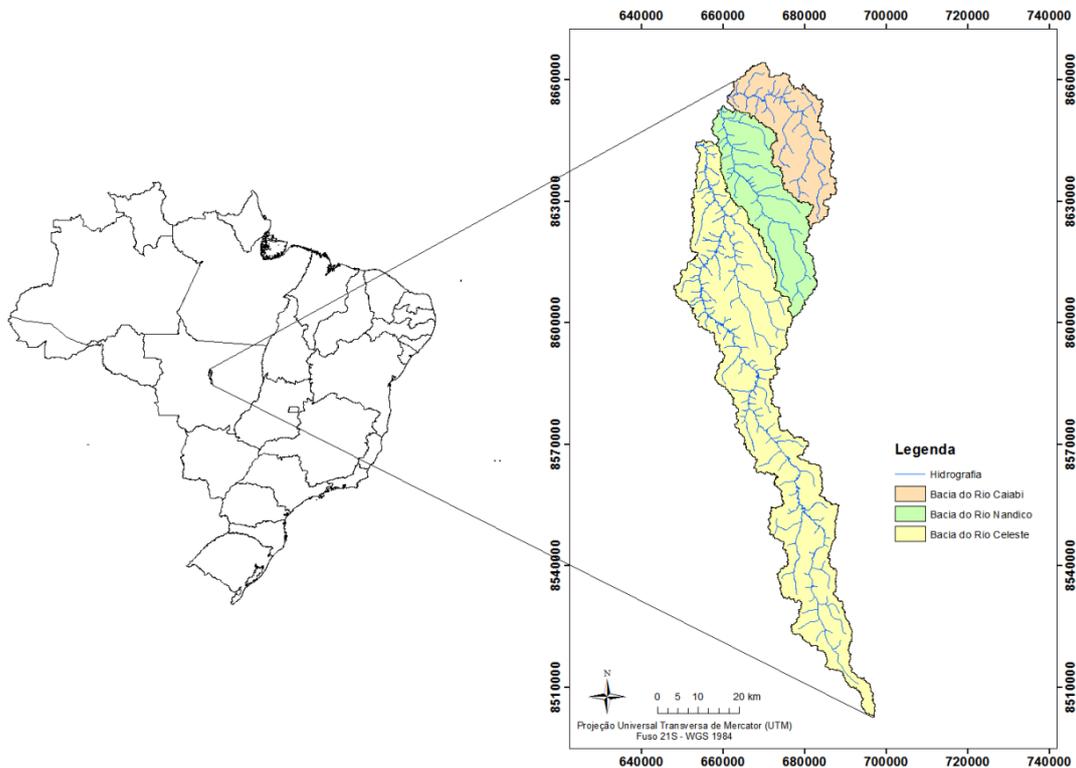
As bacias do rio Caiabi, Nandico e Celeste, são cursos de água perenes e apresentam área de drenagem de 492,6 km², 586,5 km² e 1.806,9 km², respectivamente, e abrangem, em parte, os municípios de Sinop, Sorriso, Vera e Nova Ubiratã que fazem parte da macrorregião denominada médio norte Mato-Grossense. A Figura 1 evidencia o posicionamento da área da bacia hidrográfica em relação ao território nacional e Estado de Mato Grosso.

Situados na região conhecida como Amazônia Matogrossense, que segundo Cáuper (2006) é uma região de transição entre a floresta tropical chuvosa para o chapadão do Brasil Central, com domínio da região dos Cerrados, as áreas das bacias dos rios Caiabi, Nandico e Celeste abrangem municípios que desfrutam de uma posição geográfica privilegiada pelo seu relevo, clima, solo e hidrografia que caracterizam esses municípios como potenciais agentes contribuintes para economia do país.

O relevo da região onde está localizada a área de estudo se caracteriza por ser plano, com declividade não superior a 3%. Apresentam os biomas: cerrado, floresta mesófila ou de

transição e floresta Amazônica. De forma geral a economia da região é voltada para a agricultura, pecuária, agricultura e extrativismo da madeira.

Figura 1. Localização da área de estudo evidenciando a bacia hidrográfica do rio Caiabi, Nandico e Celeste.



Fonte: Os autores.

Análises das mudanças na cobertura do solo

A metodologia adotada para analisar as modificações ocorridas nas bacias hidrográficas consistiu na elaboração e interpretação de mapas temáticos do uso e cobertura do solo ano a ano e do período total.

Os procedimentos utilizados seguiram as seguintes etapas: aquisição e processamento das imagens e hidrografia; delimitação das bacias hidrográficas; definição das classes de uso e ocupação do solo e classificação supervisionada; delimitação e ocupação de Áreas de Preservação Permanentes (APPs); quantificação das áreas classificadas; e interpretação dos resultados e elaboração dos mapas temáticos.

Para execução deste trabalho foram utilizadas imagens dos satélites LANDSAT 5 e LANDSAT 8 em diferentes datas, conforme descrito na Tabela 1.

Tabela 1. Lista de imagens e características dos sensores utilizadas na pesquisa.

Data	Satélite	Sensor	Órbita- Ponto	Resolução Espacial	Projeção
07/08/1986	Landsat 5	TM	226 – (68 e 69)	30 m	UTM WGS84
02/06/1997	Landsat 5	TM	226 – (68 e 69)	30 m	UTM WGS84
13/07/2006	Landsat 5	TM	226 – (68 e 69)	30 m	UTM WGS84
06/08/2015	Landsat 8	OLI	226 – (68 e 69)	30 m	UTM WGS84

TM: Thematic Mapper; OLI: Operational Land Imager. Fonte: Os autores.

As imagens dos anos de 1986, 1997 e 2006 foram adquiridas no INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) e a imagem de 2015, obtida no banco de dados do Serviço Geológico Americano (USGS), todas já georreferenciadas.

As imagens de satélite foram selecionadas em função da mínima existência de nuvens, sendo admitidos, segundo Prado et al., (2007), 35% ou menos da imagem com a presença de nuvens.

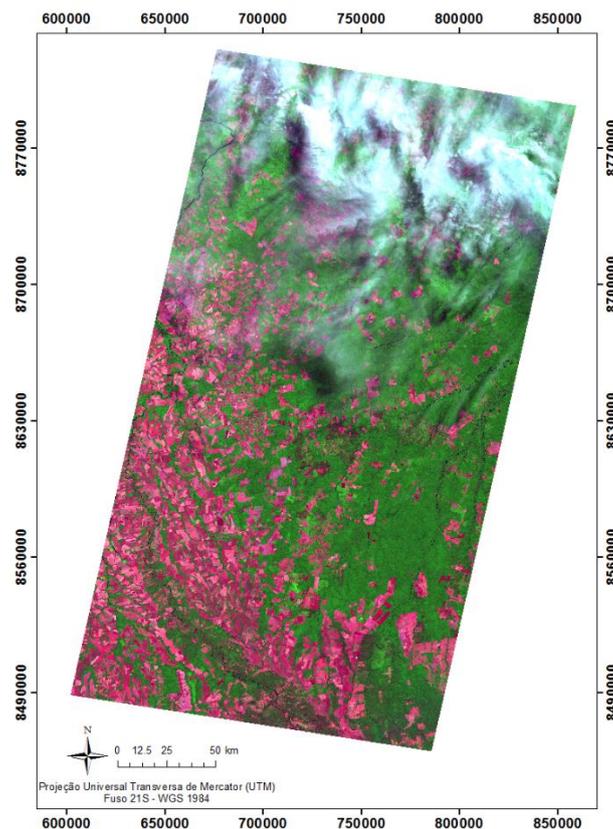
A hidrografia vetorizada das bacias hidrográficas estudadas foi obtida no Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Para este trabalho foi adotada a mesma época do ano para todas as imagens, pois as respostas espectrais dos alvos, pelos índices foliares, podem variar conforme os períodos de precipitação. Esta série de imagens corresponde à estação seca, época em que as áreas agrícolas encontram-se em pousio diferindo da vegetação florestal.

Processamento digital de imagens e hidrografia

O software utilizado nas análises e no processamento das imagens, foi o ArcGis 10.0. Para definir a área de estudo foram elaborados mosaicos com as imagens selecionadas (Tabela 1), com auxílio da ferramenta do ArcGis *Mosaic to New Raster (ArcToolBox - Data Management Tools - Raster - Raster Dataset - Mosaic to New Raster)* e para facilitar a classificação foram produzidas composições coloridas falsa-cor, associando cada imagem a um canal RGB (Red, Green, Blue), com a combinação das bandas 7-4-3 e 6-5-4 para as imagens dos satélites Landsat 5 e 8, respectivamente (Figura 2). Esse processo foi feito no ArcGis com auxílio da ferramenta *Composite Bands (ArcToolbox - Data Management Tools - Raster - Raster Processing - Composite Bands)*.

Figura 2. Composição falsa cor das imagens do satélite LANDSAT 5 para o ano de 2006.



Fonte: Os autores.

A delimitação das bacias hidrográficas dos rios Caiabi, Nandico e Celeste foi feita de forma automática no software ArcGis, com a extensão ArcHydro Tools, a partir do Modelo Digital de Elevação (MDE) e da hidrografia vetorizada disponibilizada pelo IBGE. Este processo subdividiu-se em várias fases, sendo: acondicionamento do MDE a partir da hidrografia vetorizada, preenchimento de depressões espúrias (*Fill Sinks*), obtenção da direção de fluxo (*Flow Direction*), fluxo acumulado (*Flow Accumulation*), definição da rede de drenagem numérica (*Stream Definition*), vetorização da drenagem numérica (*Drainage Line Processing*), definição do exutório da bacia (*Batch Point Generation*) e delimitação da área de drenagem (*ferramenta Watershed Processing – Batch Watershed Delineation*).

De posse desses dados foi feito o corte nas imagens orbitais a partir da área delimitada das bacias, pela ferramenta *Extract By Mask (ArcToolbox – Spatial Analyst Tools – Extraction – Extract by Mask)*.

A hidrografia das três bacias foi obtida separadamente e, posteriormente, unida pela ferramenta *Merge (ArcToolbox - Data Management Tools - General – Merge)*.

Classificação das imagens

Neste trabalho foi realizada a coleta de diversas amostras para duas classes temáticas de cobertura do solo definidas, conforme Tabela 2.

Tabela 2. Descrição das classes temáticas de cobertura do solo criadas para as bacias em estudo

Nome das classes / Código	Descrição
Área Antropizada / 1	Corresponde a áreas com solo exposto, área urbana, estradas, vegetação herbácea que foram devastadas para cultivo agrícola ou de culturas eventualmente irrigadas, pousio, pastagens, rebanhos, entre outros.
Floresta / 2	Compreendem classes de vegetação nas margens dos cursos de água, áreas com cobertura florestal densa, alta e de grandes extensões e corpos hídricos, cujas respostas espectrais das imagens foram diferentes das selecionadas para as áreas antropizadas.

Fonte: Os autores.

Para determinação das amostras de uso do solo, e posterior classificação, foi necessário criar um arquivo *Shapefile* no formato polígono, adicionar no ArcMap e recolher amostras das classes de interesse, indicando o código para cada uma (Tabela 2). Após obter um número representativo de amostras pra cada classe, utilizou-se a ferramenta de classificação pelo método da máxima verossimilhança (***ArcToolBox - SpatialAnalyst - Multivariate - Maximum Likelihood Classification***).

Após a classificação foram gerados os mapas de mudanças na ocupação do solo, de ganhos, perdas e persistência de cada categoria de uso e contribuições de cada classe para os processos de mudanças e transições por classe, bem como suas respectivas áreas e porcentagens de ocupação, entre os anos estudados.

Mapas temáticos

Os mapas de uso e ocupação do solo foram elaborados a partir da classificação das imagens dos anos de 1986, 1997, 2006 e 2015 em função das duas classes anteriormente definidas.

Os mapas das transições ocorridas na paisagem foram gerados a partir dos mapas de uso e cobertura da terra, analisando as classes temáticas definidas para os períodos

1986/1997, 1997/2006 e 2006/2015.

Para a avaliação dos mapas foram consideradas as áreas inalteradas, aquelas que apresentavam a classe floresta, ou área antropizada, em ambas às datas analisadas. Áreas que sofreram desmatamento, aquelas que no início do período apresentavam floresta e ao fim eram compostas por outra classe, e áreas recuperadas ou regeneradas, aquelas áreas que apresentavam a classe de área antropizada na data inicial e na data final eram convertidas em floresta.

Delimitação e ocupação de áreas de preservação permanente (APPs)

Definiram-se as Áreas de Preservação Permanente ao longo dos cursos de água e ao redor das nascentes das bacias hidrográficas em estudo, utilizando-se a ferramenta *Buffer (Analysis Tools – Proximity – Buffer)* do ArcGIS, que permitiu criar um raio de 50 metros para as áreas de nascentes e um buffer de 50 metros para cada lado das margens da rede de drenagem, resultando no mapa de APPs.

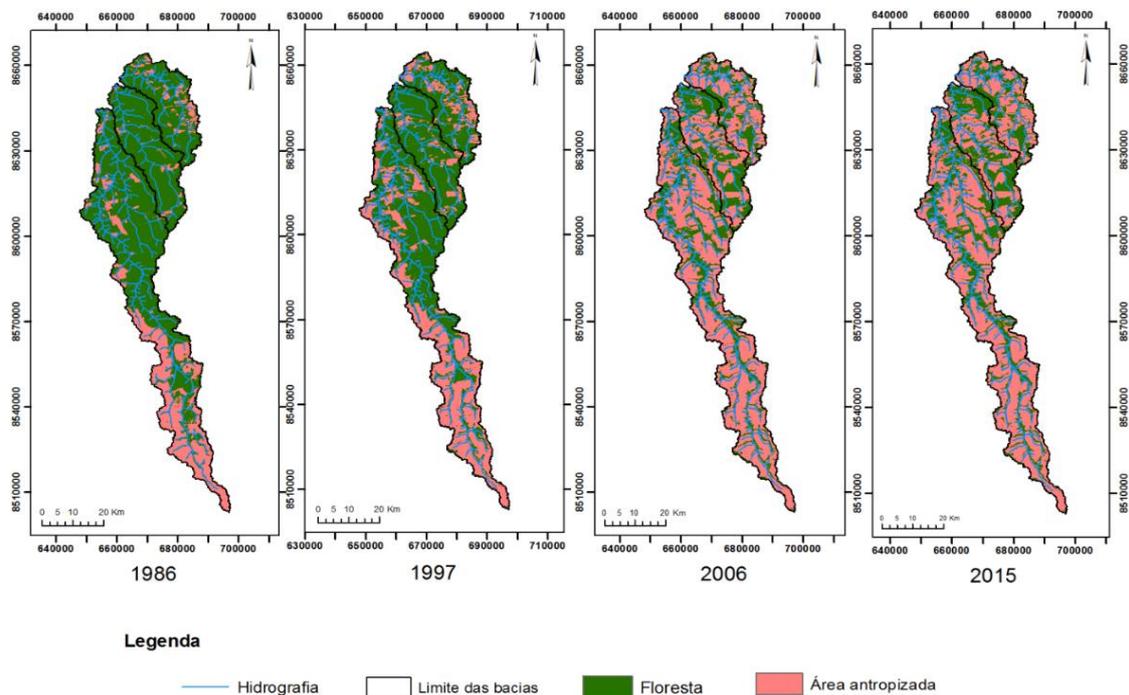
Estes valores de APPs foram definidos pelo conhecimento prévio existente dos cursos de água da área em estudo que variam de 10 a 50 metros de largura e baseados na legislação brasileira pela Lei 12.651/2012 que institui sobre o raio mínimo para nascentes e largura das APPs ao longo dos cursos de água perenes e intermitentes, exceto efêmeros, delimitada a partir da borda do curso de água variando conforme a largura do rio em questão.

Para analisar a ocupação do solo em APPs, utilizou-se a delimitação das zonas criadas ao redor dos cursos de água sobre os mapas de uso e ocupação do solo. Após essa sobreposição de informações, as áreas de ocorrência de conflitos de acordo com as classes de uso e ocupação do solo foram identificadas e mensuradas. Foram consideradas “áreas em conflito” todas aquelas partes ao longo dos cursos de água e arredores de nascentes que apresentarem uso do solo de classe 1 (área antropizada) no lugar de floresta (classe 2).

3. Resultados e Discussão

O resultado do processo de classificação para área total das bacias hidrográficas das imagens de 1986, 1997, 2006 e 2015 pode ser observado na Figura 3. A classe de uso na tonalidade verde apresenta o uso do solo de floresta e em tons de rosa o uso do solo de área antropizada.

Figura 3. Mapas de uso e ocupação do solo para as bacias hidrográficas do rio Caiabi, Nandico e Celeste para os anos de 1986, 1997, 2006 e 2015.



Fonte: Os autores.

Os valores obtidos para o coeficiente Kappa nas classificações de 1986, 1997, 2006 e 2015 foram de 0,84, 0,86, 0,84 e 0,87, respectivamente, apresentando segundo Landis & Koch (1977) excelente concordância, ou seja, classificações confiáveis e precisas. Por meio da classificação supervisionada gerada para cada ano foi possível quantificar a área em quilômetros quadrados (km²) de cada uso e ocupação do solo e gerar os mapas de transição do uso e ocupação da terra (Figura 5).

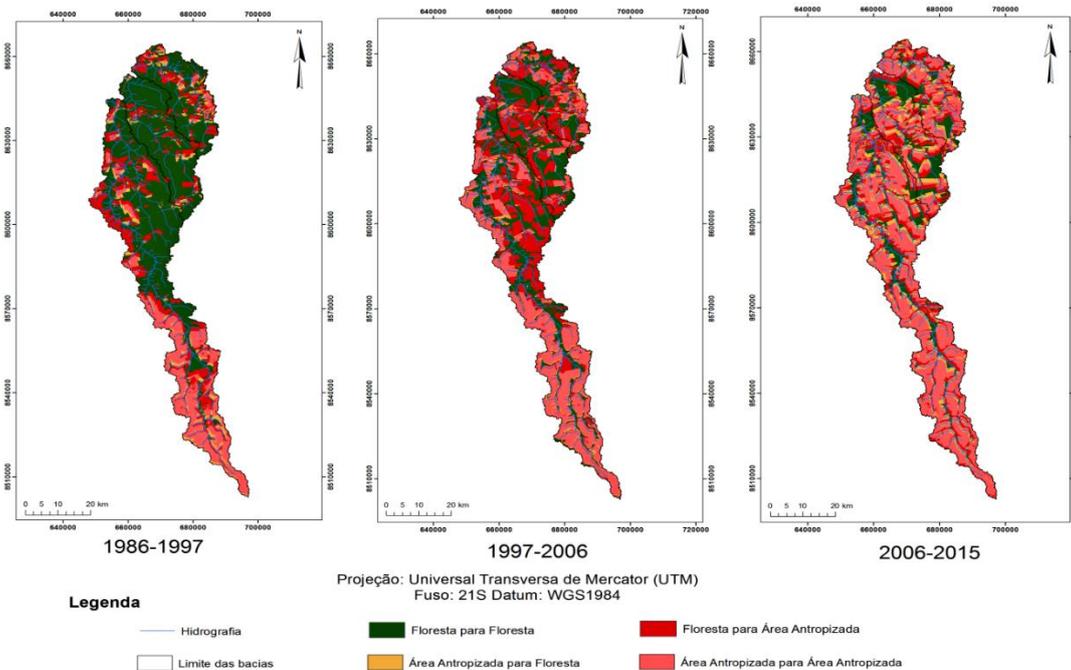
A área total estimada das bacias hidrográficas dos rios Caiabi, Nandico e Celeste foi de 2.886,0 km². Nos dois primeiros anos de análise o uso do solo como floresta foi maior que o uso de área antropizada, sendo no primeiro ano 76% da área total das bacias ocupado por floresta e em 1997 a ocupação foi de 63%, representando 2.186,0 km² e 1.808,0 km², respectivamente.

Percebe-se também uma contínua redução dessa classe em todo período de análise, porém a redução mais drástica foi percebida no período de 1997 a 2006 com aproximadamente 27% de perda do valor de área do uso do solo de floresta em relação ao período anterior (1986-1997), como representado na Figura 4.

De maneira oposta, para a classe de uso do solo de área antropizada, o maior

crescimento foi observado entre os anos de 1997 e 2006, com acréscimo de 27%. Da mesma forma, pode-se observar para o uso de área antropizada, que durante todo período de análise houve aumento desta classe.

Figura 4. Mapa de transições e persistências para as classes de uso e ocupação do solo, para as bacias hidrográficas dos Rios Caiabi, Nandico e Celeste.



Fonte: Os autores.

Entre os anos de 2006 e 2015 tanto o aumento quanto a redução na área das classes de uso do solo obtiveram pouca variação, quando comparados aos demais anos de estudo. Para floresta houve redução de aproximadamente 4% e para área antropizada aumento de 4% em relação a área total das bacias.

Quando comparados o ano de 1986 e 2015, percebe-se uma redução da área da classe de floresta e aumento da classe de área antropizada de 44%. No primeiro ano de estudo, para a classe de floresta, 76% da área total das bacias hidrográficas estava ocupada com essa classe e no ano final apenas 32%. Para classe de área antropizada no início a ocupação era de 24% da área total das bacias hidrográficas e ao final 68%.

A partir da análise da Figura 4 percebe-se que a ação do homem na modificação da paisagem natural foi muito intensa, principalmente nos primeiros períodos da análise.

Na transição entre 1986 e 2015 percebe-se uma dinâmica acelerada no comportamento da cobertura vegetal com a substituição progressiva das áreas de floresta para as de pastagens,

agrícolas, centros urbanos, entre outros, denominadas nesse estudo como “áreas antropizadas”.

Observa-se na área das bacias hidrográficas, que entre os anos de 1986 e 1997 a maior presença da classe de floresta encontrava-se na região norte/central das bacias estudadas, tendo sua área reduzida com o passar dos anos, apresentando entre os anos de 1997 e 2006 as alterações mais expressivas.

Analisando a Figura 4 também é possível afirmar que não há a presença de matas ciliares nas margens de todos os cursos de água, representados pela hidrografia mapeada, para o período de estudo uma vez que, ao comparar os mapas de uso e cobertura do solo a ocupação demonstra uma evidente tendência a ocorrer próxima aos rios.

Pouco se sabe sobre as reais causas que motivaram a abertura de grandes extensões de florestas de forma desordenada e intensa na Amazônia Legal, bem como a razão para a flutuação apresentada dos índices de desmatamento ano após ano.

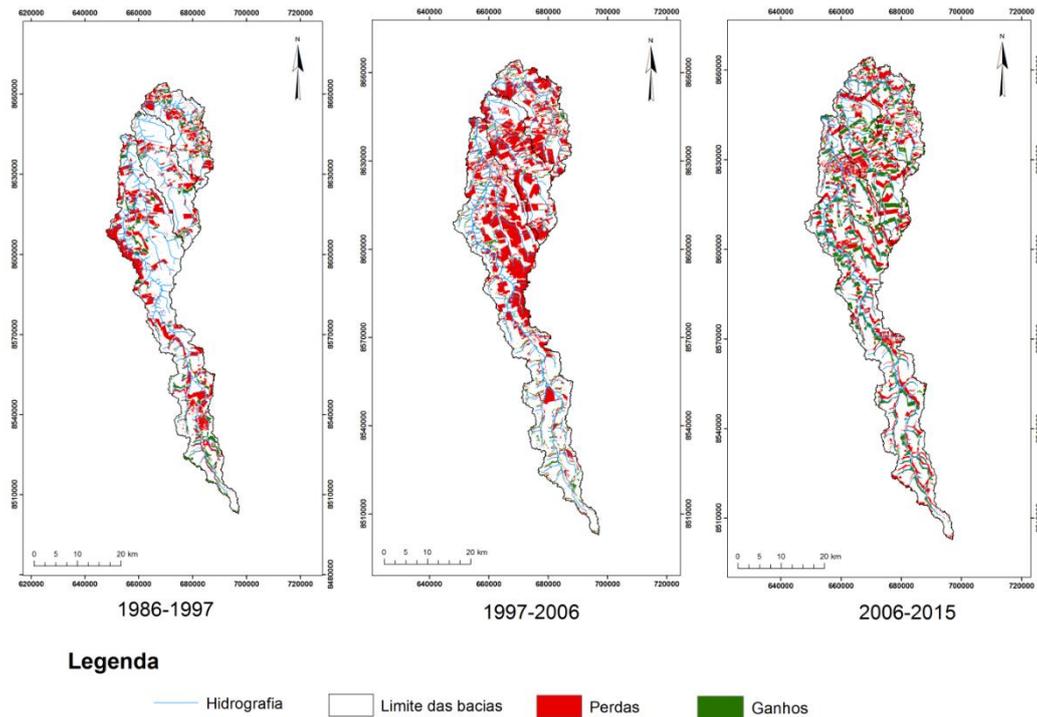
Autores como Geist & Lambin (2001) afirmam que as causas do desmatamento nas florestas tropicais não podem ser atribuídas a apenas um fator isolado longe disso, existem várias combinações de diversas variáveis que favoreceram a modificação das paisagens naturais e degradação ambiental, entre elas, a busca pelo crescimento econômico (Lopez, 1992; Stokey, 1998; Fearnside & Laurance, 2003), construção de estradas e rodovias (Pfaff, 1997; Sherril, 1999; Soares et al., 2005), assentamentos de reforma agrária (Luft, 2005), a pecuária em ampla proporção (Margulis, 2003; Castro, 2005), a ampliação da fronteira agrícola (Jaramillo & Kelly, 1999; Carvalho et al., 2001, ; Carvalho et al. 2002; Castro, 2005), incentivos e políticas governamentais (Margulis, 2003) e a densidade populacional (Andersen & Reis, 1997; Pfaff, 1997; Scricciu, 2007; Iglori, 2008).

Na Figuras 5, é possível observar a área total de ganhos e perdas para cada classe de uso e cobertura do solo, bem como avaliar a distribuição espacial dessas alterações durante esse período nas bacias hidrográficas.

Entre os anos de 1986 e 1997 ocorreram mudanças em 720 km² da área das bacias, representando 25% da área total.

Conforme a Figura 5, é possível afirmar que as transições da classe de floresta para de área antropizada, entre 1986 e 1997, foram expressivas, porém não tão intensas como no período subsequente (1997-2006). Foi observada para classe de floresta perda de 19% da área total (549 km²) e ganho de 6% (171 km²) a mesma proporção se dá para a classe de área antropizada.

Figura 5. Distribuição espacial das perdas e ganhos na cobertura do solo entre a classe de floresta para área antropizada nas bacias hidrográficas dos Rios Caiabi, Nandico e Celeste.



Fonte: Os autores.

Sugere-se que as alterações na cobertura do solo das bacias foram resultantes do processo de ocupação da Amazônia que ocorreu no início da década de 1970, promovido por políticas de colonização do Centro-Oeste, a chamada “Operação Amazônia” que tinha como objetivo integrá-la e transformá-la em produtiva, uma vez que era considerada como um “espaço desabitado” (Leite, 2009). Neste contexto, a abertura de rodovias, especialmente a BR-163 Cuiabá-Santarém (1971-1976), foi determinante para a eficiência nos projetos de colonização.

Luft (2005) pontua que a criação de rodovias foi realizada sem qualquer planejamento ou previsão de impactos físicos, ambientais, sociais e fundiários, permitindo a expansão humana, ocupação e apropriação irregular de terras. Até 2014, estimava-se que em todo país aproximadamente 100 milhões de hectares de terras eram griladas (Inkra, 2014).

Naquela época, já existiam políticas de restrições ao desmatamento como, por exemplo, o primeiro Código Florestal criado em 1934 pelo Decreto 23.793 e atualizado em 1965 (Lei nº 4.771), entretanto, a fiscalização era escassa, as multas leves e as penas apenas administrativas levando os ocupantes da região ao não cumprimento das medidas impostas.

Autores como Margulis (2003) e Castro (2005) citam ainda a pecuária como a

principal ação responsável pelos desmatamentos na Amazônia Brasileira. Cerca de 70% da área total desmatada até 1995 era utilizada por pastagens (Fearnside, 1993; Chomitz & Thomas, 2001).

Além da pecuária, o estabelecimento do cultivo de grãos favoreceu novos desmatamentos. A partir dos investimentos realizados em infraestrutura como a construção de estradas e rodovias e a inserção no mercado de exportações o cultivo agrícola, principalmente da soja, recebeu maior destaque (Nepstad et al., 2001; Nepstad et al., 2002). Da mesma maneira o setor madeireiro, em constante expansão, obteve notoriedade no processo de conversão de paisagens visto que possui um caráter precursor e representa uma fonte de capital que, geralmente, precede os outros tipos de uso da terra (Uhl et al., 1997).

Para o período entre 1997 e 2006 as alterações ocorridas nas áreas das bacias somaram 1.017,0 km², aproximadamente 35% da área total.

Neste período o aumento das taxas de desmatamento pode ser atribuído ao crescimento do mercado internacional de soja e de carne bovina, devido à demanda externa crescente por esses produtos, aliada aos bons preços oferecidos no mercado externo e aos incentivos do governo a exportação, estimulando o uso de áreas já consolidadas e a abertura de novas áreas para o cultivo de grãos e a expansão da pecuária para outras regiões da floresta, estimulando indiretamente o desmatamento (Barreto & Araújo, 2012).

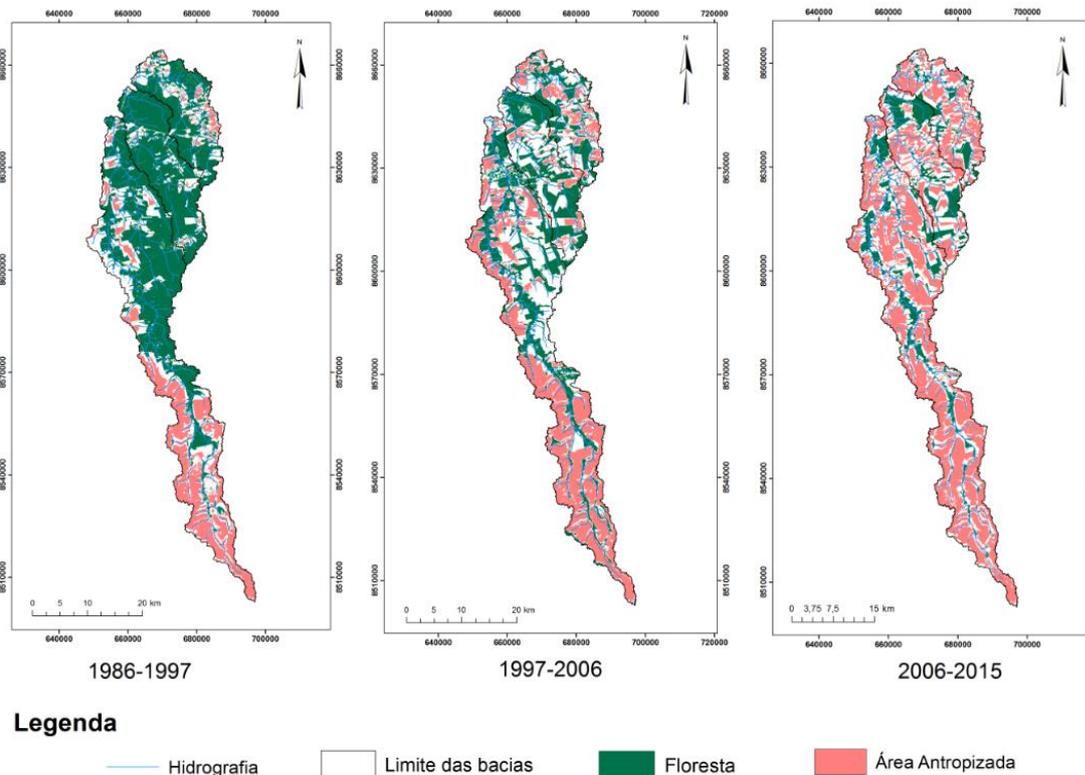
Entre 1998 e 2004, a área cultivada com soja no Mato Grosso subiu de 2,6 milhões de hectares para 5,2 milhões, sendo responsável por mais de 90% da produção da região. O total de cabeças de gado na Amazônia Legal passou de 37,8 milhões para mais de 65,7 milhões (IBGE, 2004). Apesar da desvalorização do real em 1999 e das crises econômicas, as exportações desses produtos passaram a participar efetivamente da economia do país, evoluindo do mercado nacional para o internacional, principalmente após a erradicação da febre aftosa (Alencar et al., 2004; Kaimowitz et al., 2004).

Fearnside & Laurance (2003) avaliaram a evolução do PIB nacional e as taxas de desflorestamento entre 1988 a 2001 e encontraram uma ligação positiva entre eles. Quanto maior a disponibilidade de capital nacional, maior era o número de investimentos na região que, conseqüentemente, requeriam a derrubada da vegetação.

A Figura 6 expõe a persistência para cada classe de uso e ocupação do solo, ou seja, a área das bacias destinada para cada classe que permaneceu inalterada quanto à ocupação do solo entre os períodos de 1986 - 1997, 1997 - 2006 e 2006 - 2015. Conhecer as persistências presentes nas áreas de interesse é fundamental para a manutenção das classes naturais como as de floresta, uma vez que depois de modificadas, por qualquer tipo de ação antrópica,

difícilmente voltarão a ser recompostas de forma espontânea.

Figura 6. Distribuição espacial das persistências entre as classes de uso e ocupação do solo (floresta e área antropizada) nas bacias hidrográficas dos Rios Caiabi, Nandico e Celeste.



Fonte: Os autores.

Para os primeiros anos do estudo (1986-1997) as persistências foram de 57% (floresta) e 18% (área antropizada) da área total da bacia, cerca de 1637 km² e 529 km², respectivamente. As porcentagens de persistências para classe de floresta declinaram constantemente nos anos seguintes, reduzindo ao final da análise 40% do seu total inicial. O inverso ocorre para classe de área antropizada com aumento de 31%, ao final do estudo.

Entre 1997 e 2006, anos que obtiveram as maiores transformações nas áreas e paisagens da região, a floresta obteve 31% (910 km²) e a área antropizada 959 km² (33%) de manutenção da área das classes.

No período 2006 a 2015, apenas 17% (480 km²) da classe de floresta permaneceu inalterada, assim como 1.410 km² (49%) da área antropizada.

A classe que apresentou a maior permanência durante o período de análise foi a de área antropizada (31% de aumento entre 1986 e 2015).

A persistência das classes de uso e ocupação do solo está diretamente relacionada à

influência das práticas de manejo adotado pelo homem no ambiente. As ações antrópicas delimitam e caracterizam o grau de dano causado aos ecossistemas, à sociedade e a economia, independentemente de serem positivas ou negativas, em busca de elevadas produtividades degradando os recursos naturais.

Ocupação e conflitos em Áreas de Preservação Permanente (APPs)

O Código Florestal Brasileiro (Lei nº. 12.651/2012) estabelece as áreas de preservação permanente como áreas protegidas com a presença de vegetações nativas ou não, nas margens de qualquer curso d'água, nascentes, lagos, encostas, manguezais, restingas, veredas, entre outros, conforme legislação vigente. Este princípio garante o controle de erosões pela proteção do solo, redução da susceptibilidade a enchentes, preservação dos recursos hídricos, das paisagens, confere estabilidade geológica, proteção da biodiversidade, facilita o fluxo gênico de flora e fauna e promove o bem-estar das populações humanas.

Para o ano de 1986, do total de 106,7 km² de área de APPs, 86% eram ocupadas pela classe de floresta e 14,5 km² (14%) estava sendo ocupada pela classe de área antropizada, caracterizando a presença de intervenções humanas. Conforme citado anteriormente grande parte dessa ocupação e mudanças do estado natural das paisagens deve-se, além de outros fatores, ao processo de ocupação do Estado nas décadas de 60 e 70, promovidos pelo governo por meio de incentivos oficiais a fim de integrar a Amazônia ao cenário nacional.

Historicamente a ocupação humana se dá às margens de rios ou córregos. Segundo Gorski (2010), no Brasil a maioria dos cursos de água localizados próximos a centros urbanos ou a áreas com presença de atividades humanas sofreram processo de degradação, principalmente após a década de 1950.

Segundo Carneiro & Miguez (2011), são raros os casos em que as práticas de ocupação consideram os limites das bacias hidrográficas onde se encontram, gerando impactos ao meio ambiente, ocupação desordenada e inadequada do solo e, conseqüente, exaustão dos recursos naturais, principalmente dos cursos de água.

A presença da classe de área antropizada passou de 14,5 km² em 1986 para 73,3 km² (69% da área total de APPs) em 1997 e permaneceu alta em 2006 ocupando 60,5 km².

Em 1997 e 2006 a ocupação nas áreas de preservação permanente apresentou uma expressiva elevação, onde foram encontradas as maiores taxas de desmatamento no Estado de Mato Grosso, chegando a atingir seu máximo valor em 2004 (11.814,0 km²).

Nesse mesmo sentido a ocupação das áreas de proteção pela classe de floresta obteve

diminuição de 55% entre os anos de 1986 e 1997, recuperando aproximadamente 12% de sua área em 2006.

Grande parte dessas modificações ocorridas no entorno das bacias hidrográficas, neste período, foi atribuída a fatores como o aumento dos preços de produtos e serviços, nos mercados nacionais e internacionais provenientes das culturas agrícolas e da pecuária, que estimularam a o uso intenso de áreas já abertas e a conversão de novas áreas, conforme autores já citados anteriormente.

Entretanto, Oliveira & Perez Filho (1993) ressaltam que o cultivo de culturas agrícolas em áreas próximas as nascentes de rios podem contaminar os cursos de água e depósitos de abastecimento para as populações, quando utilizados fertilizantes, adubos e defensivos nas plantações.

Assim pode-se atribuir ao uso indiscriminado dos solos e recursos naturais, bem como aos dados alarmantes obtidos nos monitoramentos do Governo Federal, que ações, planos e projetos foram desenvolvidos como tentativas de minimizar os efeitos deletérios das atividades humanas sobre as populações e ecossistemas.

Autores como Garcia (2012) citam ainda que um dos possíveis fatores responsáveis para as oscilações encontradas nas paisagens naturais é a legislação brasileira. Para muitos é vista como uma das mais desenvolvidas do mundo, contudo nem sempre é aplicada de forma adequada e conforme a necessidade de conservação do meio ambiente, influenciando a qualidade de vida de todas as populações.

Dos 106,55 km² de área total de APPs, 90,03 km² foram encontrados na classe de floresta em 2015. Aumento de 41% em relação ao ano anterior de análise (2006). Dados como estes permitem comparar a ocupação da área total das bacias hidrográficas à ocupação presente nas áreas de preservação permanente, uma vez que na análise realizada para a transição dos anos entre 2006 a 2015, os valores de desmatamentos obtiveram redução significativa ao mesmo tempo em que a classe de floresta obteve seus maiores ganhos.

O ideal e designado por lei é que a área total destinada a APPs sejam mantidas inalteradas, de preferência naturais ou, em últimos casos, reflorestadas, para que suas funções de manutenção do equilíbrio hidrológico, manutenção da qualidade e quantidade da água nos rios, estabilização de encostas, controle e formação de barreira contra o desprendimento de sedimentos e aporte de nutrientes e produtos químicos nos cursos de água, seja cumprido (Andrade & Romero, 2005).

Assim mudanças positivas como as observadas entre 2006 e 2015 estão longe de serem as ideais, porém refletem o provável sucesso encontrado por meio do aumento das

práticas de fiscalização, leis, planos, projetos e metas estipuladas pelo governo brasileiro, conforme discutido anteriormente, para a redução dos impactos gerados ao meio ambiente.

4. Considerações Finais

A partir dos resultados foi possível concluir que:

- A cobertura do solo nas bacias dos rios Caiabi, Nandico e Celeste variou expressivamente entre os anos de 1986 e 2015.
- De um total de 2.886,0 km² a classe de floresta perdeu 44% de sua área e a classe de área antropizada obteve ganho de 44%, quando comparados à presença das classes no ano inicial e final do estudo (1986 – 2015).
- Entre 1986 e 1997 ocorreram mudanças em 720 km² da área das bacias.
- A maior mudança em termos de área foi percebida na transição entre os anos de 1997 e 2006, somando 1017,0 km².
- Já para o período entre 2006 e 2015, foram 996 km² de mudanças na área, apresentando o maior ganho para classe de floresta durante o estudo.
- A classe que apresentou maior persistência foi a de área antropizada com cerca de 31% de aumento entre 1986 e 2015.

Para as Áreas de Preservação Permanente os dados apontam conflitos na ocupação do solo.

- A área total calculada para as APPs foi de 106,7 km², nos quais 86% estavam ocupados pela classe de floresta para o ano de 1986.
- O maior conflito visual entre as classes de uso do solo foi observado no ano de 1997, onde foram encontrados 55% de redução da área de floresta inicial.
- E, assim como para as mudanças na área das bacias, entre 2006 e 2015 a classe de floresta em áreas de APPs apresentou maior ganho entre todo período analisado, 41% em relação ao ano anterior (2006).

Referências

Anderson, L. O., Shimabukuro, Y. E., DeFries, R., Morton, D., Espírito-Santo, F., Jasinsky, E., Hansen, M., Lima, A., & Duarte, V. (2005, abril). Utilização de dados multitemporais do sensor MODIS para o mapeamento da cobertura e uso da terra. *Anais do XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Goiânia, GO, Brasil, 12.

Andersen, L. E., & Reis, E. J. (1997). *Deforestation, Development, and Government Policy in the Brazilian Amazon: An Econometric Analysis*: Texto para Discussão n. 513. Rio de Janeiro: IPEA.

Alencar, A., Nepstad, D., McGrath, D., Moutinho, P., Pacheco, P., Diaz, M. D. C. V., & Soares Filho, B. (2004). *Desmatamento na Amazônia: indo além da emergência crônica*. Belém: Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia. 89 p.

Andrade, L. M. S., & Romero, M. A. B. A. (2005). Importância das áreas ambientalmente protegidas nas cidades. *Anais do XI Encontro nacional de pós-graduação e pesquisa em planejamento urbano e regional–ANPUR*, Salvador, BA, Brasil, 11.

Barreto, P., & Araújo, E. (2012). *O Brasil atingirá sua meta de redução do desmatamento?* Belém: Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia. 54 p.

Barrella, W., Petreire, J. M., Smith, W. S., & Montag, L. F. A. (2001). As relações entre as matas ciliares os rios e os peixes. In: Rodrigues, R. R., & Leitão Filho; H. F. (Eds.) *Matas ciliares: conservação e recuperação* (pp.187-207). São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo.

Lei n. 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e da outras providências. Recuperado de http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm.

Candido, H. G. (2008). *Degradação Ambiental da Bacia Hidrográfica do rio Uberaba-MG* (Tese de doutorado). Faculdades de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista - UNESP, Jaboticabal, SP, Brasil.

Carvalho, G., Barros, A. C., Moutinho, P., & Nepstad, D. (2001). Sensitive development could protect Amazonia instead of destroying it. *Nature*, 409, 131.

Carvalho, G., Nepstad, D., Mcgrath, D., Diaz, M. C., Santilli, M., & Barros, A. C. (2002). Frontier expansion in the Amazon, balancing development and sustainability. *Environment*, 44(3), 34-45.

Carneiro, P. R. F., & Miguez, M. G. (2011). *Controle de inundações em bacias hidrográficas metropolitanas*. São Paulo: Annablume. 300 p.

Castro, E. (2005). Dinâmica socioeconômica e desmatamento na Amazônia. *Novos Cadernos NAEA*, 8(2), 5-39.

Cáuper, G. C. B. (2006). *Biodiversidade amazônica-Volume 1*. Manaus: Centro cultural dos Povos da Amazônia. 163 p.

Chomitz, K. M., & Thomas, T. S. (2001). *Geographic patterns of land use and land intensity in the Brazilian Amazon*. Washington, D.C.: World Bank.

Fearnside, P. M., & Laurance, W. F. (2003). Comment on Determination of deforestation rates of the world's humid tropical forests. *Science*, 299, 1015.

Ferreira, A. B., Santos, C. R., Brito, J. L. S. Rosa, R. (2005). Análise comparativa do uso e ocupação do solo na área de influência da Usina Hidrelétrica Capim Branco I a partir de técnicas de geoprocessamento. *Anais do XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Goiânia, GO, Brasil, 12.

Florenzano, T. G. (2002). *Imagens de Satélite para Estudos Ambientais*. São Paulo: Oficina de Textos. 97 p.

Garcia, Y. M. (2012). O Código Florestal Brasileiro e suas mudanças no Congresso Nacional. *Revista GeoAtos*, 1(12), 54-74.

Geist, H. J., & Lambin, E. F. (2001). *What drives tropical deforestation?* Louvain-la-Neuve: International Project Office. 116p.

Gorski, M. C. B. (2010). *Rios e Cidades: Ruptura e Reconciliação*. São Paulo: Editora SENAC.

Iglioni, D. C. (2008). *Deforestation, Growth and Agglomeration Effects: Evidence from Agriculture in the Brazilian Amazon*. Cambridge: University of Cambridge - Department of Land Economy. Recuperado de <http://ideas.repec.org/p/wiw/wiwrsa/ersa06p719.html>.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2004). *Censo agropecuário*. Recuperado de <http://www.ibge.gov.br/estadosat/temas.php?sigla=mt&tema=pamclo2007>.

INCRA. (2014). *Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária*. Recuperado de <http://www.incra.gov.br>.

Jaramillo, C. F., & Kelly, T. (1999). *Deforestation ad Property Rights in forest Resource Policy in Latin America*. Washington, D.C.: Inter-American Development Bank. Recuperado de <http://idbdocs.iadb.org/wsdocs/getdocument.aspx?docnum=359769>.

Kaimowitz, D., Mertens, B., Wunder, S., & Pacheco, P. (2004). *Hamburger connection fuels Amazon destruction: Cattle ranching and deforestation in Brazil's Amazon*. Bogor, Indonésia: Center for International Forestry Research. 10 p.

Landis, J. R., & Koch, G. G. (1977). The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, 33, 159-75.

Leite, I. G. (2009). Colonização do norte de Mato Grosso: progresso e movimento de emancipação. *Anais do IV Congresso Internacional de História*, Maringá, PR, Brasil, 4.

Lopez, R. (1992). Environmental Degradation and Economic Openness in LDCs: The Poverty Linkage. *American Journal of Agricultural Economics*, 74(5), 1138-1143.

Luft, S. (2005). *Jornalismo, Meio Ambiente e Amazônia: os desmatamentos nos jornais*. São Paulo: Annablume. 120 p.

Margulis, S. (2003). *Causas do Desmatamento da Amazônia Brasileira*. Brasília: Banco Mundial.

Mendes, C. A. B., & Cirilo J. A. (2001). *Geoprocessamento em recursos hídricos: princípios, integração e aplicação*. Porto Alegre: ABRH. 536 p.

Moreira, A. M. (2008). *Estudo comparativo do uso da terra em unidades de produção familiar no Nordeste* (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal do Pará, Belém, PA, Brasil.

Moreira, T. R., Santos, A. R., Dalfi, R. L., Campos, R. F., Santos, G. M. A. D. A., & Eugenio, F. C. (2015). Confronto do uso e ocupação da terra em APPs no Município de Muqui, ES. *Floresta e Ambiente*, 22(2), 141-152.

Nascimento, T. V., & Fernandes, L. L. (2017). Mapeamento de uso e ocupação do solo em uma pequena bacia hidrográfica da Amazônia. *Ciência e Natura*, 39(1), 170-178.

Nepstad, D., Carvalho, G., Barros, A. C., Alencar, A., Capobianco, J. P., Bishop, J., Moutinho, P., Lefebvre, P., Silva Jr., U., L., & Prins, E. (2001). Road paving, fire regime feedbacks, and the future of Amazon forests. *Forest Ecology and Management*, 154, 395-407.

Nepstad, D., McGrath, D., Alencar, A., Barros, A. C., Carvalho, G., Santilli, M., Diaz, & M. C. V. (2002). Frontier governance in Amazonia. *Science*, 295, 629-630.

Oliveira, P. S. G., & Perez Filho, A. (1993). Aplicação da fotografia aérea na recomposição da mata ciliar em bacias hidrográficas. *Anais do Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola*, Ilhéus, BA, Brasil.

Prado, R. B., Novo, E. M. L. M., & Pereira, M. N. (2007). Avaliação da dinâmica do uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica de contribuição para o reservatório de Barra Bonita SP. *Revista Brasileira de Cartografia*, 59(2), 127-135.

Pfaff, A. S. P. (1997). *What Drives Deforestation in the Brazilian Amazon?* Washington, DC: World Bank. 56 p.

Rosa, R. (2007). *Introdução ao sensoriamento remoto*. Uberlândia: EDUFU. 248 p.

Santos, A. F., & Cardoso, L. G. (2007). Evolução do uso da terra, da microbacia do Ribeirão Faxinal, Botucatu-SP, através de fotografias aéreas. *Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Florianópolis, Brasil, 13.

Soares-Filho, B. S., Nepstad, D. C., Curran, L., Cerqueira, G. C., Garcia, R. A., Ramos, C. A., Voll, E., McDonald, A., Lefebvre, P., Schlesinger, P., & McGrath, D. (2005). Cenários de desmatamento para a Amazônia. *Estudos Avançados*, 19(54), 137-152.

Stokey, N. (1998). Are There Limits to Growth?. *International Economic Review*, 39(1), 1-31.

Scrieciu, S. S. (2007). Can Economic Causes of Tropical Deforestation be Identified at a Global Level?. *Ecological Economics*, 62(3-4), 603-612.

Sherril, E. I. (1999). Padrões de Uso do Solo, Desmatamento na Amazônia e seus Impactos Globais: Um modelo Econômico-Ecológico de Dinâmica Regional. *Anais do III Encontro da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica*, Recife, Brasil, 3.

Tucci, C. E. M. (1997). *Hidrologia: ciência e aplicação*. Porto Alegre: ABRH. 944 p.

Uhl, C., Barreto, P., Veríssimo, A., Vidal, E., Amaral, P., Barros, A. C., Johns, J., & Gerwing, J. (1997). Natural Resource Management in the Brazilian Amazon An integrated research approach. *BioScience*, 47(3), 160-168.

Vaeza, R. F., Oliveira Filho, P. C., Maia, A. G., & Disperati, A. A. (2010). Uso e ocupação do solo em bacia hidrográfica urbana a partir de imagens orbitais de alta resolução. *Floresta e Ambiente*, 12(1), 23-29.

Vieira, C. A. O. (2000). *Accuracy of remotely sensing classification of agricultural crops: a comparative study* (Tese de Doutorado). University of Nottingham, Nottingham.

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Denise Aline Wenzel – 35%

Marionei Fomaca de Sousa Junior – 25%

Eduardo Morgan Uliana – 20%

Múcio André dos Santos Alves Mendes – 20%