



Dinâmica Espaço-Temporal da Cobertura e Uso do Solo em Unidades de Conservação no Norte de Minas Gerais, Brasil, entre 1986 e 2015

Maria das Dores Magalhães Veloso¹, Maria Carolina Oliva Brasil², Raul de Magalhães Filho³, Marcos Esdras Leite⁴, Leidivan Almeida Frazão⁵, Jairo Wilson Viana da Silva⁶ & Mário Marcos do Espírito Santo¹

Recebido em 15/08/2021 – Aceito em 06/12/2021

- ¹ Universidade Estadual de Montes Claros/Departamento de Biologia Geral/Programa de Pós-Graduação em Botânica Aplicada, Brasil. <doraveloso13@gmail.com, marioesanto@gmail.com>.
- ² Universidade Estadual de Montes Claros/Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade de Uso dos Recursos Naturais, Brasil. <olivacarolinam@gmail.com>.
- ³ Universidade Estadual de Montes Claros/Programa de Pós-Graduação em Geografia, Brasil. <rauldemagalhaesf@gmail.com>.
- ⁴ Universidade Estadual de Montes Claros/Departamento de Geociências, Brasil. <marcosesdrasleite@gmail.com>.
- ⁵ Universidade Federal de Minas Gerais/Instituto de Ciências Agrárias, Brasil. <lafraza@ica.ufmg.br>.
- ⁶ Delta Sucroenergia S/A, Brasil. <jairowilson12@yahoo.com.br>.

RESUMO – A implantação de unidades de conservação é uma das principais estratégias para a conservação da biodiversidade em todo mundo, sendo constatada sua importância na contenção da conversão de *habitats* naturais. Porém há grande variação na dinâmica espacial dessas áreas. Nesta perspectiva, este estudo teve como objetivo determinar a ocorrência e intensidade de mudanças no uso e cobertura do solo em unidades de conservação (UCs) de proteção integral e uso sustentável, entre os anos de 1986, 2000 e 2015, usando o norte de Minas Gerais como estudo de caso. O desenvolvimento de tal estudo foi possível devido ao uso de imagens de satélites Landsat, e o emprego de técnicas de sensoriamento remoto e inteligência artificial, como a árvore de decisão, para elaboração dos mapas de uso e cobertura do solo. Foram calculados os valores de uso e cobertura e feito o balanço de área em ambiente SIG. Os resultados indicam que a área desmatada foi maior entre 1986-2000 (55,40km²) antes da implementação da maioria das UCs. Foi possível constatar grandes perdas de cobertura de Floresta Estacional Decidual e ganhos em cobertura por Cerrado. As áreas protegidas no Norte de Minas Gerais, em sua maioria, têm cumprindo seu papel na proteção dos recursos naturais, auxiliando na contenção do desmatamento e promovendo a regeneração natural. Entretanto, é necessário um monitoramento a longo prazo com emprego de técnicas de Sensoriamento Remoto que possibilitam constantes atualizações dos cenários terrestres e fornecimento de informações atualizadas para a fiscalização e desenvolvimento de projetos de educação ambiental.

Palavras-chave: Cerrado brasileiro; áreas protegidas; SIG; sensoriamento remoto.

Spatio-temporal Dynamics of Land Use/Land Cover in Protected Areas in Northern Minas Gerais, Brazil, between 1986 and 2015

ABSTRACT – The implementation of protected areas has been one of the main strategies for biodiversity conservation worldwide, and its importance in preventing the conversion of natural habitats has been confirmed. However, there is great variation in the effectiveness of these areas. In this perspective, this study aimed to determine the occurrence and intensity of changes in land use and cover in protected areas (PAs) of restricted use (integral protection) and sustainable use, between the years 1986, 2000 and 2015, using the northern Minas Gerais region as a case study. Remote sensing and GIS were used to map land use and land cover. Subsequently, the usage and coverage values were calculated and the area balance was calculated. The results indicate that the area deforested was greater between 1986-2000, before the implementation of most PAs. It was possible to verify large losses of coverage by Deciduous Seasonal Forest and gains in coverage by Cerrado. Most protected

areas in northern Minas Gerais have fulfilled their role in protecting natural resources, helping to contain deforestation and promoting the regeneration of natural vegetation. However, long-term monitoring is needed, using increasingly Remote Sensing techniques that allow constant updates of terrestrial scenarios and the provision of updated information for law enforcement and development of more efficient environmental education projects.

Keywords: Brazilian savanna; protected areas; GIS; remote sensing.

Dinâmica Espaço-temporal de la Cobertura y Uso del Suelo en Áreas Protegidas del Norte de Minas Gerais, Brasil, entre los Anos de 1986 y 2015

RESUMEN – La implementación de unidades de conservación es una de las principales estrategias para la conservación de la biodiversidad en el mundo, y se ha confirmado su importancia para contener la conversión de hábitats naturales. Sin embargo, existe una gran variación en la dinámica espacial de estas áreas. En esta perspectiva, este estudio tuvo como objetivo determinar la ocurrencia e intensidad de cambios en el uso y cobertura del suelo en áreas protegidas (APs) de uso restricto (protección integral) y de uso sostenible, entre los años 1986, 2000 y 2015, utilizando el norte de Minas Gerais como un estudio de caso. El desarrollo de dicho estudio fue posible gracias al uso de imágenes satelitales Landsat y al uso de técnicas de percepción remota e inteligencia artificial, como el árbol de decisiones, para la preparación de mapas de uso y cobertura del suelo. Se calcularon los valores de uso y cobertura y se realizó el balance de áreas utilizando técnicas de Sistemas de Información Geográfica (SIG). Los resultados indican que el área deforestada fue mayor entre 1986-2000 (55.40km²) antes de la implementación de la mayoría de las APs. Fue posible verificar grandes pérdidas y ganancias de cobertura estacional de bosques caducifolios en la cobertura del Cerrado. Las APs en el norte de Minas Gerais, en su mayor parte, han estado cumpliendo su función de proteger los recursos naturales, ayudar a contener la deforestación y promover la regeneración natural. Sin embargo, se requiere un monitoreo a largo plazo mediante técnicas de teledetección que permitan la actualización constante de los escenarios terrestres y el suministro de información actualizada para la inspección y desarrollo de proyectos de educación ambiental.

Palabras clave: Cerrado brasileño; áreas protegidas; SIG; teledetección.

Introdução

A atividade humana é uma das principais causas da mudança ambiental contemporânea em todo o mundo (Steffen *et al.*, 2007; Rockström *et al.*, 2009; Lewis & Maslin, 2015). O crescente aumento populacional, bem como o aumento do consumo per capita, têm levado à degradação dos ecossistemas e ao declínio da biodiversidade global (Foley *et al.*, 2005; Brose & Hillebrand, 2016). Nesta perspectiva, as mudanças no uso do solo estão entre os impactos humanos mais abrangentes, com consequências complexas diretas e subjacentes, em escalas espaciais e temporais, afetando a integridade dos ecossistemas e sua capacidade de fornecer serviços ecossistêmicos essenciais (Crowther *et al.*, 2015; Quintas-Soriano *et al.*, 2016). Estudos mostram, ainda, que esse processo de conversão do uso do solo não apenas reduz os fluxos de energia, como também diminui

a fertilidade e aumenta os processos erosivos do solo (Barnes *et al.*, 2014; Allen *et al.*, 2015; Guillaume *et al.*, 2015).

A detecção da mudança da cobertura terrestre utilizando o sensoriamento remoto, tanto em escala espacial como temporal, é uma valiosa ferramenta na avaliação da biodiversidade e no gerenciamento de recursos naturais (Turner *et al.*, 2003; Leimgruber *et al.*, 2005). Neste contexto, o estudo da dinâmica da cobertura vegetal, através da análise de dados de satélite multitemporais, pode oferecer estimativas da cobertura florestal assim como, as taxas de conversão, o desmatamento e a regeneração, fundamentais para estruturar políticas de gestão e formular estratégias sustentáveis para conservação (Tucker & Townshend, 2000; Lin *et al.*, 2017).

Em se tratando da conservação de ecossistemas naturais, houve um avanço no



Brasil no que se refere aos biomas florestais, como Amazônia e Mata Atlântica. Em contraste, os ecossistemas savânicos como o Cerrado (Lehmann *et al.*, 2011; Aleman & Staver, 2018) foram negligenciados, apesar de sua grande extensão territorial e altos níveis de biodiversidade (Overbeck *et al.*, 2015). O Cerrado é o segundo maior bioma brasileiro, com aproximadamente 207 milhões de hectares. No entanto, cerca de metade de sua área original foi transformada em pastagens plantadas, culturas anuais e outros tipos de uso (Klink & Machado, 2005; Padovesi-Fonseca *et al.*, 2015). Como decorrência do processo de uso e ocupação do solo, o Cerrado tem passado por um acelerado processo de degradação ambiental, com a degradação dos solos (Klink & Machado, 2005), fragmentação da paisagem (Aquino & Miranda, 2008; Carvalho *et al.*, 2009), e consequente perda de *habitat* natural (IBAMA, 2015).

A implantação de áreas protegidas tem sido uma das principais estratégias para conservação da biodiversidade em todo mundo (Margules & Pressey, 2000; Leverington *et al.*, 2010). Entretanto, diversos estudos têm demonstrado que as áreas protegidas não estão alocadas no ambiente de maneira aleatória ou em hotspots de riqueza ecológica, mas sim em terras remotas, de baixo valor econômico, que não são viáveis para o desenvolvimento de atividades humanas como agropecuária, onde, mesmo na ausência de proteção pela restrição de uso, sofreriam poucas alterações (Margules & Pressey, 2000; Joppa & Pfaff, 2009; Venter *et al.*, 2014).

A análise da dinâmica de uso e cobertura do solo de áreas protegidas tem sido objeto de diversos estudos em escalas locais, regionais e globais, discutindo a eficácia dessas áreas segundo suas estratégias de gerenciamento, políticas públicas locais e regionais, localização geográfica, categoria de restrição de uso e contextos sociais e econômicos envolvidos (Mas, 2005; Andam *et al.*, 2008; Leverington *et al.*, 2010). No Brasil, no que se refere ao bioma Cerrado, estudos têm revelado a importância das unidades de conservação na contenção da conversão de *habitats* naturais, porém há variação na eficácia dessas áreas quanto ao seu tamanho, grupo de restrição e a esfera governamental a qual pertencem (Carranza *et al.*, 2013; Salmona *et al.*, 2014; Françoso *et al.*, 2015; Paiva *et al.*, 2015; Clemente *et al.*, 2020).

Nesta perspectiva, o presente estudo teve como objetivo de analisar a dinâmica espaço-temporal da cobertura do uso do solo em Unidades de Conservação (UCs), em diferentes categorias, entre os anos de 1986 e 2015, usando a mesorregião norte de Minas Gerais como um estudo de caso. Nessa região, há uma grande concentração de UCs em diferentes categorias de restrição de uso (proteção integral x uso sustentável), uma grande diversidade de formações vegetais e extensas áreas utilizadas para agropecuária, fazendo desta, um cenário ideal para este estudo. Neste sentido, espera-se responder as seguintes perguntas: (1) Há variação nas taxas de desmatamento entre anos de 1986-2000-2015? (2) entre grupos de restrição de uso de unidades de conservação, proteção integral *versus* uso sustentável? (3) e entre as formações vegetais naturais de Cerrado e Floresta Estacional Decidual?

Material e Métodos

Área de estudo

Á área de estudo compreende dez Unidades de Conservação, localizadas nos municípios de Januária, Bonito de Minas, Cônego Marinho, Itacarambi, Montalvânia e Chapada Gaúcha, na Mesorregião Norte de Minas Gerais, localizados na margem esquerda do rio São Francisco (Figura 1). Os rios que drenam a área de estudo podem ser divididos em três importantes sub bacias do São Francisco: as bacias dos rios Pandeiros e Peruaçu, que desaguam diretamente no São Francisco e; a bacia do rio Carinhanha, que apesar de ter a sua foz na Bahia, tem como tributários os rios mineiros Cochá e Gibão.

A mesorregião Norte de Minas tem um total de 48 unidades de conservação cobrindo 21.728 km², nas esferas federal, estadual e municipal (IDE-Sisema, 2018). Essas áreas de proteção possuem uma importância ímpar na conservação do Cerrado e das Matas Secas da região, além de proteger o complexo de Veredas presentes nestas unidades. O presente estudo analisou dez unidades de conservação, em quatro diferentes categorias de preservação, totalizando uma área de 8.760 km² (Tabela 1).

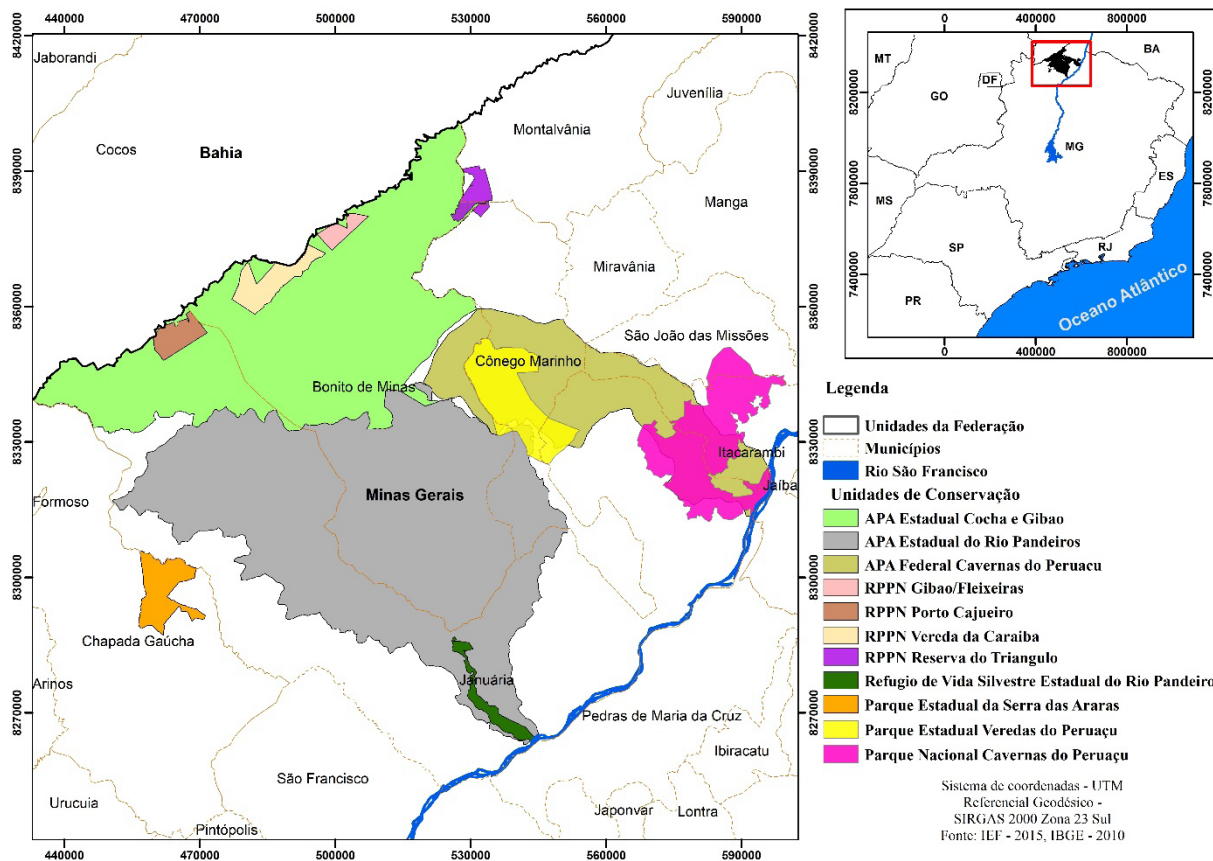


Figura 1 – Mapa de localização das dez unidades de conservação utilizadas no presente estudo no Norte de Minas Gerais, Brasil. Fonte: os autores.

Tabela 1 – Informações das Unidades de Conservação (UCs) em estudo no norte de Minas Gerais, Brasil.

Tipo	Nome da unidade	Área (km²)	Uso	Administração	Ano de criação
APA	Cochá e Gibão	3.040,87	US	Estadual	2004
APA	Rio Pandeiros	4.086,99	US	Estadual	1995
APA	Cavernas do Peruaçu	1.234,16	US	Federal	1989
PAR	Serra das Araras	145,75	PI	Estadual	1998
PAR	Veredas do Peruaçu	334,84	PI	Estadual	1994
RPPN	Vereda da Caraiba	112,17	US	Estadual	2012
RPPN	Gibão/Fleixeiras	37,58	US	Estadual	2008
RPPN	Porto Cajueiro	69,31	US	Estadual	2005
RPPN	Reserva do Triângulo I	59,49	US	Estadual	2008
RVS	Rio Pandeiros	65,82	PI	Estadual	2004

APA = Área de Proteção Ambiental; PAR = Parque; RPPN = Reserva Particular do Patrimônio Natural; RVS = Refúgio de Vida Silvestre; US = Uso sustentável; PI = Proteção Integral. Fonte: Adaptado de IDE-Sisema, 2018.

Quanto aos aspectos climáticos, a região caracteriza-se como semiúmido, com temperaturas médias de 18°C em todos os meses, precipitação anual de 963 a 1076 mm sendo que, de quatro a seis meses do ano, são marcados pelo período de estiagem (INMET, 2018). De acordo com a base cartográfica de geomorfologia do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2019), o relevo, no sentido norte a sul, é destacado por um conjunto de chapadas do São Francisco, cercadas pelos patamares do rio São Francisco, cobertos por sedimentos arenosos e argilosos com cascalhos. As terras mais baixas da depressão do médio São Francisco, que se estende até as planícies fluviais e fluvioacastres, encontram-se cobertas por sedimentos argilocarbonatos, com baixo grau de metamorfismo. No tocante aos solos, há um predomínio dos Latossolos Vermelhos Amarelos e Neossolos Quartzarênicos Órticos. Nas áreas próximas às planícies fluviais ocorrem os Neossolos Flúvicos, e nas áreas de Veredas, o Gleissolo Melânico e Gleissolo Háplico (UFV-CETEC-UFLA-FEAM, 2010).

Obtenção, processamento das imagens, classificação

A pesquisa utilizou as imagens dos satélites Landsat 5 (TM), para os anos de 1986 e 2000 e o Landsat 8 (OLI), para o ano de 2015. Tais imagens foram adquiridas gratuitamente no site do United States Geological Survey – USGS (Serviço Geológico dos Estados Unidos). As cenas utilizadas foram adquiridas no período seco, de junho a setembro. Este período permite maior diferenciação dos vários tipos de vegetação que ocorre na área de estudo. Uma vez que as áreas de floresta decidual neste período apresentam forte influência do solo em sua resposta espectral, tornando-se assim divergente as respostas espectrais do cerrado e mata ciliar. Outro ponto importante é a cobertura de nuvens quase inexistente neste intervalo temporal (Ratana *et al.*, 2005; Rocha *et al.*, 2020).

As imagens estão localizadas na órbita 219 pontos 71\72, e 220 pontos 71\72. As bandas escolhidas para o estudo foram, Azul (0.450 - 0.51 μ m), Verde (0.53 - 0.59 μ m), Vermelho (0.64 - 0.67 μ m), Infravermelho Próximo (0.85 - 0.88 μ m), Infravermelho Médio 1 (1.57 - 1.65 μ m) e Infravermelho Médio 2 (2.11 - 2.29 μ m). Após a aquisição das imagens, o processamento digital

foi realizado no *software* ENVI 5.3 na seguinte ordem: empilhamento de bandas, correção geométrica das imagens Landsat 5 utilizando as imagens Landsat 8 como referência espacial e, por fim, o mosaico e recorte das imagens seguindo os limites extremos da Unidades de Conservação. O presente estudo optou por trabalhar as imagens em número digital de cinza, desta maneira não foi realizado correção atmosférica.

Em seguida, coletou-se amostras de treinamento das classes previamente estabelecidas: Cerrado, Floresta Estacional Decidual, Cultivo/Silvicultura e Outros. A classe “Outros” foi formada por pastagens, áreas queimadas, solo exposto e demais usos antrópicos. Estas amostras de treinamento foram obtidas com base nas técnicas de Sensoriamento Remoto, que considera a resposta espectral dos *pixels*, podendo ser uma análise das bandas isoladamente ou pela combinação das mesmas em diferentes canais multiespectrais, sendo fundamental considerar o conhecimento de campo da área mapeada (Florenzano, 2011).

O método adotado para gerar o mapeamento de uso e ocupação do solo foi a árvore de decisão no *software* ENVI, um algoritmo que atende a ideia de inteligência artificial e se baseia no treinamento a ele aplicado, para poder apresentar a hipótese mais coerente. Tendo como base o treinamento das amostras espectrais é dado rótulos de valores a cada classe e, com isto, é retornado uma resposta booleana que será sempre positiva ou negativa. Desta forma, o algoritmo detecta os padrões da imagem e a classifica (Lawrence *et al.*, 2004). A partir da obtenção dos dados de desmatamento, por meio dos polígonos de antropismo extraídos dos mapas de uso e ocupação do solo estimou-se a densidade do evento no interior das unidades de conservação aplicando o estimador de densidade Kernel no *software* ArcGIS 10.2.

Por fim, os dados matriciais foram convertidos para vetores e suas áreas calculadas em quilômetros quadrados (km²) e depois fragmentados para cada unidade de conservação. A tabela de atributos dos vetores foi exportada para o *software* Microsoft Excel, onde se realizou o balanço de área para cada classe de uso, em relação ao ano mapeado e unidade de conservação a qual pertence. Além do cálculo de área para cada classe mapeada, foi calculado também a área de regeneração da vegetação natural entre os anos

de estudo, aqui sendo considerada regeneração, a razão entre o aumento de áreas das classes de vegetação em relação a diminuição da classe Outros do ano anterior.

Resultados e Discussão

A partir da análise do uso e cobertura do solo das unidades de conservação foi possível observar alterações na paisagem natural ao

longo dos anos (Tabela 2). De maneira geral, as alterações ocorreram predominantemente em áreas de relevo plano e levemente ondulado, e próximo aos corpos d'água, onde os solos tendem a apresentar melhores condições para a agricultura e a pecuária, e conseqüentemente para o estabelecimento humano (Figura 2). O mesmo foi observado por Vilela *et al.* (2009), na região de Rio Pardo, Minas Gerais, onde o maior nível de antropização ocorreu nas áreas definidas como baixadas próximas à rede de drenagem.

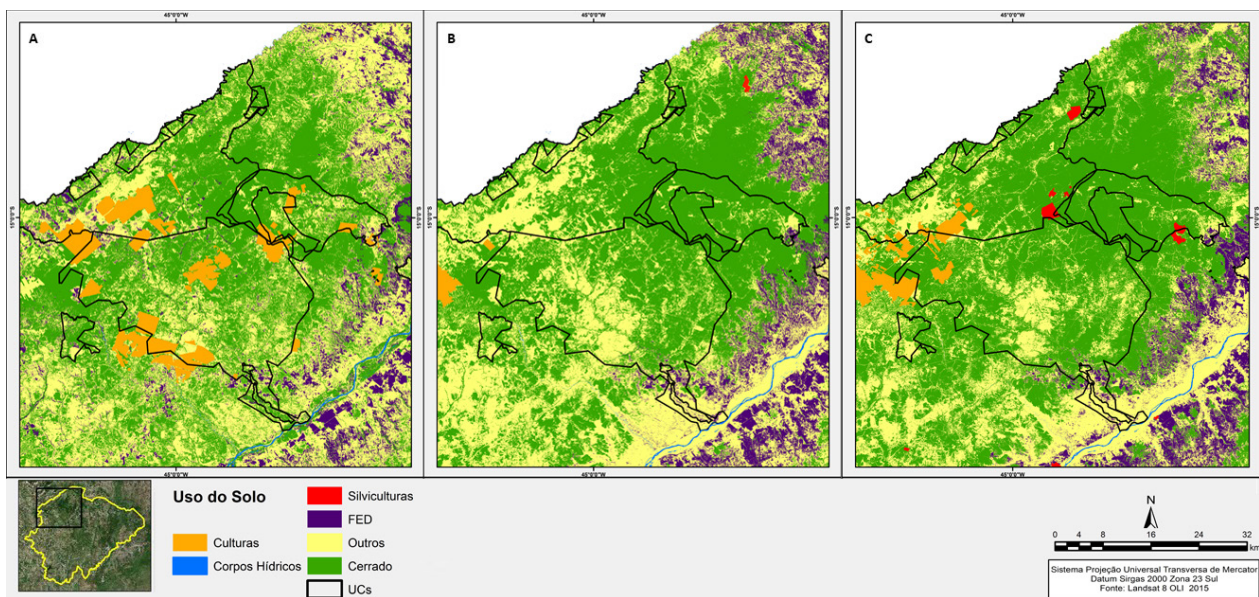


Figura 2 – Mapas de uso e cobertura do solo em dez unidades de conservação, Norte de Minas Gerais, Brasil, nos anos de 1986 (A), 2000 (B) e 2015 (C). Fonte: os autores.

Tabela 2 – Cobertura e uso do solo ao longo dos anos de 1986, 2000 e 2015 em dez Unidades de Conservação do norte de Minas Gerais, Brasil.

UCs	1986 – Classe de uso (%)				2000 – Classe de uso (%)				2015 – Classe de uso (%)			
	CR	FED	SC	OT	CR	FED	SC	OT	CR	FED	SC	OT
APA Pandeiros	44	3	22	31	61	1	0	38	67	1	2	30
APA Cochá e Gibão	51	4	31	29	60	0	0	40	70	0	6	24
APA Cavernas do Peruaçu	63	3	14	26	82	3	0	14	82	3	1	15
PAR Serra das Araras	64	5	0	31	59	0	0	41	56	0	0	44
PAR Veredas do Peruaçu	67	0	24	17	97	0	0	3	98	0	0	2
RPPN Vereda da Caraíba	52	0	0	48	42	0	0	58	67	0	0	33
RPPN Gibão/Fleixeiras	52	0	0	48	64	0	0	36	82	0	0	18
RPPN Porto Cajueiro	46	7	0	48	48	0	0	52	59	0	0	41
RPPN Reserva do Triângulo I	81	0	0	19	79	0	0	21	91	0	0	9
RVS Rio Pandeiros	61	5	0	34	4	15	0	81	4	5	0	91

CR = Cerrado; FED = Floresta Estacional Decidual; SC = Silvicultura/Cultura; OT = Outros; APA = Área de Proteção Ambiental; PAR = Parque; RPPN = Reserva Particular do Patrimônio Natural; RVS = Refúgio de Vida Silvestre. Fonte: os autores.



Desmatamento entre anos

A área de estudo sofreu extensas mudanças no uso e cobertura da terra, com conversão de 77,40km² para os tipos de cobertura antrópica e regeneração natural de 1.279,70km². Assim, resultando em um ganho líquido de 1.202,30km² de vegetação nativa. A área desmatada, que consiste na conversão de vegetação nativa em antropismo, foi maior entre 1986-2000, 55,40km² (Tabela 3). Esse evento pode ser explicado pelo fato de que a maioria das UCs na região ainda não tinham sido criadas neste período ou por serem bem recentes.

Porém, mesmo após a criação das demais UCs, inclusive mais restritivas, ainda é detectado desmatamento na área de estudo. Este evento associa-se a natureza socioeconômica regional, fortemente marcada pela criação de gado. A pecuária não é proibida nas APAs, porém a limitada presença de fiscalização e a confusa delimitação de terras privadas e públicas na região colabora com a soltura de gado e desmatamento em cortes rasos para criação de pastos “sujos” em áreas protegidas (Dias *et al.*, 2017).

É provável que a maioria das áreas identificadas neste estudo como regenerantes,

Tabela 3 – Total de área desmatada e regenerada nas dez unidades de conservação estudadas, Norte de Minas Gerais, Brasil.

	1986 – 2000 (km ²)	2000 – 2015 (km ²)
Desmatamento	55,40	22,00
Regeneração	681,70	598,00

Fonte: os autores.

identificadas a partir da razão entre o aumento de áreas das classes de vegetação em relação a diminuição da classe Outros do ano anterior, sejam pastagens e cultivos abandonados, uma vez que a prática de abandono é comum na região. No Norte de Minas, a criação de gado de corte é uma das principais atividades econômicas desenvolvidas (Espírito-Santo *et al.*, 2016). Esta atividade é reconhecidamente responsável pela conversão do solo, não apenas no Cerrado, mas em diversos biomas brasileiros, principalmente devido ao manejo e gestão inadequados, o que consequentemente tem causado a degradação e abandono de pastagens não produtivas, seguido do desmatamento para abertura de novas áreas (Strassburg *et al.*, 2014; Espírito-Santo *et al.*, 2016).

De acordo com estudos anteriores, o desmatamento da vegetação nativa pode ser, em certa medida, compensado pela regeneração natural, onde pastagens e áreas de cultivo abandonadas tendem a regenerar ao longo dos anos (Jepson, 2005; Bowen *et al.*, 2007; Sampaio *et al.*, 2007). Contudo, segundo Jepson (2005), esse é um processo que deve ser analisado com cautela, já que nem sempre a vegetação recupera completamente sua estrutura, bem como a sua

função original. Parte da regeneração natural que ocorreu entre 2000 e 2015, está relacionada ao abandono de áreas de cultivo, presentes em 1986, porém ausentes em 2000. Nas décadas de 1970 e 1980, o Norte de Minas Gerais passou por um processo de intensa ocupação, com a instalação de grandes empresas de monocultura, beneficiárias de incentivos fiscais do governo, para desenvolverem agricultura irrigada, monocultura de grãos, bovinocultura e eucalipto.

O Estado arrendou por períodos de 20 a 30 anos, terras consideradas “devolutas”, com encerramento dos arrendamentos no início dos anos 2000, sendo que a legislação em vigor, neste período, não permitia que fossem renovados (Cerqueira, 2016). Portanto, a ausência das áreas de cultivo/silvicultura no ano de 2000 pode estar relacionada às restrições impostas nestas áreas pelas unidades de conservação, assim como pela ausência de incentivos governamentais, em forma de políticas públicas de subsídios e financiamentos de monoculturas na região, o que causou o abandono dessas áreas, possibilitando a regeneração natural (Tabelas 2 e 3) (Bethonico, 2009).

A eficácia das áreas protegidas na prevenção do desmatamento tem sido objeto de pesquisa

no Brasil e no mundo. Estudos sugerem que áreas protegidas são eficazes na diminuição do desmatamento (Huang *et al.*, 2007; Soares-Filho *et al.*, 2010; Barber *et al.*, 2012); outros afirmam que essas áreas são apenas parcialmente eficazes na proteção dos recursos naturais e redução do desmatamento (Nepstad *et al.*, 2006; Gaveau *et al.*, 2009). Os resultados obtidos aqui enfatizam a importância das áreas protegidas na contenção da conversão de *habitats* naturais, e assim como na regeneração natural da vegetação, processo este frequentemente negligenciado em estudos de mudanças no uso e cobertura do solo. Porém, é quase que um consenso entre os autores que sua eficácia é variável dentro e entre países, estando diretamente relacionada à quantidade e qualidade das estradas de acesso, número de residentes na zona rural, atividades desenvolvidas no entorno e especialmente aos métodos de gestão (Beaumont & Duursma, 2012; Spracklen *et al.*, 2015; Clemente *et al.*, 2020).

Desmatamento entre grupos de restrição de uso

Nos grupos de restrição de uso, as UCs de proteção integral apresentaram a maior taxa de desmatamento no período de estudo (52,09km²), e os menores valores de regeneração natural (94,79km²). As UCs de uso sustentável apresentaram menos desmatamento (25,27km²) e os maiores valores de regeneração (1184,80km²) ao longo dos anos. Apesar de ser a categoria mais restritiva, quando as unidades de proteção integral são analisadas em conjunto, tem-se a impressão de que as áreas naturais estão sendo convertidas em áreas antrópicas com a mesma intensidade em cada UC. Entretanto, quando analisadas separadamente, as unidades apresentam diferentes padrões, com as maiores taxas de desmatamento e conversão para antropismo, representado na Figura 03 pela classe Outros, no Refúgio de Vida Silvestre Rio Pandeiros, possivelmente influenciando negativamente nos dados gerais do grupo de restrição de uso. O RVS do Rio Pandeiros é uma unidade que acompanha parte do curso do rio Pandeiros até sua foz, em uma área alagada conhecida como o Pantanal Mineiro (Nunes *et al.*, 2009). Sendo que o processo ocupação humana, com o crescimento populacional nas vilas ribeirinhas, afeta de forma significativa os processos de conversão no uso do solo dessa área.

Cabe destacar a dinâmica observada no Parque Estadual Veredas do Peruaçu, que apresentou expressivo aumento da cobertura de cerrado ao longo dos anos (67% para 98%), resultando em 94,79km² de vegetação regenerada. As áreas de cultivo/silvicultura que estavam presentes em 1986, cobrindo 24% da área (49,81km²), não aparecem nos anos seguintes. O decréscimo de 44,75km² na classe Outros, entre 1986 e 2015 (17% para 2%), e das áreas de cultivo/silvicultura (24% para 0%) condiz com a expansão das áreas de cerrado em regeneração natural na UC. Segundo o Instituto Estadual de Florestas (IEF, 2019), o parque abriga um complexo de veredas e lagoas de grande importância ecológica, bem como um mosaico vegetacional singular, característico de zonas de transição ocorrentes no norte de Minas Gerais, com formações florestais e savânicas, como o cerradão, veredas, matas ciliares, matas secas e cerrado *sensu stricto*. Neste estudo, esta UC mostrou-se efetiva na conservação dos recursos naturais, apresentando a maior taxa de regeneração natural dentre as demais áreas de estudo. A maior restrição da unidade quanto às atividades desenvolvidas dentro de seus limites, pode neste caso específico, estar influenciando este efeito positivo, além de estar inserida, quase que em sua totalidade, dentro dos limites da APA Cavernas do Peruaçu (ICMBio, 2019), onde a dinâmica da cobertura do solo é semelhante, apresentando neste estudo a terceira maior taxa de regeneração natural.

Áreas protegidas associadas ao uso humano são complexas e reconhecer esta complexidade é fundamental para entender não apenas as implicações ecológicas e sociais de diferentes políticas, mas também para fornecer evidências de sinergias e desajustes acoplados a sistemas humanos e naturais (Castro *et al.*, 2016). Dessa maneira, levando em consideração a complexidade da presença de população em unidades de conservação, diversos estudos têm demonstrado que as categorias mais restritivas de uso trazem mais benefícios para conservação da biodiversidade. Recentemente, Leberger *et al.* (2020) avaliaram a perda de floresta em áreas protegidas de diferentes grupos de restrição escala global, mostrando que, em todo o mundo, as categorias de proteção mais alta sofreram menos perda de vegetação.

Desmatamento entre formações vegetais

Ao analisar as duas formações vegetais presentes na área de estudo, foi possível constatar grandes perdas de cobertura por Floresta Estacional Decidual (FED) e ganhos em cobertura por Cerrado (Figura 3). Segundo Rocha *et al.* (2011), as áreas mais afetadas pelos desmatamentos nos limites do bioma Cerrado ocorrem onde há vegetação mais densa e relevo plano ou plano ondulado, de fácil mecanização, características típicas das áreas de ocorrência

de FED. As perdas de áreas cobertas por FED também podem estar relacionadas ao fato de que esta vegetação ocorre em solos de alta fertilidade (Ribeiro & Walter, 1998), com valores moderados de pH e baixos níveis de alumínio, favoráveis à agricultura e assentamento humano, o que contribui para a supressão dessa fitofisionomia (Ratter *et al.*, 1978). Neste sentido, o histórico do Cerrado mostra que grandes áreas de FED foram suprimidas e convertidas em atividades silvipastoris (Klink & Moreira, 2002).

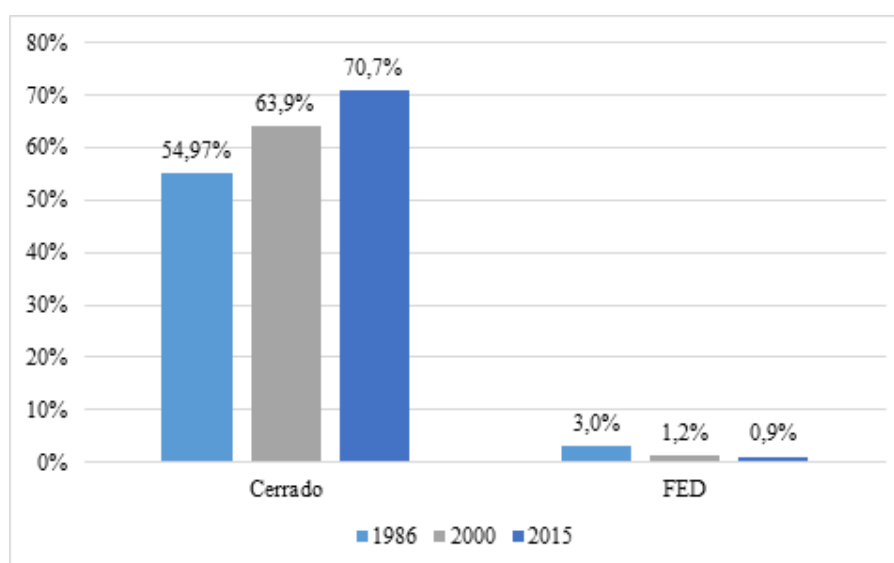


Figura 3 – Cobertura por vegetação natural em dez unidades de conservação, Norte de Minas Gerais, Brasil. Fonte: os autores.

Concentração de desmatamento (Densidade de Kernel)

A distribuição espacial pelo método da densidade de Kernel, no ano de 1986, evidencia uma generalização da classe muito alta de desmatamento, sobretudo nas áreas próximas dos rios Pandeiros, Catolé e Borrachudo, na APA Pandeiros e na nascente do rio Cochá. As nascentes do Gibão, Catolé e Borrachudo também se apresentam sob risco, pois estão em áreas de desmatamento (Figura 4). No ano de 2000 é observado um movimento de queda nas áreas de desmate, possivelmente pela ausência dos incentivos governamentais à agropecuária ocorridos até os anos 1980 (Cerqueira, 2016). As classes de Baixa e Média concentração de desmatamento ocupam quase todas as unidades

de conservação, destacando-se aqui o alto grau de conservação do PE Veredas do Peruaçu e o PE Serra das Araras. Entretanto, a nascente do Rio Gibão continua pressionada pela atividade antrópica e evoluiu da classe “Alta densidade” de desmatamento para “Extremamente Alta”.

Em 2015, há um cenário preocupante para a gestão ambiental na região, com a intensificação do desmatamento como consequência do avanço da soja e silvicultura (Espírito-Santo *et al.*, 2016). Foram observados vários clusters de Extremamente Alto adensamento de desmatamento ocupando quase todas as UCs. Áreas como a RVS Rio Pandeiros, RPPN Porto Cajueiro e o PE Serra das Araras apresentaram todo seu território em situação de Alto a Extremamente Alto adensamento de áreas desmatadas. O RVS Rio Pandeiros é uma grande região plana com alagadiços e presença de

lagoas marginais nas proximidades da foz do rio Pandeiros, no médio São Francisco, considerado um ecossistema extremamente frágil, constituído

de áreas pantanosas, porém muito pressionado pelas atividades agrárias na região (Nunes *et al.*, 2009).

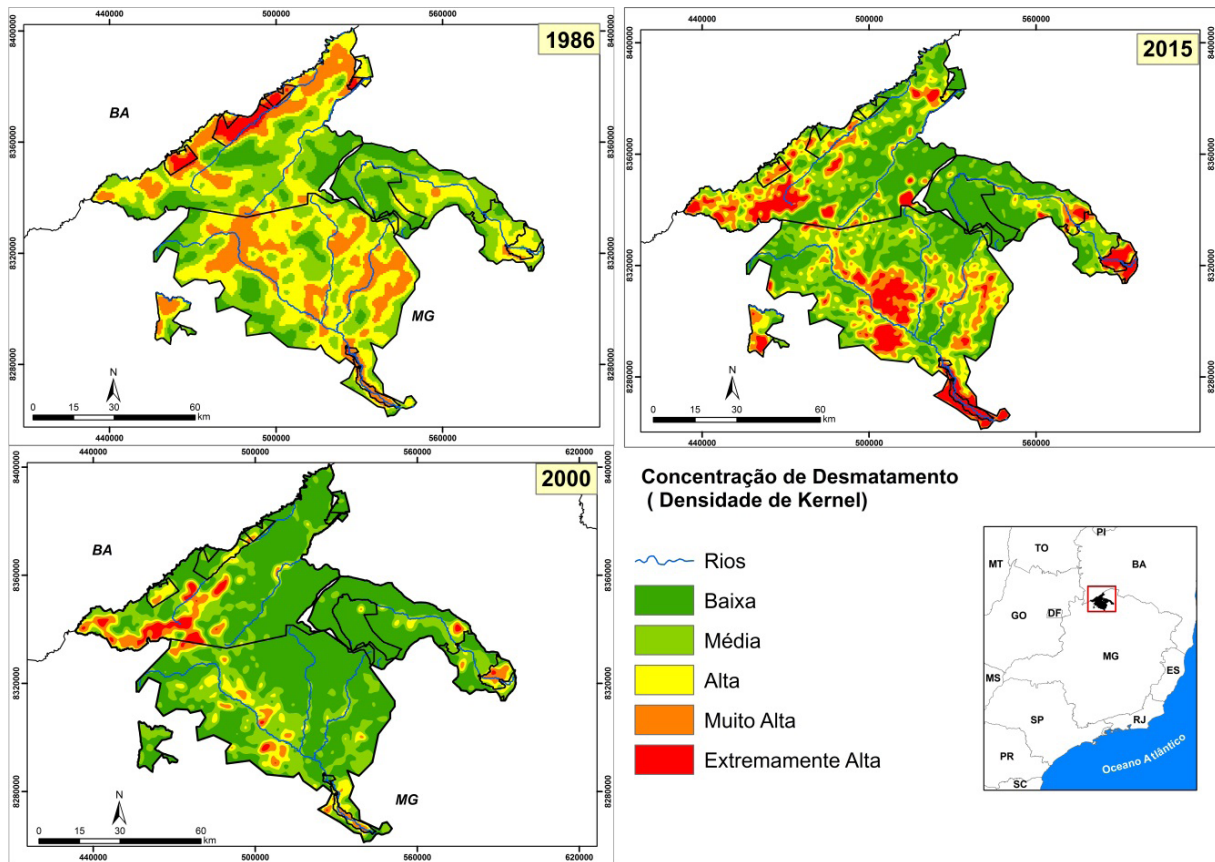


Figura 4 – Concentração de desmatamento (Densidade de Kernel) para dez Unidades de Conservação, Norte de Minas Gerais, Brasil. Fonte: os autores.

Conclusão

A preservação das áreas de Cerrado no Norte de Minas Gerais possui estreita relação com o mosaico de UCs existentes na região, que ajudam a evitar parte do desmatamento causado pelo avanço de plantios anuais (soja e gramíneas), pecuária e silvicultura e permitem a regeneração da vegetação nativa. É importante ressaltar que uma melhor gestão das UCs é necessária, pois a extensão de área perdida dentro das mesmas ainda é grande, considerando que são áreas protegidas. Além disso, nossos resultados mostraram que UCs de uso sustentável podem ser uma boa opção para o desenvolvimento sustentável na região, uma vez que foram eficazes para a preservação da vegetação nativa e permitem o uso dos recursos naturais por populações extrativistas. O entendimento sobre o estado, a dinâmica, as tendências e os impactos

das diferentes alterações da cobertura do solo por meio de técnicas de sensoriamento remoto, em combinação com os processos sociais e naturais, podem ajudar a revelar os efeitos das mudanças no sistema social, econômico e ecológico e, conseqüentemente, desenvolver estratégias de conservação e educação ambiental mais efetivas.

Agradecimentos

Ao Ministério Público de Minas Gerais – Coordenadoria Regional das Promotorias de Justiça do Meio Ambiente das Bacias dos Rios Verde Grande e Pardo e à UNIMONTES, pela viabilização e apoio para execução do projeto, à FAPEMIG pelo APQ-02634-21. À CAPES, à FAPEMIG e ao CNPq pelas bolsas concedidas à MCOB, RMF e MMES, respectivamente.

Referências Bibliográficas

- Aleman JC & Staver AC. Spatial patterns in the global distributions of savanna and forest. *Global Ecology and Biogeography*, 27(7): 792-803, 2018.
- Allen K, Corre MD, Tjoa A & Veldkamp E. Soil nitrogen-cycling responses to conversion of lowland forests to oil palm and rubber plantations in Sumatra, Indonesia. *PlosOne*, 10(7), 2015.
- Andam KS, Ferraro PJ, Pfaff A, Sanchez-Azofeifa GA & Robalino JA. Measuring the effectiveness of protected area networks in reducing deforestation. *PNAS*, 105(42): 16089-16094, 2008.
- Aquino FG & Miranda GHB. 2008. Consequências Ambientais da Fragmentação de habitats no Cerrado, p. 383-398. In: Sano SM, Almeida SP & Ribeiro JF (eds.). *Cerrado: Ecologia e Flora*. Embrapa Informação Tecnológica. 410p.
- Barber C, Cochrane MA, Souza JrC & Veríssimo A. Dynamic performance assessment of protected areas. *Biological Conservation*, 149(1): 6-14, 2012.
- Barnes AD *et al.* Consequences of tropical land use for multitrophic biodiversity and ecosystem functioning. *Nature Communications*, 5, 2014.
- Beaumont LJ & Duursma D. Global Projections of 21st Century Land-Use Changes in Regions Adjacent to Protected Areas. *PlosOne*, 7(8), 2012.
- Bethonico MBM. Rio Pandeiros: território e história de uma área de proteção ambiental no norte de Minas Gerais. *Acta Geográfica*, 3(5): 23-38, 2009.
- Bowen ME, Mcalpine CA, House APN & Smith GC. Regrowth forests on abandoned agricultural land: A review of their habitat values for recovering forest fauna. *Biological Conservation*, 140(3-4): 273-296, 2007.
- Brose U & Hillebrand H. Biodiversity and ecosystem functioning in dynamic landscapes. *Philosophical Transactions of the Royal Society B.*, 371(1694), 2016.
- Carranza T, Balmford A, Kapos V & Manica A. Protected area effectiveness in reducing conversion in a rapidly vanishing ecosystem: the Brazilian Cerrado. *Conservation Letters*, 7(3): 216-223, 2013.
- Carvalho FMV, Marco P & Ferreira LG. The Cerrado into-pieces: Habitat fragmentation as a function of landscape use in the savannas of central Brazil. *Biological Conservation*, 142(7): 1392-1403, 2009.
- Castro AJ, Vaughn CC, Julian JP & García-Llorente M. Social demand for ecosystem services and implications for watershed management. *Journal of the American Water Resources Association*, 52(1): 209-221, 2016.
- Cerqueira MC. 2016. Estudo do Uso e Cobertura da Terra e Fragmentação da vegetação natural na Reserva de Desenvolvimento Sustentável Nascentes Geraizeiras no Norte de Minas Gerais, Brasil. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade de Brasília. 105f.
- Clemente CMS, Espírito-Santo MM & Leite ME. Estimates of deforestation avoided by protected areas: a case study in Brazilian tropical dry forests and Cerrado. *Landscape Research*, 45(4): 470-483, 2020.
- Crowther TW *et al.* Mapping tree density at a global scale. *Nature*, 525: 201-205, 2015.
- Dias LCC, Moschini LE & Trevisan DP. A Influência das Atividades Antrópicas na Paisagem da Área de Proteção Ambiental Estadual do Rio Pandeiros/MG, Brasil. *Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science*, 6(2): 85-105, 2017.
- Espírito-Santo MM *et al.* Understanding patterns of land-cover change in the Brazilian Cerrado from 2000 to 2015. *Philosophical Transactions of the Royal Society B.*, 371(1703), 2016.
- Florenzano TA. 2011. Iniciação em Sensoriamento Remoto. 3 ed. Oficina de Textos. 123p.
- Foley JA *et al.* Global consequences of land use. *Science*, 309(5734): 570-574, 2005.
- Françoso RD, Brandão R, Nogueira CC, Salmons YB, Machado RB & Colli GR. Habitat loss and the effectiveness of protected areas in the Cerrado Biodiversity Hotspot. *Natureza e Conservação*, 13(1): 35-40, 2015.
- Gaveau DLA *et al.* Evaluating whether protected areas reduce tropical deforestation in Sumatra. *Journal of Biogeography*, 36(11): 2165-2175, 2009.
- Guillaume T, Damris M & Kuzyakov Y. Losses of soil carbon by converting tropical forest to plantations: erosion and decomposition estimated by ¹³C. *Global Change Biology*, 21(9): 3548-3560, 2015.
- Huang C *et al.* Rapid loss of Paraguay's Atlantic forest and the status of protected areas – A Landsat assessment. *Remote Sensing of Environment*, 106(4): 460-466, 2007.
- IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis). 2015. Relatório Técnico de Monitoramento do Desmatamento nos Biomas Brasileiros Por Satélite: Cerrado 2010-2011. Relatório Técnico. 16p. <https://antigo.mma.gov.br/images/arquivo/80120/PPCerrado/Relatorio%20Tecnico_Bioma%20Cerrado_2011vfinal.pdf>. Acesso em: 09/08/2020.
- ICMBio (Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade). APA Cavernas do Peruaçu. <<http://www.icmbio.gov.br/portal/unidadesdeconservacao/biomas-brasileiros/cerrado/unidades-de-conservacao-cerrado/2054-apa-cavernas-do-peruacu>>. Acesso em: 23/10/2019.

- IDE-Sisema (Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos). Áreas Protegidas (IEF/ICMBio). <<http://idesisema.meioambiente.mg.gov.br>>. Acesso em: 04/12/2018.
- IEF (Instituto Estadual de Florestas). Parque Estadual Veredas do Peruaçu. <<http://www.ief.mg.gov.br/component/content/article/3306-nova-categoria/1763-parque-estadual-veredas-do-peruacu->>. Acesso em: 25/10/2019.
- INMET (Instituto Nacional de Meteorologia). <<http://www.inmet.gov.br>>. Acesso em: 12/10/2018.
- Jepson WA. A disappearing biome? Reconsidering land-cover change in the Brazilian savanna. *The Geographical Journal*, 171(2): 99-111, 2005.
- Joppa LN & Pfaff A. High and Far: Biases in the Location of Protected Areas. *PlosOne*, 4(12), 2009.
- Klink CA & Machado RB. A Conservação do Cerrado Brasileiro. *Megadiversidade*, 1(1): 147-155, 2005.
- Klink CA & Moreira AG. 2002. Past Land Currente Human Occupation, and Land Use, p. 69-88. In: Marquis R & Oliveira PS (eds.) *The Cerrados of Brasil: Ecology and Natural History of a Neotropical Savanna*. Columbia University Press. 367p.
- Lawrence R, Bunn A, Powell P & Zambon M. Classification of remotely sensed imagery using stochastic gradient boosting as a refinement of classification tree analysis. *Remote Sensing of Environment*, 90(3): 331-336, 2004.
- Leberger R, Rosa IMD, Guerra CA, Lobo F & Pereira HM. Global patterns of forest loss across IUCN categories of protected areas. *Biological Conservation*, 241, 2020.
- Lehmann CER, Archibald SA, Hoffmann WA & Bond WJ. Deciphering the distribution of the savanna biome. *New Phytologist*, 191(1): 197-209, 2011.
- Leimgruber P, Christen CA & Laborderie A. The Impact of Landsat Satellite Monitoring on Conservation Biology. *Environmental Monitoring and Assessment*, 106: 81-101, 2005.
- Leverington F, Costa KL, Pavese H, Lisle A & Hockings M. A Global Analysis of Protected Area Management Effectiveness. *Environmental Management*, 46: 685-698, 2010.
- Lewis SL & Maslin MA. Defining the Anthropocene. *Nature*, 519: 171-180, 2015.
- Lin S, Jiang Y, He J, Ma G, Xu Y & Jiang H. Changes in the spatial and temporal pattern of natural forest cover on Hainan Island from the 1950s to the 2010s: implications for natural forest conservation and management. *PeerJ*, 5, 2017.
- Margules CR & Pressey RL. Systematic conservation planning. *Nature*, 405: 243-253, 2000.
- Mas JF. Assessing protected area effectiveness using surrounding (buffer) areas environmentally similar to the target area. *Environmental Monitoring and Assessment*, 105: 69-80, 2005.
- Nepstad D *et al.* Inhibition of Amazon Deforestation and Fire by Parks and Indigenous Lands. *Conservation Biology*, 20(1): 65-73, 2006.
- Nunes YRF, Azevedo IFP, Neves WV, Veloso MDM, Souza RA & Fernandes GW. Pandeiros: o Pantanal Mineiro. *MG. Biota*, 2: 4-17, 2009.
- Overbeck GE *et al.* Conservation in Brazil needs to include non-forest ecosystems. *Diversity and Distributions*, 21(12): 1455-1560, 2015.
- Padovesi-Fonseca C, Martins-Silva MJ & Puppim-Gonçalves CT. Cerrado's areas as a reference analysis for aquatic conservation in Brazil. *Biodiversity Journal*, 6(4): 805-816, 2015.
- Paiva RJO, Brites RS & Machado RB. The Role of Protected Areas in the Avoidance of Anthropogenic Conversion in a High-Pressure Region: A Matching Method Analysis in the Core Region of the Brazilian Cerrado. *PlosOne*, 10(7), 2015.
- Quintas-Soriano C, Castro AJ, Castro H & García-Llorente M. Impacts of land use change on ecosystem services and implications for human well-being in Spanish drylands. *Land Use Policy*, 54: 534-548, 2016.
- Ratana P, Huete AR & Ferreira L. Analysis of Cerrado Physiognomies and Conversion in the MODIS Seasonal-Temporal Domain. *Earth Interactions*, 9(3): 1-22, 2005.
- Ratter JA, Askew GP, Montgomery RF & Gifford DR. Observations on the Vegetation of Northeastern Mato Grosso. II. Forests and Soils of the Rio Suaia-Missu Area. *Proceedings of the Royal Society of London B.*, 203(1151): 191-208, 1978.
- Ribeiro JF & Walter BMT. 1998. Fitofisionomias do bioma Cerrado, p.89-166. In: Sano SM & Almeida SP. (eds). *Cerrado: ambiente e flora*. EMBRAPA CPAC. 556p.
- Rocha AM, Leite ME & Espírito-Santo MM. Monitoring of Brazilian Seasonally Dry Tropical Forest by Remote Sensing. *Mercator*, 19, 2020.
- Rocha GF, Ferreira LG, Ferreira NC & Ferreira ME. Detecção de Desmatamentos no Bioma Cerrado entre 2002 e 2009: Padrões, Tendências e Impactos. *Revista Brasileira de Cartografia*, 63(3): 341-349, 2011.
- Rockström J *et al.* A safe operating space for humanity. *Nature*, 461: 472-475, 2009.

- Salmona Y, Ribeiro F & Matricvardi E. Parques “no papel” conservam? O caso do Parque dos Pireneus em Goiás. *Boletim Goiano de Geografia*, 34(2): 295-310, 2014.
- Sampaio AB, Hool KD & Scariot A. Regeneration of Seasonal Deciduous Forest Tree Species in Long-Used Pastures in Central Brazil. *Biotrópica*, 39(5): 655-659, 2007.
- Soares-Filho B *et al.* Role of Brazilian Amazon protected areas in climate change mitigation. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 107(24): 10821-10826, 2010.
- Spracklen BD, Kalamandeen M, Galbraith D, Gloor E & Spracklen DV. A Global Analysis of Deforestation in Moist Tropical Forest Protected Areas. *PlosOne*, 10(12), 2015.
- Steffen W, Crutzen PJ & McNeill JR. The Anthropocene: Are Humans Now Overwhelming the Great Forces of Nature. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, 36(8): 614-621, 2007.
- Strassburg BBN *et al.* When enough should be enough: improving the use of current agricultural lands could meet production demands and spare natural habitats in Brazil. *Global Environmental Change*, 28: 84-97, 2014.
- Tucker CJ & Townshend JRG. Strategies for monitoring tropical deforestation using satellite data. *International Journal of Remote Sensing*, 21(6-7): 1461-1471, 2000.
- Turner W, Spector S, Gardiner N, Fladeland M, Sterling E & Steininger M. Remote sensing for biodiversity science and conservation. *Trends in Ecology and Evolution*, 18(6): 306-314, 2003.
- UFV (Universidade Federal de Viçosa), CETEC (Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais), UFLA (Universidade Federal de Lavras), FEAM (Fundação Estadual do Meio Ambiente). Mapa de solos do Estado de Minas Gerais. 2010. <<http://www.feam.br/noticias/1/949-mapas-de-solo-do-estado-de-minas-gerais>>. Acesso em: 20/05/2019.
- Venter O *et al.* Targeting Global Protected Area Expansion for Imperiled Biodiversity. *PlosBiology*, 12(6), 2014.
- Vilela MF, Correia JR, Sano SM, Sevilha AC, Machado CTT, Fernandes SG, Carrara AA & Franz CAB. 2009. Mapeamento e análise da dinâmica de uso e da cobertura do solo em comunidades tradicionais do Alto Rio Pardo, Minas Gerais. *Embrapa Cerrados*. 31p.

Biodiversidade Brasileira – BioBrasil.
Fluxo Contínuo
n. 2, 2022

<http://www.icmbio.gov.br/revistaeletronica/index.php/BioBR>

Biodiversidade Brasileira é uma publicação eletrônica científica do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) que tem como objetivo fomentar a discussão e a disseminação de experiências em conservação e manejo, com foco em unidades de conservação e espécies ameaçadas.

ISSN: 2236-2886