

Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento como Subsídio ao Manejo do Fogo e ao Combate aos Incêndios Florestais em Unidades de Conservação Federais

*Kelly Maria Resende Borges¹, Juan Carlos Orozco Filho¹,
Gabriel Phillippi de Oliveira Coan¹ & Thais Melissa Macedo Vasconcelos¹*

Recebido em 07/07/2020 – Aceito em 30/09/2020

¹ Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade/ICMBio, Divisão de Monitoramento e Informações Ambientais/DMIF, Brasil. <kelly.borges@icmbio.gov.br, juan.orozco-filho.terceirizado@icmbio.gov.br, gabriel.coan.terceirizado@icmbio.gov.br, thais.vasconcelos.terceirizada@icmbio.gov.br>.

RESUMO – O geoprocessamento é uma ferramenta muito importante na conservação do meio ambiente. As análises espaciais auxiliam na gestão das unidades de conservação não apenas por permitirem monitorar os impactos ambientais causados por agentes antrópicos e naturais, como desmatamento, incêndios florestais, inundações, etc., mas também por permitirem elaborar estudos aplicados às ações de mitigação desses impactos. Neste contexto, a Divisão de Monitoramento e Informações Ambientais/DMIF, da Coordenação Geral de Proteção/CGPRO do ICMBio é responsável por fornecer dados e realizar análises espaciais para subsidiar as ações de proteção ambiental das unidades de conservação federais brasileiras. Um dos temas de maior relevância na proteção é o fogo. A DMIF mapeia as áreas atingidas por fogo a partir de imagens de satélites diárias do sensor MODIS, fornece análises espaciais de concentração de focos de calor e produz, por meio do sensoriamento remoto, os mapas de acúmulo de combustível, ferramenta utilizada para indicar as áreas prioritárias ao Manejo Integrado do Fogo/MIF.

Palavras-chave: Geoprocessamento; sensoriamento remoto; unidades de conservação; proteção ambiental; fogo; manejo integrado do fogo.

Remote Sensing and Geoprocessing as a Subsidy for Fire Management and Fighting Forest Fires in Federal Conservation Units

ABSTRACT – Geoprocessing is a very important tool in environmental conservation. Spatial analyzes help on the management of protected areas not only by allowing to monitor the environmental impacts caused by anthropic and natural agents, such as deforestation, wildfires, flooding, etc., but also by allowing to elaborate studies on actions to mitigate these impacts. In this regard, Divisão de Monitoramento e Informações Ambientais/DMIF from Coordenação Geral de Proteção/CGPRO/ICMBio is responsible for providing data and carrying out spatial information to help the protection measures in the brazilian federal protected areas. One of the most important theme in protection is fire. DMIF uses satellite images from the sensor MODIS to map the burned areas, provides spatial analysis of fire's concentration and produces the fuel load maps, a remote sensing method used to indicate priority areas for Integrated Fire Management/IFM.

Keywords: Geoprocessing; remote sensing; protected areas; environmental protection; fogo; integrated fire management.

La Teledetección y el Geoprosesamiento como Subvención para el Manejo del Fuego y la Lucha Contra los Incendios Forestales en Unidades Federales de Conservación

RESUMEN – El geoprosesamiento es una herramienta importante en la conservación del medio ambiente. Los análisis espaciales ayudan en la gestión de las áreas protegidas no solo al permitir monitorear los impactos ambientales provocados por agentes antrópicos y naturales, como deforestación, incendios forestales, inundaciones, etc., sino también al permitir elaborar estudios sobre acciones para mitigar estos impactos. En este contexto, la Divisão de Monitoramento e Informações

Ambientais/DMIF de Coordenação Geral de Proteção/CGPRO/ICMBio es responsable por generar datos y realizar análisis espaciales para subsidiar las medidas de protección ambiental en las áreas protegidas federales brasileñas. Uno de los temas más importantes en la protección es el fuego. DMIF utiliza imágenes de satélite del sensor MODIS para mapear las áreas quemadas, genera un análisis espacial de la concentración de focos de calor y produce los mapas de carga de combustible, que se utiliza para indicar áreas prioritarias para el Manejo Integral del Fuego/MIF.

Palabras clave: Geoprocessamento; detecção remota; unidades de conservação; proteção ambiental; fogo; manejo integral del fuego.

Introdução

O Brasil conta com 334 unidades de conservação federais (UC), sendo 149 de proteção integral e 185 de uso sustentável, que correspondem a uma área equivalente a 9% de todo o território continental e 25% do território marinho brasileiro. A gestão das unidades de conservação federais é de responsabilidade do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade/ICMBio, autarquia criada em 2007 e vinculada ao Ministério do Meio Ambiente.

Em algumas regiões do País, com destaque para o Bioma Cerrado, a gestão do fogo é um dos aspectos que mais demandam atenção por parte dos gestores das unidades de conservação. O fogo tem sido um fator determinante nos ecossistemas globais, tendo moldado a distribuição dos biomas e mantido a estrutura e função das comunidades que habitam as áreas propensas ao uso do fogo. O fogo é uma força evolucionária significativa e uma das primeiras ferramentas utilizadas pelas populações humanas para moldar suas formas de vida (Bond & Keeley, 2005).

No Brasil, alguns biomas são dependentes do regime de fogo, como o Cerrado, enquanto outros são sensíveis, como a Amazônia e a Mata Atlântica (Hardesty *et al.*, 2005). Especificamente no bioma Cerrado, o fogo é considerado uma força dominante na evolução da biota (Simon *et al.*, 2009). Nestes ambientes do tipo savana existem espécies altamente adaptadas ao regime de fogo. No entanto, um aumento na frequência de incêndios de alta intensidade pode afetar severamente a vegetação, principalmente a arbórea (Ratter *et al.*, 1997). Já no caso das florestas tropicais, a resistência é ainda menor, as árvores são mortas após repetidas queimas e o material orgânico do solo, que serve de nutriente para as plantas, é incinerado ocasionando graves danos à estrutura da floresta (Cochrane *et al.*, 1999).

O ICMBio conta com equipes especializadas para ações de combate a incêndios florestais e para a implementação do Manejo Integrado do Fogo/MIF. O MIF passou a ser discutido no ICMBio por volta de 2012 e ganhou impulso a partir do projeto “Prevenção, Controle e Monitoramento de Queimadas Irregulares e Incêndios Florestais no Cerrado”, também conhecido como Projeto Cerrado-Jalapão, fruto de uma cooperação técnica e financeira entre Brasil e Alemanha. Esta estratégia utiliza o fogo de maneira integrada à conservação do meio ambiente e segue o conhecimento histórico do seu papel ecológico na manutenção de áreas de savana em diversas partes do mundo (Myers, 2006).

Impulsionados pelo Projeto Cerrado-Jalapão, os gestores de unidades de conservação foram estimulados a refletir sobre o papel do fogo em seus territórios de atuação, buscando entender se e de que forma o fogo poderia ser utilizado em favor da preservação do ambiente. O projeto instigou a busca pelo conhecimento de outras abordagens de gestão que vinham sendo adotadas em diversas unidades de conservação no mundo que também protegem ambientes dependentes do fogo (Barradas, 2017).

O Projeto Cerrado Jalapão também contribuiu na contratação de especialistas internacionais em sensoriamento remoto para o desenvolvimento de uma metodologia de elaboração de mapas de acúmulo de material combustível específica para a região do Cerrado Brasileiro. Foram feitas algumas capacitações das equipes tanto do ICMBio quanto do IBAMA, propiciando o repasse de conhecimento e a continuidade dos trabalhos após o encerramento do projeto.

O uso de geotecnologias é fundamental para a gestão de territórios, em especial os de grande extensão, como é o caso das unidades de conservação brasileiras. Com tais técnicas é possível obter rapidamente informações atualizadas,

facilitando o planejamento e gestão do território, permitindo levantar novas hipóteses de impactos ambientais futuros e elaborar mecanismos que auxiliem na desaceleração do desmatamento e nas medidas mitigadoras (Fitz, 2008). Em relação ao fogo, os atuais recursos computacionais voltados ao geoprocessamento, como o Sistema de Informação Geográfica/SIG e o sensoriamento remoto, permitem análises espaciais e temporais que facilitam estudos de prevenção e combate a incêndios (Pezzopane *et al.*, 2012)

Material e Métodos

A área técnica do ICMBio responsável pela geração e sistematização de dados e informações geoespaciais para subsidiar as ações de proteção, incluindo as relacionadas ao fogo, é a Divisão de Monitoramento e Informações Ambientais/DMIF, que faz parte da Coordenação Geral de Proteção/CGPRO.

As principais atividades desenvolvidas pela Divisão relacionadas à questão do fogo são: monitoramento e sistematização dos focos de calor nas unidades de conservação federais, análise de concentração de focos de calor, mapeamento das áreas atingidas por fogo a partir de imagens de satélite e geração de mapas de acúmulo de material combustível para subsidiar as unidades de conservação na realização do manejo integrado do fogo.

Os focos de calor representam o ponto de partida para o monitoramento do fogo nas unidades de conservação. Os dados são obtidos diariamente através da plataforma Banco de Dados de Queimadas, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais/INPE e processados para as unidades de conservação federais. Os focos de calor são detectados através de imagens de vários satélites. A relação do foco com a queimada não é direta. Cada foco indica a existência de fogo em um elemento de resolução da imagem, o pixel, que, nos satélites usados para detectar os focos, varia de 375m por 375m até 5km por 4km. Neste pixel é possível haver uma ou várias queimadas distintas que a indicação será de um único foco (INPE, 2020).

Além de fornecer diretamente indicativos dos locais a serem monitorados com relação ao fogo, os focos de calor subsidiam a realização de análises espaciais, como por exemplo a

concentração espacial de indicativos de fogo. Tais estudos podem fornecer importantes informações a respeito do comportamento do fogo nas unidades de conservação ao longo dos anos.

Juntamente com informações enviadas por equipes de campo, os focos dão subsídios para a localização das áreas a serem monitoradas através de imagens de satélite. Os dados de área atingida por fogo são gerados pela DMIF, prioritariamente com o uso de imagens do sensor MODIS, dos satélites Terra e Aqua da NASA, especificamente o seu produto de resolução espacial de 250 metros, e resolução temporal diária.

O sistema MODIS permite a quantificação e a detecção das mudanças da cobertura terrestre e do monitoramento dos processos naturais e antrópicos (Strahler *et al.*, 1999). Dados de 250m de resolução têm sido utilizados na detecção de conversão da cobertura vegetal como desmatamento de florestas, queimadas e inundações (Zahn *et al.*, 2002). Alguns impactos importantes das queimadas incluem a mudança do estado físico da vegetação, alteração nos solos, liberação de gases de efeito estufa e de gases reativos durante a queima da biomassa, e outros particulados, ocasionando mudanças passíveis de detecção nas imagens. O sensor MODIS foi desenvolvido para incluir características necessárias e específicas para a detecção de queimada (Anderson *et al.*, 2003). Outro aspecto importante sobre as imagens MODIS é a sua resolução temporal. Com uma revisita diária, as imagens oferecem uma ótima possibilidade de monitorar a vegetação com grande precisão temporal a uma resolução espacial aceitável (Lecerf *et al.*, 2005).

O mapeamento das áreas atingidas por fogo nas unidades de conservação federais é realizado pela DMIF desde 2010. A metodologia utilizada desde então é a interpretação visual das imagens de satélite. Apesar de ser uma metodologia bastante trabalhosa, ainda vem sendo utilizada, uma vez que outras iniciativas de classificação digital das imagens testadas apresentaram muitos erros de omissão e inclusão. Como os incêndios florestais acontecem continuamente, principalmente na estação seca do ano, a obtenção diária dos dados fornece subsídios fundamentais às ações de combate.

Atualmente estão sendo testadas e automatizadas, com resultados já bastante promissores, novas metodologias de identificação

de áreas queimadas em plataformas de código aberto e computação em nuvem como o Google Earth Engine. Os resultados devem, em breve, otimizar os esforços e melhorar a qualidade dos produtos gerados.

Para complementação dos dados também são utilizadas imagens do satélite Landsat-8 da NASA, de resolução espacial de 30 metros e do Sentinel-2, da Agência Espacial Europeia/ESA, de 10, 20 e 60 metros de resolução espacial, a depender das bandas. As unidades de conservação mapeadas seguem critérios de priorização de acordo com a quantidade de focos de calor e por demanda da Coordenação de Prevenção e Combate a Incêndios/COIN do ICMBio.

Nos produtos relacionados às ações de Manejo Integrado do Fogo, a DMIF gera os mapas de acúmulo de material combustível, metodologia desenvolvida por Jonas Franke, no âmbito do projeto Cerrado-Jalapão. Este processamento tem como objetivo estimar, através do sensoriamento remoto, o acúmulo de material combustível, que é o material seco (vegetação seca/morta), suscetível a queima na vegetação do cerrado. Assim como as áreas queimadas, o mapeamento e monitoramento do acúmulo de combustível auxilia a identificar áreas prioritárias para a realização do MIF no Cerrado (Franke *et al.*, 2018).

A metodologia utilizada no processamento das imagens de satélite é a Análise de Mistura Espectral, técnica que identifica alvos menores que a resolução da imagem e permite conhecer

a proporção de cada um dos três principais componentes da paisagem do Cerrado (vegetação verde, vegetação morta/seca e solo) em um determinado pixel. Assim, ao aplicar a 'Análise de Mistura Espectral' para áreas do Cerrado, estima-se qual a proporção de cada um desses três componentes na composição de um pixel. Em contraste a outras abordagens de sensoriamento remoto destinadas ao mapeamento do acúmulo de combustível como os índices de vegetação, a análise de mistura espectral se mostra mais eficiente por usar todas as bandas espectrais relevantes na diferenciação da vegetação verde da vegetação seca/morta (Asner *et al.*, 2005). Esta metodologia é recomendada em imagens de média resolução espacial como as do satélite Landsat 8 e do Sentinel-2.

A partir do processamento da Análise de Mistura Espectral são geradas três imagens fração para cada um dos três componentes, conforme Figura 1. Cada imagem fração indica a proporção de um determinado componente dentro da menor unidade de uma imagem, o pixel. O mapa de acúmulo de combustível nada mais é que a composição colorida RGB dessas três imagens fração (*Red*: Vegetação Seca, *Green*: Vegetação Verde e *Blue*: Solo) (Figura 2). Quanto mais vermelho, maior a proporção de vegetação seca naquele pixel, quanto mais azul, maior a proporção de solo e quanto mais verde, maior a proporção de vegetação verde. Pixels com outras colorações intermediárias representam grande mistura desses componentes.

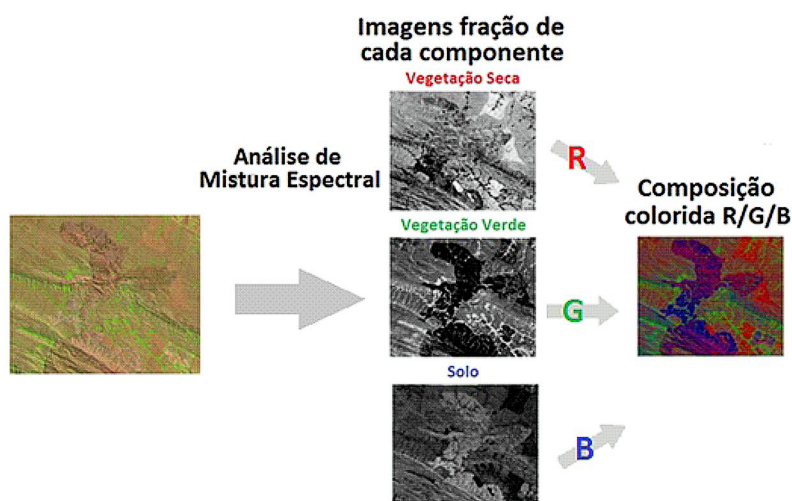


Figura 1 – Etapas do processamento do mapa de acúmulo de material combustível (Fonte: DMIF).

Com o mapa de acúmulo, os gestores de unidades de conservação com alto risco de incêndios podem identificar as áreas com maior acúmulo de material seco, representadas pelas áreas mais vermelhas no mapa, e determinar quando e onde as queimas prescritas e os aceiros devem ser aplicados (Frank *et al.*, 2018). A intenção destas queimas controladas é diminuir o material combustível antes da chegada da estação seca, minimizando os riscos da ocorrência de grandes incêndios.

Resultados e Discussão

Focos de calor

Diante do aumento da quantidade de focos de calor na Amazônia no ano de 2019, buscou-se analisar onde se encontravam as maiores concentrações destes indicativos de fogo, e qual a situação das unidades de conservação federais. Para isso foi gerada uma grade de 15 x 15km na Amazônia Legal e levantada a quantidade de

focos em cada uma das grades. Então é gerado um raster em que a unidade é a própria grade e seu valor é a quantidade de focos presentes nesta unidade. Na representação do raster é usado a transformação 'Bilinear Interpolation' para visualização de dados contínuos. A análise de concentração dos focos permite uma outra forma de visualizar a distribuição espacial dos dados, conforme mostrado na Figura 2. No mapa, a variação de cores do amarelo ao vermelho indica a quantidade de focos de calor na Amazônia Legal no ano de 2019. Em branco são áreas que não apresentaram nenhum foco de calor. As unidades de conservação federais da Amazônia Legal que estão localizadas no bioma Cerrado, como as do Tocantins, leste do Mato Grosso e sul do Maranhão, estão em áreas de grande concentração de focos de calor. Já no bioma Amazônia, o mapa de concentração de focos de calor de 2019 mostra que, na maior parte das áreas, as unidades de conservação se comportam como barreiras contra o avanço do fogo (Figuras 2 e 3).

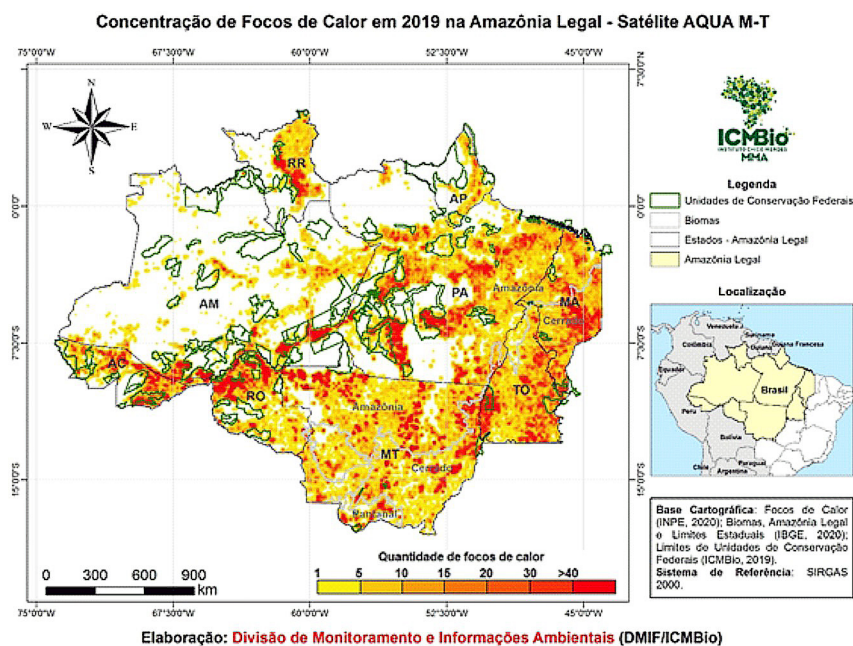


Figura 2 – Mapa de concentração de focos de calor no ano de 2019 do satélite de referência AQUA M-T.

Os mapas da Figura 3 mostram casos em que o entorno imediato das unidades de conservação federais concentra a maior parte dos focos de calor (áreas avermelhadas), em contraste com o interior das unidades de conservação federais,

que se mantém pouco afetado pelo fogo (Figura 3-A e 3-C). No mapa da Figura 3-B, a Estação Ecológica da Terra do Meio, localizada no centro do Pará, mostra-se bem menos afetada que a Área de Proteção Ambiental Triunfo do Xingu,

unidade de conservação estadual adjacente a ela. No caso do mapa D, da Figura 3, as unidades de conservação federais se apresentam como “ilhas” menos atingidas pelo fogo, em comparação

com as áreas ao seu redor. Este caso evidencia o importante papel da conservação ambiental exercida pelas áreas protegidas, como as unidades de conservação e as terras indígenas.

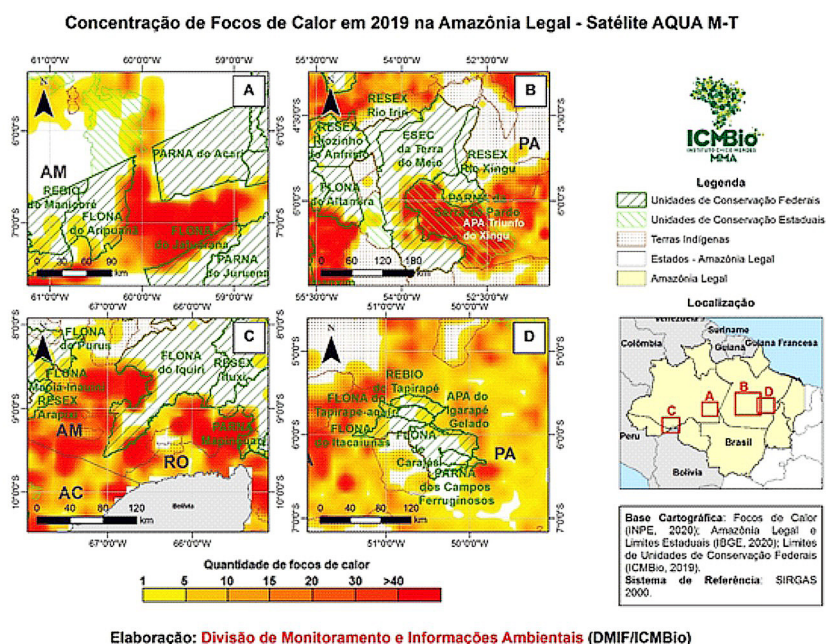


Figura 3 – Mapa de concentração de focos de calor no ano de 2019 – aproximação para algumas UCs.

Áreas atingidas por fogo

Em relação ao mapeamento de áreas atingidas por fogo, os dados gerados pela DMIF contam com uma série de 9 anos, que permite um acompanhamento da situação das queimadas nas unidades de conservação federais, bem como fornece subsídios ao planejamento das ações de proteção relacionadas ao fogo. As Tabelas 1 e 2

apresentam os dados de mapeamento de áreas atingidas por fogo nos anos de 2018 e 2019, enquanto o Gráfico 1 apresenta as informações de 2010 a 2019, conforme mapeamentos realizados pela DMIF. Todos os dados apresentados neste artigo são brutos, sem qualificação de classes como por exemplo áreas de manejo por queima prescrita, aceiros etc.

Tabela 1 – Área atingida por fogo nas unidades de conservação federais – 2018.

Área Atingida por Fogo nas Unidades de Conservação Federais – 2018				
Bioma	Total de UC's	Área Total Queimada (ha)	Área Total UC's (ha)	% da Área
Amazônia	20	155.032	16.258.168	1,0%
Caatinga	4	31.002	1.335.481	2,3%
Cerrado	11	452.110	2.972.661	15,0%
Mata Atlântica	4	1.036	107.568	1,0%
Total	39	639.181	20.536.733	3,0%

Tabela 2 – Área atingida por fogo nas unidades de conservação federais – 2019.

Área Atingida por Fogo nas Unidades de Conservação Federais – 2019				
Bioma	Total de UC's	Área Total Queimada (ha)	Área Total UC's (ha)	% da Área
Amazônia	22	237.015	17.052.679	1,39%
Caatinga	2	1.144	50.667	2,26%
Cerrado	18	908.617	4.228.347	21,49%
Mata Atlântica	5	51.600	281.534	18,33%
Total	50	1.198.377	21.613.227	5,54%

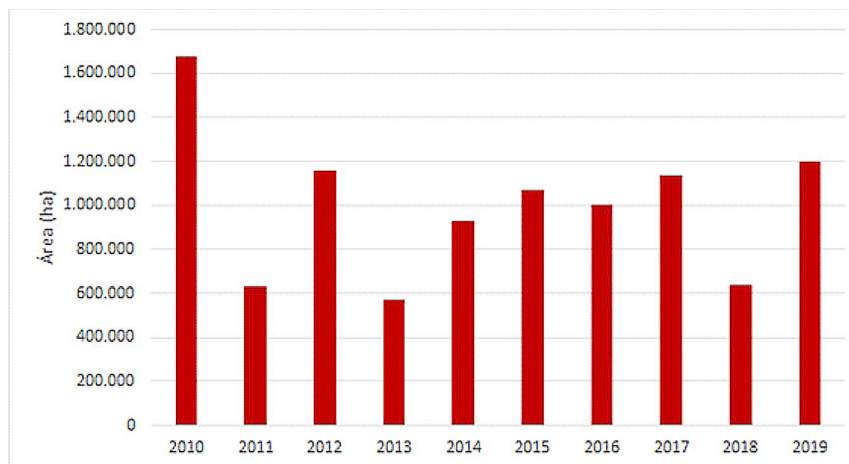


Gráfico 1 – Área atingida por fogo nas unidades de conservação federais – 2019.

Em 2019 foram mapeados 1.198.377 hectares de área atingida por fogo em 50 unidades de conservação federais. Das áreas mapeadas

75% encontram-se no Bioma Cerrado, 19% na Amazônia e 4% na Mata Atlântica. As UCs com maiores áreas mapeadas estão representadas na Tabela 3.

Tabela 3 – UCs com maiores áreas atingidas por fogo mapeadas em 2019.

Unidades de Conservação	Bioma	Área Queimada (ha)	Área UC (ha)	% da UC
PARNA do Araguaia	Cerrado	329.410,25	555.517,00	59,30
PARNA das Nascentes do Rio Parnaíba	Cerrado	196.611,26	724.329,32	27,14
ESEC Serra Geral do Tocantins	Cerrado	172.347,32	707.087,74	24,37
FLONA de Roraima	Amazônia	54.500,41	169.628,70	32,13
FLONA do Jamanxim	Amazônia	50.227,77	1.301.697,46	3,86
PARNA de Ilha Grande	Mata Atlântica	47.440,62	76.138,19	62,31
PARNA das Emas	Cerrado	46.500,67	132.787,86	35,02
PARNA da Serra da Canastra	Cerrado	41.897,36	197.971,96	21,16
PARNA da Chapada dos Veadeiros	Cerrado	41.889,35	240.586,56	17,41
ESEC de Uruçuí-Una	Cerrado	39.195,46	172.347,32	22,74

Em situações de combate de incêndios mais severos, quando a Coordenação de Combate e Manejo do Fogo/COIN é responsável pela coordenação direta das ações, a DMIF procura realizar o mapeamento das áreas atingidas por fogo diariamente, fornecendo subsídios para as equipes de campo nas decisões de combate. O mapeamento diário é feito por interpretação visual

de imagens do sensor MODIS, dos satélites Terra e Aqua da NASA, especificamente o produto de resolução espacial de 250m, e resolução temporal diária.

A Figura 4 apresenta o resultado final de um mapeamento de área atingida, com evolução diária do fogo realizado em 2017, no Parque Nacional de Brasília.

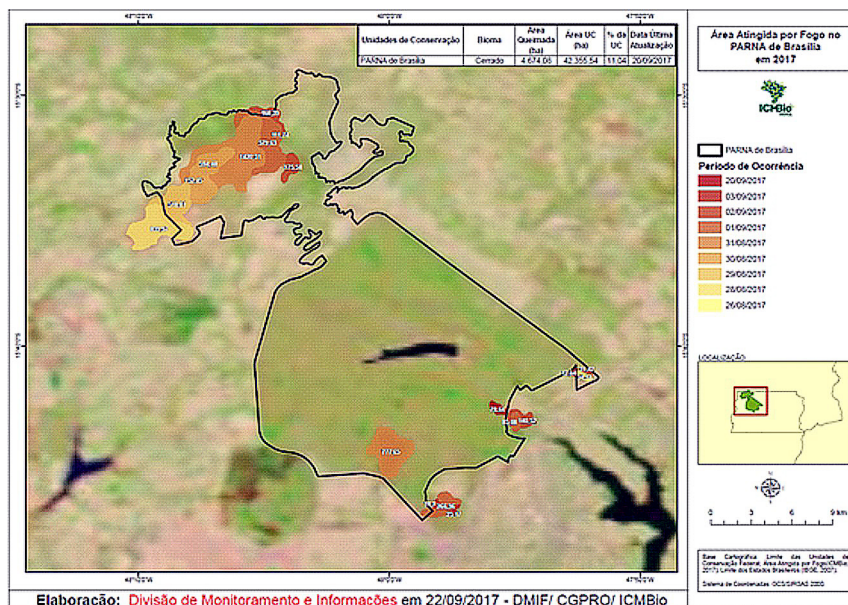


Figura 4 – Evolução diária de áreas atingidas por fogo, Parque Nacional de Brasília.

Mapas de acúmulo de material combustível

Diversos estudos apontam que o acúmulo de material combustível propicia a ocorrência de grandes incêndios em ambientes savânicos (Barradas, 2017). Este é um fator determinante tanto na ocorrência de incêndios, quanto na sua intensidade e na sua propagação. Por este motivo a identificação desse material é tão importante para o planejamento das atividades de manejo integrado do fogo, em especial para a identificação dos locais mais indicados para a realização das queimas prescritas, que são uma das técnicas utilizadas no MIF.

Algumas unidades de conservação federais vêm executando o manejo integrado fogo, inclusive com a utilização da técnica de queimas prescritas, que são realizadas antes do período mais seco do ano, diminuindo desta forma a disponibilidade de material combustível nos locais mais críticos, e desta forma a propagação de grandes incêndios.

A Figura 5 é o mapa de acúmulo de material combustível de 05/09/2019 no Parque Nacional das Emas/GO/MS. A data é do final da estação seca, momento ideal para analisar a situação do acúmulo de combustível que subsidiará a escolha das áreas prioritárias para as queimas prescritas do próximo ano. Nele é possível ver a distribuição do acúmulo de combustível pela unidade de conservação. As áreas em verde como as matas de galerias são áreas com pouco acúmulo de combustível, as áreas amareladas e alaranjadas apresentam grande mistura de vegetação seca e vegetação verde, e as áreas avermelhadas são áreas com grande acúmulo de combustível e que devem ser tratadas com maior atenção. No norte da UC é possível observar o componente solo se sobressaindo em uma área queimada próxima da data do mapa. Isto ocorre devido ao consumo da vegetação daquela área pelo fogo, deixando o solo exposto.

A Figura 6 apresenta dois casos da situação do acúmulo de combustível no Parque Nacional

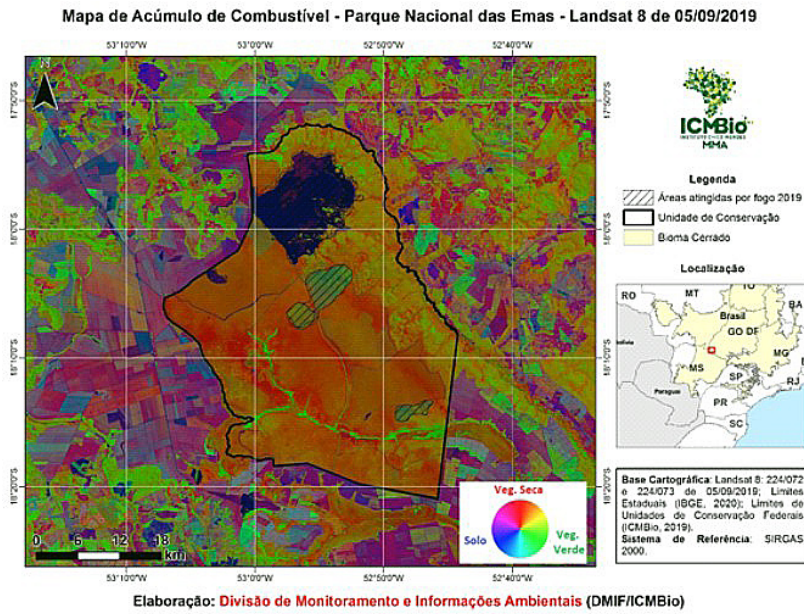


Figura 5 – Mapa de Acúmulo de Material Combustível de 2019, no Parque Nacional das Emas.

da Serra da Canastra/MG, antes e depois da implementação do manejo integrado do fogo na unidade de conservação. No caso 1 é possível notar, na imagem superior, que há uma grande quantidade de acúmulo de combustível em 22/05/2014, início do período de seca. Este acúmulo resultou em um grande incêndio na UC que causou vários danos, como visto pela cor azul

referente ao solo exposto, bastante evidenciado na imagem inferior, de outubro de 2014. É possível notar, inclusive, danos às matas de galeria, em verde, que aparecem em menor proporção nesta imagem. Já no caso 2, após alguns anos de implementação do manejo integrado do fogo, a situação do acúmulo de combustível é bastante diferente. Ao final da estação seca de 2018, caso

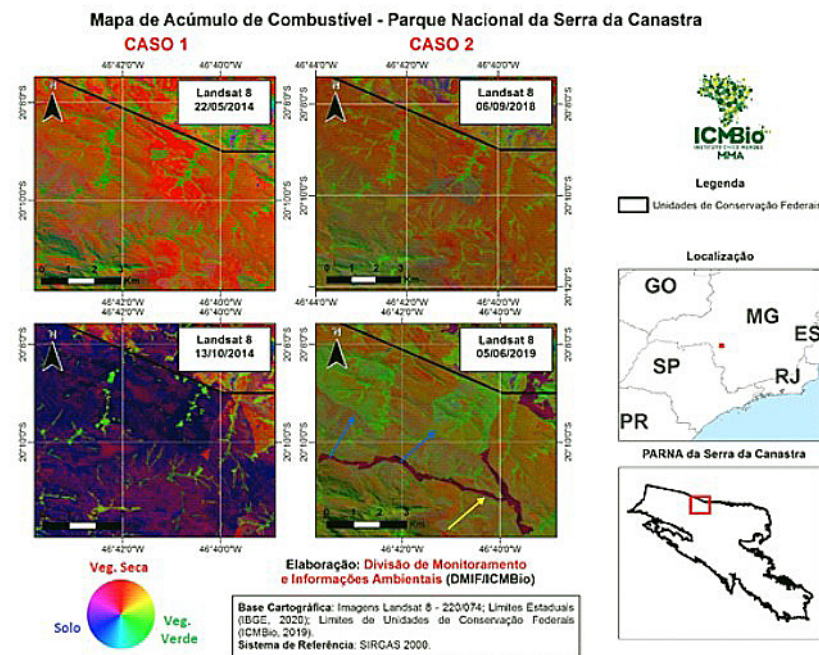


Figura 6 – Estudos de casos de mapas de acúmulo de combustível e manejo integrado do fogo no Parque Nacional da Serra da Canastra.

da imagem superior, a maior ausência de áreas bem avermelhadas indica que neste ano há um menor acúmulo de combustível nesta parte da UC. A imagem de baixo, de 05/06/2019, mostra que não somente as áreas permanecem com pouco acúmulo de combustível, como também, que há duas áreas de queimas prescritas, indicadas pelas duas setas azuis, e alguns aceiros, indicados pela seta amarela. Esse cenário fragmentado da distribuição do acúmulo de combustível é considerado o ideal. A continuidade do combustível é um fator determinante na propagação dos incêndios e qualquer descontinuidade pode atuar como barreiras (Cochrane & Ryan, 2009).

Considerações Finais

Os produtos gerados pela DMIF a partir de análises de sensoriamento remoto, como a identificação das áreas atingidas por fogo e das áreas de maior acúmulo de material combustível, e de Sistema de Informação Geográfica/SIG, como a identificação das áreas de maior concentração de focos de calor, são utilizados prioritariamente pela Coordenação Geral de Proteção para subsidiar decisões quanto aos processos fiscalizatórios e também a respeito do combate e manejo do fogo. Além disso, os dados também são fundamentais para a gestão das unidades de conservação e outros setores do ICMBio. Desmatamento e área atingida por fogo estão relacionados aos principais impactos negativos nas áreas protegidas.

A base de dados de áreas atingidas por fogo mapeadas pela DMIF já conta com uma série histórica de 10 anos, e apesar de necessitar de aprimoramento e de melhorias, principalmente quanto à qualificação dos dados, fornece subsídios para que o ICMBio possa planejar suas atividades relacionadas ao manejo e combate do fogo nas unidades de conservação federais, com maior conhecimento da realidade das mesmas. Levando-se em conta a série histórica, é possível identificar, por exemplo, quais são as áreas mais propensas a incidência de incêndios e também qual a frequência de ocorrência de fogo em cada área, e desta forma buscar soluções para minimizar o problema nas áreas mais críticas.

Outro produto que trouxe avanços para os trabalhos relacionados ao fogo foram os mapas de acúmulo de material combustível, pois são importantes ferramentas para o planejamento do manejo integrado do fogo, que vem sendo

aplicado em mais unidades de conservação federais a cada ano.

A DMIF está constantemente buscando aprimorar as informações e os processos de trabalho, a fim de fornecer dados e informações confiáveis e consistentes, de forma a contribuir com os processos de proteção das unidades de conservação federais.

Referências

- Anderson LO, Latorre ML, Shimabukuro YE, Arai E & Carvalho Júnior OD. Sensor MODIS: uma abordagem geral. São José dos Campos: INPE, 58, 2003.
- Asner GP *et al.* Ecosystem structure throughout the Brazilian Amazon from Landsat observations and automated spectral unmixing. *Earth Interactions* 9(7): 1-31, 2005.
- Barradas ACS. 2017. A Gestão do fogo na Estação Ecológica Serra Geral do Tocantins, Brasil. Dissertação (Mestrado Profissional em Biodiversidade em Unidades de Conservação). Escola Nacional de Botânica/Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 135p.
- Bond WJ & Keeley JE. Fire as a global herbivore: the ecology and evolution of flammable ecosystems. *Trends in ecology & evolution*, 20(7): 387-394, 2005.
- Cochrane MA & Schulze MD. Fire as a Recurrent Event in Tropical Forests of the Eastern Amazon: Effects on Forest Structure, Biomass, and Species Composition 1. *Biotropica*, 31(1): 2-16, 1999.
- Cochrane MA & Ryan KC. Fire and fire ecology: Concepts and principles. *Tropical fire ecology*. Springer, Berlin, Heidelberg, 25-62, 2009.
- Franke J *et al.* Fuel load mapping in the Brazilian Cerrado in support of integrated fire management. *Remote sensing of environment*, 217: 221-232, 2018.
- Fitz PR. Cartografia básica. Oficina de Textos, 2008.
- Hardesty J, Myers R & Fulks W. Fire, ecosystems, and people: a preliminary assessment of fire as a global conservation issue. *The George Wright Forum*, 22: 78-87 (2005).
- INPE (Instituto nacional de Pesquisas Espaciais). Banco de Dados de queimadas. <<http://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/bdqueimadas>>. Acesso em: 25/06/2020.
- Lecerf R *et al.* 2005. Monitoring land use and land cover changes in oceanic and fragmented landscapes with reconstructed MODIS time series. In: Anais do International Workshop on the Analysis of Multi-Temporal Remote Sensing Images do IEEE – Institute of Electrical and Electronic Engineers.

Myers RL. Living with fire – Sustaining ecosystems & livelihoods through integrated fire management. Global Fire Initiative, The Nature Conservancy, Tallahassee, FL, 28p, 2006.

Pezzopane JEM, Neto SNO & Vilela MF. Risco de incêndios em função da característica do clima, relevo e cobertura do solo. *Floresta e Ambiente*, 8: 161-166, 2012.

Ratter JA, Ribeiro JF & Bridgewater S. The Brazilian cerrado vegetation and threats to its biodiversity. *Annals of Botany* 80(3): 223-230, 1997.

Schmidt IB, Fonseca CB, Ferreira MC & Sato MN. Implementação do Programa Piloto de Manejo Integrado do Fogo em três Unidades de Conservação do Cerrado. *Biodiversidade Brasileira*, 6(2): 55-70, 2016.

Simon MF *et al.* Recent assembly of the Cerrado, a neotropical plant diversity hotspot, by in situ evolution of adaptations to fire. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(48): 20359-20364, 2009.

Strahler AH *et al.* MODIS BRDF/albedo product: algorithm theoretical basis document version 5.0. MODIS documentation, 23(4): 42-47, 1999.

Zhan X *et al.* Detection of land cover changes using MODIS 250m data. *Remote Sensing of Environment*, 83(1-2): 336-350, 2002.

Biodiversidade Brasileira – BioBrasil.

Edição Temática: 7th International Wildland Fire Conference
n. 2, 2021

<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