

CONTRIBUIÇÕES CONCEITUAIS, TÉCNICAS E OPERACIONAIS PARA A PERÍCIA AMBIENTAL EM ÁREA DE INCÊNDIOS FLORESTAIS

CONCEPTUAL, TECHNICAL AND OPERATIONAL CONTRIBUTIONS TO ENVIRONMENTAL EXPERTISE IN FOREST FIRE AREA

APORTES CONCEPTUALES, TÉCNICOS Y OPERATIVOS A LA EXPERIENCIA AMBIENTAL EN EL ÁREA DE INCENDIOS FORESTALES

Karla Maria Silva de Faria¹

Resumo: A problemática dos incêndios florestais destaca a polêmica entre a ciência, legislação e sociedade. A histórica política de Fogo Zero adotada no país e as sanções estabelecidas na legislação, contrastam com o fato de que entre 1985 e 2020, as áreas queimadas no Brasil representaram quase 20% do território brasileiro. Dada a natureza de particularidade dos biomas brasileiros e as lacunas na fiscalização e comportamento cultural da população brasileira com o fogo, a perícia ambiental quando acionada para avaliações em caso de incêndios florestais demanda ao perito ambiental o conhecimento especializado sobre o processo para comprovação das causas de ocorrência do fogo. O objetivo desse artigo é, portanto, apresentar as contribuições de técnicas, instrumentos e bases institucionais na avaliação das causas dos incêndios florestais que podem ser utilizados nas avaliações de perícia ambiental. Os resultados apontam a possibilidade do uso de diversas técnicas de análise do fenômeno, mas que demandará do perito ambiental conhecimentos específicos em áreas como dendrogeomorfologia, sistemas de informações geográficas, modelagens ambientais. No entanto, conhecimento de diversas técnicas e sua habilitação na compreensão da integração ambiental de variáveis e de técnicas para a análise substanciada, contribuirá para equacionar dúvidas quanto à natureza do processo e os responsáveis pelos atos que implicam em desobediência da legislação ambiental.

Palavras-chave: Queimadas; Dendrofitologia; Modelos de risco a incêndios; capacitação de perito ambiental.

Abstract: Forest fires highlight the controversy between science, legislation, and society. The historic Zero Fire policy adopted in the country and the sanctions established in the legislation, contrast with the fact that between 1985 and 2020, the areas burned in Brazil represent almost 20% of the Brazilian territory. Given the nature of the particularity of Brazilian biomes and the gaps in inspection and cultural behavior of the Brazilian population with fire, the environmental expertise, when called upon for assessments in the event of forest fires, requires the environmental expert to have specialized knowledge

¹ Doutora em Geografia. Docente da Universidade Federal de Goiás. Goiânia/GO. E-mail: karla_faria@ufg.br. Lattes iD: <http://lattes.cnpq.br/2186337194534589>. Orcid iD: <https://orcid.org/0000-0001-9381-932X>

about the process for proving the causes of fires. The objective of this article is, therefore, to present the contributions of techniques, instruments, and institutional bases in the evaluation of the causes of forest fires that can be used in the evaluations of environmental expertise. The results point to the possibility of using different techniques to analyze the phenomenon, but this will require specific knowledge from the environmental expert in areas such as dendrogeomorphology, systems of geographic information, and environmental modeling. However, knowledge of different techniques and your ability to understand the environmental integration of variables and techniques for substantiated analysis will help to equate doubts about the nature of the process and those responsible for acts that imply disobedience of environmental legislation.

Keywords: Burns; Dendropyroconology; Fire risk models; environmental expert training.

Resumen: El tema de los incendios forestales pone de manifiesto la controversia entre ciencia, legislación y sociedad. La histórica política de Fuego Cero adoptada en el país y las sanciones establecidas en la legislación, contrastan con el hecho de que entre 1985 y 2020, las áreas quemadas en Brasil representaron casi el 20% del territorio brasileño. Dada la naturaleza de la particularidad de los biomas brasileños y las lagunas en la inspección y el comportamiento cultural de la población brasileña con el fuego, la pericia ambiental, cuando es convocada para evaluaciones en caso de incendios forestales, exige del perito ambiental un conocimiento especializado sobre el proceso de probar las causas de los incendios ocurrencia de incendios. El objetivo de este artículo es, por tanto, presentar los aportes de técnicas, instrumentos y bases institucionales en la evaluación de las causas de los incendios forestales que pueden ser utilizados en las evaluaciones de pericia ambiental. Los resultados apuntan a la posibilidad de utilizar diferentes técnicas para analizar el fenómeno, pero que requerirán conocimientos específicos por parte del experto ambiental en áreas como dendrogeomorfología, sistemas de información geográfica, modelado ambiental. Sin embargo, el conocimiento de diferentes técnicas y su capacidad para comprender la integración ambiental de variables y técnicas para el análisis fundamentado ayudarán a equiparar dudas sobre la naturaleza del proceso y los responsables de actos que impliquen desobediencia a la legislación ambiental.

Palabras clave: Quemaduras; Dendopyroconología; Modelos de riesgo de incendio; formación de expertos ambientales.

Introdução

O processo de ocupação das paisagens e transformação dos territórios pelos atores sociais e sob influência da dinâmica econômica promoveram nos últimos dois séculos avanços sociais, culturais e econômicos. Mas, tais avanços se sustentam em desequilíbrios ambientais que ameaçam inclusive o sistema econômico. Como estratégia a mitigar, prever e evitar impactos ambientais, a sociedade evoluiu na proposição de legislações que estabelecem regras ao processo de ocupação em prol do uso sustentável ou regulado dos sistemas naturais.

Mundialmente, quanto a temática ambiental, cada nação desenvolve, sustenta e aplica a legislação que atende as diretrizes e planejamentos territoriais. Neste contexto, Chiavari e Lopes (2017), apontam o destaque que a legislação ambiental brasileira tem no contexto internacional, ao apresentar legislações que visam garantir a segurança alimentar e a mitigação das mudanças climáticas. Para Braga et al. (2002), a legislação brasileira considera o meio ambiente como um todo, dentro, portanto de uma análise sistêmica, o que permite avaliar integralmente as variáveis bióticas, abióticas, sociais, econômicas e culturais e conseqüentemente as várias formas de degradação do meio ambiente.

Nesse sentido, a Lei de Crimes Ambientais (Nº 9.605/1998) ao dispor sobre as sanções penais e administrativas resultantes de ações lesivas ao meio ambiente, estabelece as responsabilidades pelos atos ou condutas lesivas ao meio ambiente. No entanto, como apontado por Coelho (2001), dimensionar e avaliar os impactos ambientais causados pela ação antrópica é complexo, pois como o meio ambiente é um sistema, os impactos podem decorrer das dinâmicas das mudanças antroponaturais. A compreensão dessa complexidade foi avaliada na legislação, tanto que a Lei Nº 9.605/1998, estipulou no artigo 19 que a perícia é indispensável para elucidação de crimes ambientais.

A perícia (ecológica e geográfica) também é apontada por Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2007) como uma proposta metodológica para análise das paisagens e das problemáticas ambientais modernas. A perícia ambiental, portanto, torna-se um importante instrumento para a preservação do meio ambiente ao ser conduzida como investigação ou identificação do que está no meio ambiente, para objetificação de: “de onde vem”; “quando ocorreu a alteração” e “quem foi autor do delito” seja física ou jurídica, de direito público ou privado (LAZZARINI, 2005; BOEHM e MURPHY, 2014).

Dentre os vários impactos e conseqüentemente danos, que o processo de ocupação do território brasileiro apresenta e que acabam sendo alvo de questionamentos quanto a responsabilidade de autoria, a problemática dos incêndios florestais se destaca em função das conseqüências negativas ao sistema antroponatural e da condição polêmica entre a ciência, legislação e sociedade.

O uso do fogo acompanha o processo de ocupação do território brasileiro em práticas e aspectos vegetativos que apresentam dependência da ocorrência do fogo para evolução florística, mas a legislação (Lei Nº 9.605/1998) determinou entres os crime ou

danos à Flora, penalidades relacionadas a “Provocar incêndio em mata ou floresta (art.41), o que estipulou a chamada “Política do Fogo Zero”, adotada principalmente nas unidades de conservação.

A atual legislação de proteção da vegetação Lei nº 12.651/12, não proíbe absolutamente o uso do fogo. A citada lei impõe que a técnica tenha um controle rigoroso, com proibições no uso de fogo em vegetações, mas permite três exceções: (1) regiões de práticas florestais ou agropastoris, juntamente com a autorização de um órgão ambiental competente; (2) emprego do fogo com queima controlada em Unidades de Conservação para manutenção e conservação da vegetação nativa quando suas características vegetativas se associarem a ocorrência de fogo e (3) para a atividade de pesquisa científica.

Dados do mapeamento do Mapbiomas (2021), apontam que as áreas queimadas entre 1985 e 2020, no Brasil esteve concentrado em áreas de vegetação nativa e foram superiores a 1,6 milhão de quilômetros quadrados, o que corresponde a quase 20% do território brasileiro. O relatório apontou ainda que 60% das ocorrências de fogo foram em propriedades privadas, o que indicaria claro desacordo com a legislação brasileira e os gargalhos referente a fiscalização, atuação e aplicação das penalidades aos responsáveis pelo dano.

Mas, como apresentado por Pivello et al. (2021) as causas e consequências dos incêndios florestais envolvem interações complexas entre as esferas biofísica e sociocultural, e as decisões de manejo adequadas requerem uma base científica sólida.

A realização de perícia em área sujeita a incêndios florestais demanda atuação rápida e imediata ao processo, a fim de evitar-se risco de perda dos padrões de carbonização importantes deixados no terreno (LEMOS, 2005), bem como conhecimentos específicos sobre o processo, variáveis ambientais e sociais para a elaboração dos laudos. O perito lida ainda com necessidade de comprovação se as causas de ocorrência do fogo estiveram associadas a condições naturais ou antrópicas.

Nesse sentido, o objetivo desse artigo é o apresentar as contribuições de técnicas, instrumentos e bases institucionais na avaliação das causas dos incêndios florestais que podem ser utilizados nas avaliações de perícia ambiental.

Procedimentos Metodológicos

A natureza dessa pesquisa é do exploratória do tipo Bibliográfica e/ou Documental, pois foi sustentada na revisão da legislação brasileira e bibliográfica sobre a temática. Utilizou-se as publicações disponíveis nos bancos de dados científicos e técnicos nacionais e internacionais.

As pesquisas tipo Bibliográfica e/ou Documental tem com propósito obter o conhecimento disponível sobre o assunto, identificando teorias produzidas e analisando sua contribuição para explicar o problema da pesquisa.

Predominantemente a foram consultadas fontes secundárias disponibilizadas no Portal Capes (<https://www-periodicos-capes-gov-br>), na base Scielo (<https://www.scielo.org>), no acervo da Scopus (www.scopus.com) e da Web of Science. Quanto a consulta documental de fonte primária, consultou-se o Sistema de Monitoramento de Queimadas do INPE e os dados do projeto Mapbiomas Fogo.

Comportamento do Fogo na Vegetação: quando ele se torna um impacto ambiental?

O padrão de ocupação do território brasileiro é baseado no uso de práticas que remontam as ações dos primeiros habitantes, envolvendo principalmente o uso do fogo, na abertura de áreas para cultivo e pastagem. Diante desse padrão cultural, o fogo acompanhou a expansão da fronteira agrícola nas regiões do Centro Oeste e Norte com finalidade de limpar ou aumentar a disponibilidade mais “eficiente” de nutrientes para as áreas de agricultura, estimular a rebrota de gramíneas para o pasto usado pelo gado, manejo e coleta de produtos, afugentar animais peçonhentos das casas e acampamentos, além de melhorar o acesso a áreas e recursos (ANDERSON,1996; MISTRY, 1998; MCGREGOR et al. 2010; VASCONCELOS,2021).

Vasconcelos, (2021) indica que no Amazonas (região Norte), as políticas neoliberais influenciam diretamente o uso do fogo nas áreas de expansão agrícola para a produção de *commodities*. Se for observado o processo de ocupação e expansão de fronteira nos estados que integram o Cerrado, tais políticas também estão presentes.

Seu uso pode apresentar efeitos positivos e negativos, podendo responder por prejuízos econômicos, ecológicos e até mesmo humanos (CABRAL, FILHO e BORGES, 2013). Mas, não se deve esquecer que nos ambientes naturais, o fogo é um fator determinante, responsável há milhões de anos por moldar ecossistemas e selecionar

espécies em diversos ambientes no mundo (BOND et al. 2005; PAUSAS, KEELEY, 2009; SIMON et al. 2009).

O bioma cerrado, por exemplo tem forte dependência da ocorrência do fogo para sua evolução, estudos filogenéticos já comprovaram essa dependência para espécies vegetativas e fauna (HOFFMANN, 1999; MIRANDA et al., 2009; SIMON et al., 2009; FRIZZO et al., 2011). Os ambientes florestais, no entanto, não são adaptados ao fogo e não queimam facilmente, a menos que sofram secas extremas ou degradação que pode torná-las mais vulneráveis ao fogo e quando essas florestas queimam, o fogo pode causar graves efeitos negativos em sua biodiversidade (PIVELLO, et al., 2021).

O balanço sistêmico entre fogo e desenvolvimento vegetacional e paisagístico vem sendo ultrapassado pois a frequência e recorrência de grandes incêndios nos biomas brasileiros vem sendo alertado como grande distúrbio que vem acarretando alterações na vegetação, perdas significativas de fauna, modificações nas características do solo, além de mudanças no microclima local (OLIVEIRA, 2002; CARDOSO et al. 2008).

A compreensão dos processos naturais e da influência antrópica na ocorrência dos incêndios florestais é fato importante para o processo de caracterização da ocorrência do impacto ambiental e conseqüentemente do dano. Assim, deve-se reconhecer que a ocorrência do fogo na vegetação nativa pode ser nomeada de queimada, incêndio florestal, incêndio na paisagem, incêndio rural e incêndio de vegetação, que são variações terminológica entre diversos países (ROBINNE; HALLEMAB; BLADOND, 2020) e que são encontradas na literatura.

Como estrutura e composição da vegetação influenciam o tipo, propagação e as respostas dos ecossistemas ao fogo (WHELAN, 1995), torna-se importante compreender as causas e tendências de riscos dos incêndios florestais. Nesse sentido, Myers, (2006); Shlisky, (2007), indicam a classificação dos tipos vegetativos descritos no quadro 01, que deve ser avaliado diante da ocorrência dos incêndios florestais.

Quadro 01- Classificação da Vegetação ao risco e impactos dos incêndios.

Tipo	Características	Vegetação de ocorrência	Riscos envolvidos
Independentes do Fogo	Vegetações que, naturalmente, não produzem combustível suficiente para dar continuidade à propagação da frente de fogo ou onde não existem fontes naturais de ignição para iniciar as queimadas	Tundra e os desertos	Como as espécies não apresentam adaptações ao fogo e a ocorrência de fogo é rara, após uma eventual queima, a mortalidade de indivíduos é alta e a recuperação é extremamente lenta.
Sensíveis ao fogo	A maioria das espécies não evoluiu na presença do fogo, portanto, a ocorrência de queima é eventual e possui o papel natural de manutenção da estrutura e funcionamento desse ecossistema.	Floresta tropical úmida	O fogo recorrente pode causar impactos negativos na diversidade ou mesmo aumentar a susceptibilidade da vegetação a queimadas, afetando a diversidade biológica desses sistemas.
Dependentes do fogo	As espécies evoluíram com queimadas recorrentes, assim, o fogo é um evento natural, recorrente e por vezes essenciais para o funcionamento dos ecossistemas e conservação da biodiversidade.	Savanas, ecossistemas mediterrâneos, florestas de monções e de sequoias.	A recomposição da vegetação se inicia imediatamente após a ocorrência do fogo.
Influência dos pelo fogo	Nestes ambientes, o fogo geralmente é iniciado em uma vegetação adjacente dependente do fogo, mas também pode acontecer naturalmente por raios ou estar associado a práticas tradicionais de agricultura (corte-queima).	floresta tropical seca, floresta esclerófila e vegetações ripárias ao longo de cursos d'água em savanas tropicais.	Essas vegetações apresentam espécies sensíveis e resistentes ao fogo e, após um evento de fogo, as resistências geralmente são favorecidas e reestruturam a comunidade após o distúrbio.

Organização: Autora, 2020.

Como persiste no imaginário coletivo que a ocorrência do fogo tem causas naturais é importante reconhecer as condições ambientais da resposta recuperativa dos tipos vegetacionais à ocorrência do fogo e as características climáticas potenciais a contribuição dos eventos naturais.

Comumente a ocorrência de raios é associada aos incêndios que acontecem no cerrado, pois nuvens carregadas com descargas elétricas, podem contribuir na ocorrência de queimadas naturais neste ambiente, assim como em outros ecossistemas pirofíticos no mundo, mas esse tipo de queimada ocorre em intervalos que variam de um a cinco anos, originam-se no início de cada estação chuvosa, geralmente são pouco intensas, geograficamente restritas e se extinguem rapidamente (PIVELLO, 2011).

Torna-se importante, portanto, compreender sobre dinâmica ecossistêmica e climática para a comprovação ou descarte das causas dos incêndios, assim como sobre o comportamento das variáveis ambientais na propagação desses fenômenos.

As variáveis ambientais, como topografia, clima e vegetação (TORRES; SILVA JR; LIMA, 2019) respondem por uma complexa interação que controlam o comportamento dos incêndios e destes fatores, o clima é considerado o mais dinâmico (JOLLY et al. 2015). Assim, conhecer sobre o comportamento do fogo e suas respostas as condições climáticas, auxiliará na avaliação da magnitude (LINN et al. 2012; CHANG et al. 2015), bem como auxilia na avaliação pericial da ocorrência dos incêndios.

Fatores como temperatura do ar durante a queima; tempo de residência de altas temperaturas, altura das chamas e velocidade de propagação e intensidade da frente de fogo, são determinantes para os efeitos de cada queima e de um determinado regime de queimas sobre os ecossistemas (ROTHERMEL, 1983; WHELAN, 1995; MIRANDA et al., 2010; SCHMIDT et al., 2016).

Reconhecer o tipo de queima é importante para a comprovação da existência do impacto ambiental, pois conforme a resolução CONAMA nº 001, de 23 de janeiro de 1986, impacto ambiental é:

qualquer alteração das propriedades físicas, químicas ou biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente afetem a saúde, a segurança e o bem-estar da população, as atividades sociais e econômicas, as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente, e a qualidade dos recursos ambientais.

Portanto, a ocorrência do incêndio florestal deve estar associada a causas antrópicas, para a imposição das penalidades estabelecidas na legislação.

Whelan (1995) classifica os diferentes tipos de queima, como sendo:

- a) Incêndio (Florestal) - quando o fogo natural ou antrópico queima a vegetação de forma descontrolada;
- b) Queimada controlada - é a queima antrópica em uma determinada área e em uma época para atingir o objetivo específico;
- c) Queima prescrita - é uma queima controlada cujo objetivos, métodos e técnicas foram definidos por gestores ambientais com vistas ao manejo de áreas protegidas.

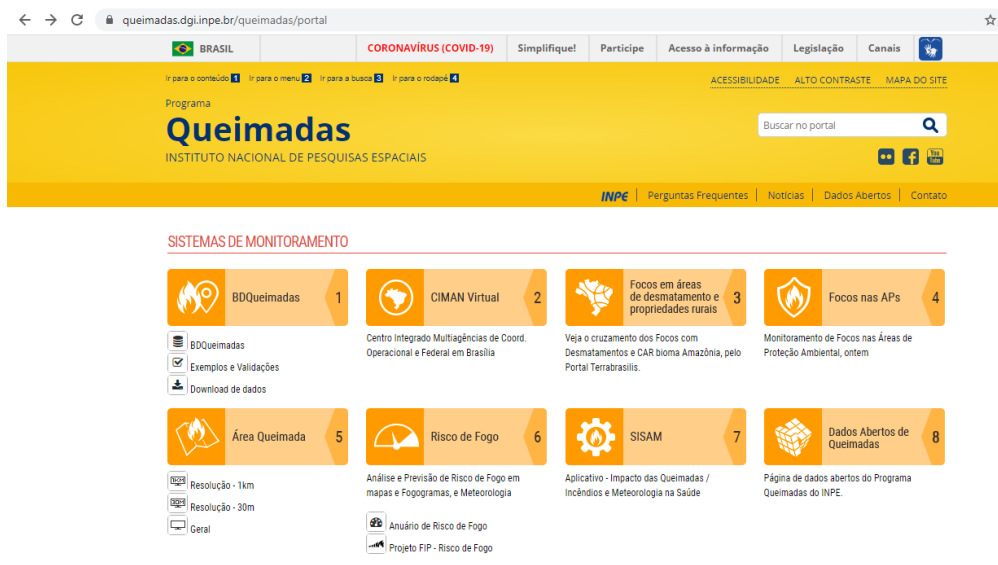
As queimadas, portanto, denotam caráter eminentemente antrópico, ao contrário dos incêndios (SOARES; BATISTA, 2007). O Manejo Integrado do Fogo (MIF), aplicado as algumas áreas protegidas, corresponde a chamada queima prescrita, que é autorizada pela legislação e realizada em período apropriado com controle.

Os maiores impactos estão associados a ocorrência dos incêndios florestais que são desencadeados por ações antrópicas vinculadas a desmatamentos, queimadas de roçados dos pequenos produtores e os intencionais em áreas de conflitos rurais e territoriais.

Os incêndios florestais geram prejuízos ambientais, assim como podem resultar em prejuízos econômicos nas propriedades rurais. De acordo com Vera Diaz et al. (2002), os incêndios representam às propriedades rurais da Amazônia perdas de 0,1 e 0,2% do PIB, e 0,2 a 1,6% do PIB da produção agropecuária da região.

Contribuição das bases de dados institucionais

O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), mapeia desde 1986 a radiação térmica emitida por fogo no território brasileiro, cujo produtos históricos e diários relativos a monitoramento e a modelagem da ocorrência e propagação e classificação do fogo ativo na vegetação, seu risco, extensão e severidade, utilizando técnicas de Sensoriamento Remoto, Geoprocessamento e Modelagem Numérica são disponibilizados livremente <http://www.inpe.br/queimadas> para qualquer interessado por meio de mapas, tabelas e gráficos (Figura 1).

Figura 1 – Interface do Sistema de Monitoramento de Queimadas do INPE

Fonte: <https://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/portal>

As informações disponíveis no citado portal que podem auxiliar no equacionamento de dúvidas quanto as causas e comportamento dos incêndios podem ser obtidas em:

- *SIG BDQueimadas*, que permite visualizar os focos em um Sistema de Informação Geográfica On-Line (WebGis), com opções de filtragem dos focos em períodos, regiões de interesse, satélites, planos de informação (p.ex. desmatamento, hidrografia, estradas), etc., além da exportação dos dados em formatos csv, shapefile e kml;
- *Ciman Virtual*, que é o sistema de monitoramento e apoio ao Centro Integrado Multiagências de Coordenação Operacional e Federal em Brasília, visando integrar dados derivados de satélites com informações, fotos e detalhes das equipes que estão em campo combatendo o fogo, em tempo real;
- *TerraMA2Q*, é um sistema de software livre voltado para criação de salas de situação e monitoramento de fogo com dados e *Know How* do INPE;
- *Focos nas Áreas Protegidas*, que é um Boletim Diário das Áreas Protegidas e Territórios Indígenas com Focos Ativos detectados no dia anterior, incluindo links que os mostram já inseridos no SIG do monitoramento;

- *Área Queimada*, que apresenta os polígonos estimados das cicatrizes das áreas queimadas geradas a partir de imagens de resolução espacial 30m (aq30m) e 1km (aq1km);
- *Risco de Fogo*, é o dado que representa a condição do risco de fogo observado utilizando dados meteorológicos dos últimos 120 dias, e previsões futuras considerando dados de modelos numéricos de até 5 dias;

Estes produtos são possíveis de serem gerados e disponibilizados pois o atual sistema do INPE utiliza-se do procedimento de processamento de imagens de nove diferentes satélites e usa três tipos de sensores ópticos (o AVHRR; o Modis e o VIIRS) para gerar o maior número possível de alertas de focos de queima, o que favorece a localização de áreas em que o fator humano produz grandes aglomerados de focos.

Recentemente, a iniciativa do MapBiomias, passou a disponibilizar em mapas e estatísticas anual, mensal e acumulada para qualquer período entre 1985 e 2020 os dados e queimadas e incêndios florestais. Estes dados estão disponíveis gratuitamente em <https://mapbiomas.org>. A metodologia adotada por essa plataforma envolveu o processamento de 150 mil imagens geradas pelos satélites Landsat 5, 7 e 8, com destaque a área queimada em cada pixel de 30m X 30m dos mais de 8,5 milhões de quilômetros quadrados do território brasileiro ao longo dos 36 anos entre 1985 e 2020. A resolução, portanto, dos dados é de 30 metros, permitindo correlacionar com tipo de cobertura e uso do solo, recortes territoriais e fundiários por bioma, estado, município, bacia hidrográfica, unidade de conservação, terra indígena, assentamentos e áreas com Cadastro Ambiental Rural (MAPBIOMAS, 2021).

Contribuição das modelagens de risco e propagação de incêndios

Os avanços na operacionalização sistematizada, possibilitada pelos Sistemas de Informações Geográficas (SIG) com integração no cruzamento de informações/variáveis, podem auxiliar na compreensão da dinâmica do risco de incêndio, determinar áreas de risco e prioritárias para futuras intervenções, conforme a natureza do fenômeno abordado, favorecendo, portanto, a compreensão do fenômeno.

Modelagens de risco a incêndio baseados em álgebra integrada e sistêmica vem sendo testadas (CHUVIECO et al., 2010; SOARES NETO et al., 2016; SANTOS e

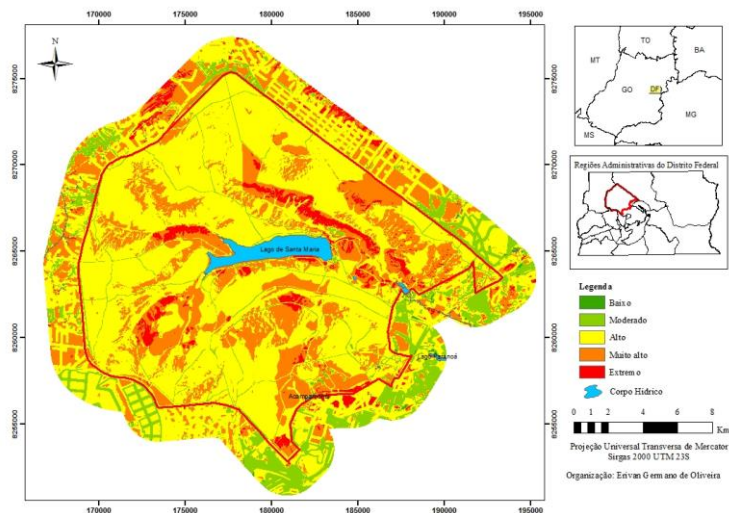
FARIA, 2020; FREITAS, 2021 e GOULART, 2021) e permitindo entender sobre a dinâmica de propagação dos incêndios.

Estas modelagens realizam a inserção nos sistemas de informações geográficas das variáveis que são responsáveis para a combustão, como oxigênio, combustível e fonte de ignição, comumente representados pelo triângulo do fogo (ROBINNE, HALLEMAB e BLADOND, 2020) que são associadas as variáveis ambientais como topografia, clima e vegetação (TORRES; SILVA JR e LIMA, 2019). São realizadas operações de álgebras definindo pesos entre as variáveis e coeficientes de normalização, com a função de equacionar a relação entre as variáveis e permitir a representação cartográfica dos riscos de ocorrência do processo.

Essas pesquisas apontam que somado ao comportamento complexo e integrado das variáveis ambientais, deve ser incluídas outras variáveis, como as antrópicas que passam a exercer fator preponderante para a incidência da queima e o incêndio.

Soares Neto et al (2016) constatou que focos de incêndios estão diretamente vinculados a proximidade áreas urbanas e estradas, sendo que a presença de estradas/rodovias pavimentadas exercerem ainda maior interferência. A análise apontada por estes autores vincula-se ao comportamento de deslocamento da população ao longo do território e a facilidade de acesso a áreas vegetadas que são expostas ao risco de incêndios intencionais ou “não intencionais”, promovidos por cigarros, deposito de lixos (vidro, lata de alumínio) que se transforma em fontes de ignição.

A Figura 2 apresenta o modelo de risco de incêndios elaborado por Soares Neto et al (2016), para exemplificar como é o produto resultante de um modelo.

Figura 2 – Mapa de risco de incêndio florestal.

Fonte: Soares Neto et al (2016)

Freitas e Faria (2021) validaram o modelo de risco de propagação de incêndios florestais em área privada no nordeste goiano com as cicatrizes de queimadas disponibilizadas pelo INPE e obtiveram índice de validação do modelo de 85%, constatando ainda que as atividades antrópicas que ocorrem nas propriedades vizinhas a área avaliada são as responsáveis pelo desencadeamento de incêndios florestais. Ressaltando, portanto, que o processo de incêndios não deve ser avaliado isolado e restrito a apenas uma localidade.

O uso dessas técnicas demandará do perito conhecimento de sistema de informações geográficas e tratamento de dados em softwares dessa linha.

Contribuições das Geotecnologias

As plataformas áreas não tripuladas, também conhecidas como VANT ou drone, também beneficiam o procedimento de monitoramento, fiscalização e avaliação das causas e consequências da ocorrência de incêndios florestais.

Cotomácio e Lima (2020), apresentam que:

No contexto da criminalística, a utilização de tais tecnologias implica na melhoria da qualidade da prova pericial, uma vez que são obtidas imagens aéreas em melhor resolução do que as de satélite. Além disso, é possível a redução no tempo dos exames (a exemplo de um levantamento topográfico), a economia de recursos e a redução da exposição a riscos (alcance de locais de difícil acesso) (COSTOMÁCIO; LIMA, 2020: 3).

Geralmente as plataformas aéreas não tripuladas por apresentar elevada resolução espacial, obtidas nas tomadas de imagens aéreas com estes instrumentos (geralmente, com pixel na casa de 4 cm, empregando-se uma câmera digital comum com 12 megapixels, numa altura de voo de 130 metros, dependendo dos propósitos e condições de voo), permitem imagens oblíquas que possibilitam avaliar a extensão espacial da área afetada e o grau inflamabilidade da área afetada (Figura 3).

Figura 3. Exemplo de tomada de visualização de área queimada com drone.



Fonte: Costa, 2021.

Maia, Ferreira e Costa (2019), apontam que o uso do VANT na perícia otimiza o tempo, maior segurança aos peritos nas visitas (trabalhos de campo) em áreas de difícil acesso, permitindo que seja evitado inclusive o contato físico com os responsáveis pelos crimes ambientais.

Estes autores apresentam ainda que o uso do VANT, possibilita “investigar aquilo que o olho humano não detecta em solo (características da vegetação e/ou do solo, por

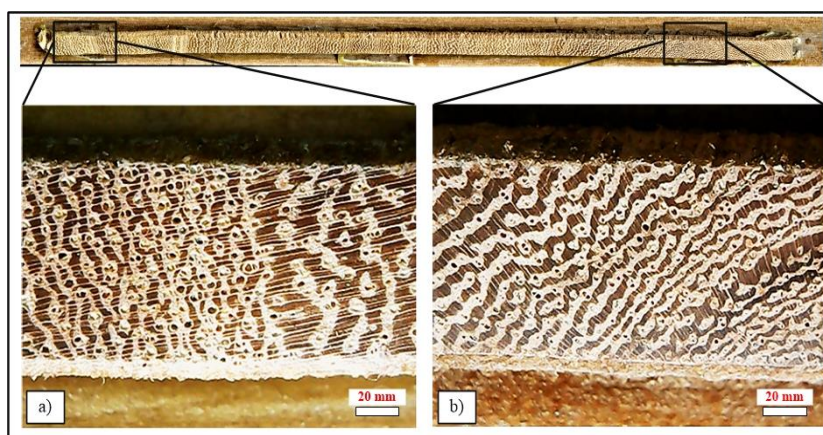
exemplo, que indicam graus de contaminação ou degradação ambiental)” (MAIA, FERREIRA e COSTA, 2019: 3198).

A adoção do uso dessas plataformas pode ser amplamente beneficiar a atuação do perito e da elaboração dos laudos e no caso de avaliação de áreas que foram sujeitas ao incêndio contribuindo para equacionar as causas de ocorrência do processo.

Contribuição da Dendropirocronologia

A dendropirocronologia utiliza as marcas deixadas pelos incêndios florestais nos anéis de crescimento para obter uma sequência cronológica e a abrangência espacial dos mesmos (ANDRADE, 2013) (Figura 4). Trata-se de um dos ramos da dendrocronologia.

Figura 4. Seção transversal do madeirado caule da espécie de *Guarea* *Guidonea*.



Fonte: Nicolau, 2020.

A dendrocronologia é uma ciência que estuda e interpreta o crescimento anual dos anéis das árvores. Tomazello et. al (2001), aponta que a verificação da existência de anéis de crescimento em espécies arbóreas vem sendo tratada há muito tempo, com registros históricos em obras de Leonardo Da Vinci, que no século XVI reconheceu em árvores de *Pinus*, na Toscana, Itália, a relação entre anéis de crescimento e o clima. No entanto, a sistematização da dendrocronologia como ciência está associada aos alemães Theodor e Robert Hartig em meados do século XIX e nas pesquisas de Andrew E. Douglas em 1901 sobre associações entre manchas solares, a meteorologia e os anéis de crescimento de árvores (GONÇALVES, et al., 2007).

Para Fritts (1976), a dendrocronologia é um dos métodos fundamentais para determinar as possíveis variabilidades climáticas ao longo do tempo. Cook e Kairiukstis (1990), apontam que a relação entre os anéis e as condições ambientais, permite que os anéis funcionem como arquivos naturais que identifica e data muitos acontecimentos ambientais como, geadas, inundações, furacões, incêndios, sismos, erupções vulcânicas, pragas, aumentos de concentrações de CO₂ atmosférico, entre outros.

Nesse sentido, Schweingruber (2007) aponta que a dendrocronologia se desdobra em diferentes ramos, descritos no quadro 02.

Quadro 02- Ramos da Dendrocronologia

Dendroclimatologia	utiliza as informações sobre a espessura, densidade e o tipo de compostos presentes nos anéis, para reconstruir paleoclimas, compreender as alterações climáticas que têm vindo a ocorrer no planeta e prever a resposta da floresta ao clima futuro);
Dendroglaciologia	ajuda a estudar e datar a atividade dos glaciares
Dendroecologia	analisa padrões, o tamanho e a densidade dos anéis para entender melhor que relações bióticas e que fatores abióticos influenciaram o crescimento das árvores e assim reconstituir a história da floresta
Dendropirocronologia	utiliza as marcas deixadas pelos incêndios nos anéis, para obter uma sequência cronológica e abrangência espacial deles
Dendroarqueologia	estuda a sequência de anéis presentes em artefatos arqueológicos, habitações, pinturas em madeira e estruturas de combustão para construir uma cronologia que permita datar com precisão o contexto arqueológico
Dendrogeomorfologia	procura compreender as alterações ocorridas nas paisagens devidas a deslizamentos, movimentos de dunas, atividade eólica, sismos, vulcões e fenômenos cósmicos
Dendrohidrologia	identifica e estuda alterações nos níveis dos corpos de água);

Fonte: Schweingruber (2007).

Em geral estas informações obtidas através da análise dos anéis de crescimento das árvores podem da mesma forma, proporcionar a elaboração de modelos de predição de eventos climáticos, além de fornecer dados imprescindíveis para o monitoramento ambiental e tomada de decisões no manejo florestal sustentável (LISE et al., 2001).

A descoberta de ciclos sazonais de crescimento em espécies tropicais e subtropicais faz da dendrocronologia uma ferramenta promissora para o estudo da estrutura e, principalmente, da dinâmica dessas florestas. Todavia, o número de espécies comprovadamente aptas para investigações dendrocronológicas ainda é pequeno, especialmente quando comparado à imensa biodiversidade desses ecossistemas (TOMAZELLO et. al., 2001).

Oliveira (2018) aplicando a dendropirocronologia na investigação dos incêndios florestais que ocorrem no parque Altamiro de Moura Pacheco, constatou que os incêndios que causaram maior dano nos lenhos arbóreos ocorreram durante a década de 1990 em indivíduos arbóreos que se encontram em áreas naturalmente favoráveis a ocorrência de queimadas.

A dendropirocronologia é realizada com o procedimento de coleta não-destrutiva do caule da árvore com um trado de incremento, também conhecido como Sonda Pressler. Segundo Botosso e Mattos (2002) as amostras de madeira do tronco das árvores (baguetas) devem possuir diâmetro de 5.5 mm, com até 40 cm de comprimento, pois elas serão submetidas ao processo de polimento com lixas de diferentes granulometrias para posterior demarcação dos anéis de crescimento.

Os anéis serão demarcados com apoio de microscópio estereoscópico que permita a avaliação da existência de marcas de fogo nos anéis de crescimento e a datação da ocorrência desses eventos (Figura 5) (HIGUEIRA et.al. 2005).

Figura 5: Demarcação dos anéis de crescimento do indivíduo arbóreo e identificação das possíveis marcas de incêndio



Fonte: Oliveira, 2018.

O uso dessa técnica demandará do perito conhecimento específicos na área de dendrogeomorfologia, mas que poderá equacionar dúvidas que associadas inclusive com

outras contribuições com demais contribuições apresentada nesse artigo pode amplificar a compreensão do processo.

Considerações finais

O reconhecimento da magnitude, alcance, causas e consequências das modificações ambientais, implica diretamente em reconhecer como as variáveis ambientais se relacionam e quando as modificações ambientais passam a ser potencializar perturbações que resultem em impactos e danos ambientais.

O campo de atuação aberto aos peritos ambientais após a legislação demanda forte capacitação do profissional que irá de dedicar a avaliar processos e identificar os responsáveis pelos danos. Em função da variabilidade de impactos e danos ambientais que podem decorrer das atividades antrópicas, o profissional que se disponibiliza a atuar como perito deve ser capacitado e habilitado na compreensão da compartimentação e integração ambiental, estabelecendo uma relação interdisciplinar na avaliação dos fatos a ele apresentados e questionados.

O perito ambiental tem um papel importante no equacionamento da existência do dano, na avaliação da atividade lesiva e no estabelecimento do nexu casual. Nesse sentido, a perícia quanto a recorrência de incêndios em localidades específicas pode ser favorecida pela adoção de várias técnicas apresentadas nesse artigo de forma a contribuir para a compreensão da natureza do processo vinculado aos incêndios com identificação dos responsáveis pelos impactos e pelos danos.

Referências

ANDERSON, M.K. The ethnobotany of deergrass, *Muhlenbergia rigens* (Poaceae): its uses and fire management by California Indian Tribes. **Economic Botany**, 50: 409-422. 1996.

ANDRADE, A. P., **Dendrocronologia, Seta água e rios**. 2013. Disponível em: <https://www.seta.org.pt/>. Acessado em: 15 de setembro de 2021.

BOEHM, P. D.; MURPHY, B. L. Application of Environmental Forensics. In: MURPHY, Brian L.; MORRISON, Robert D. **Introduction to environmental forensics**.3. ed. San Diego: Academic Press, 2014.

BOND, W.J; WOODWARD, F.L.; MIDGLEY, G.F. The global distribution of ecosystems in a world without fire. **New Phytologist**, 165: 525-538. 2005.

BOTOSO, P.C.; MATTOS, P.P. A idade das árvores: importância e aplicação. **EMBRAPA Florestas**, Colombo-PR, 2002.

BRAGA, B. **Introdução à Engenharia Ambiental**. São Paulo: Prentice Hall, 2002.

BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012**: Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 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 nºs 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 dá outras providências. Brasília: Presidência da República, [2012]. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm. Acesso em 02 set.2023.

BRASIL. **Lei nº 9.605 de 12 de fevereiro de 1998**: Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de lei de crimes ambientais, condutas e atividades lesivas ao meio ambiente. Brasília: Presidência da República, [1998]. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19605.htm. Acesso em 02 set.2023.

Brasil. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução CONAMA nº 01, de 23 de janeiro de 1986. Disponível em: <https://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/legislacao/MMA/RE0001-230186.PDF>. Acesso em 02 set.2023.

CABRAL, A. L. A.; MORAS FILHO, L. O.; BORGES, L. A. C. Uso Do Fogo Na Agricultura: Legislação, Impactos Ambientais E Realidade Na Amazônia. **IX Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 9, (5):159-172. 2013.

CARDOSO, M.F.; NOBRE, C.A.; LAPOLA, D.M.; OYAMA, M.D.; SAMPAIO, G. Long-term potential for fires in estimates of the occurrence of savannas in the tropics. **Global Ecology and Biogeography**, 17(2): 222–235. 2008.

CHANG, Y.; ZHU, Z.; BU, R.; LI, Y.; HU, Y. Environmental controls on the characteristics of mean number of forest fires and mean forest area burned (1987-2007) in China. **Forest Ecology and Management**, v. 356: 13-21. 2015.

CHIAVARI, J.; LOPES, C. L. **Forest And Land Use Policies On Private Lands: An International Comparison Argentina, Brazil, Canada, China, France, Germany, And The United States**. 2017.

CHUVIECO, E.; YEBRA, M.; NIETO, H.; SALAS, J.; MARTIN, M. P.; VILAR, L.; MARTÍNEZ-VEGA, J.; MARTÍN, S.; IBARRA, P.; DE LA RIVA, J.; BAEZA, J.; RODRIGUEZ, F.; MOLINA, J.; HERRERA, M.; ZAMORA, R. Development of a framework for fire risk assessment using remote sensing and geographic information system Technologies. **Ecological Modelling**, v. 221:46-58. 2010.

COELHO, M. C. N. Impactos Ambientais em Áreas Urbanas. Teorias, Conceitos e Métodos de pesquisa. In: A. J. T. Guerra e S. B. Cunha (Ed.). **Impactos Ambientais Urbanos no Brasil**. Rio e Janeiro: Bertrand Brasil, 2001.

COOK, E.R.; KAIRIUKSTIS, L.A. *Methods of Dendrochronology. Applications in the Environmental Sciences.* **International Institute for Applied Systems Analysis.** Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 394 p. 1990.

COTOMÁCIO, A. C.; LIMA, B. L. O Uso do Drone de Baixo Custo em Aerofotogrametria e sua Aplicação na Perícia Ambiental Criminal. **Brazilian Journal of Forensic Sciences, Medical Law and Bioethics** 9(4):459-476. 2020.

DIAZ, M. del C. V.; NEPSTAD, D.; MENDONÇA, M. J. C.; MOTTA, R. S. da, ALENCAR, A.; GOMES, J. C.; ORTIZ, R. A. **O Prejuízo Oculto do Fogo: Custos Econômicos das Queimadas e Incêndios Florestais na Amazônia.** Relatório do Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia (IPAM) em colaboração com o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) e o Centro de Pesquisa Woods Hole (WHRC). Versão setembro de 2002.

FREITAS, P.A.M. **Avaliação da dinâmica da Paisagem na Produção de Risco a Incêndios na Reserva Legado Verdes do Cerrado (Niquelândia-GO).** Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2021.

FRITTS, H.C **Anéis de árvores e clima.** London: Academic Press, 1976,FRIZZO T.L., BONIZARIO C., BORGES M.P.;VASCONCELOS H. 2011. Uma revisão dos efeitos do fogo sobre a fauna de formações savânicas do Brasil. **Oecologia Australis**,15(2): 365-379.

GONÇALVES, M.P.M.; COFFLER, R.; CARVALHO, A. M. DE; GARCIA, R. A. **Variação radial da densidade básica e comprimento das fibras da madeira de Tectona grandis L.** Floresta e Ambiente, v.14, n.1, p.70-75, 2007. Disponível em: <https://www.floram.org/article/588e2217e710ab87018b464c>. Acessado em: 15 de setembro de 2021

GOULART, A.L.G. **Modelagem de risco a incêndio para as áreas protegidas do Vão do Paranã – GO.** Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2021.

HIGUEIRA, P.E; SPRUGEL, D.G; BRUBAKER, L.B. Reconstructing fire regimes with charcoal from small-hollow sediments: a calibration with tree-ring records of fire. **The holocene**, Washington, USA, v. 15:238-251. 2005.

HOFFMANN, W.A. Fire and population dynamics of woody plants in a neotropical savanna: Matrix model projections. **Ecology**, 80: 1354-1369. 1999.

JOLLY, W.M.; COCHRANE, M.A.; FREEBORN, P.H.; HOLDEN, Z.A.; BROWN, T.J. Climate-induced variations in global wildfire danger from 1979 to 2013. **Nature Communications**, v. 6 (5): 1-11. 2015.

KEELEY, J.E.; FOTHERINGHAM, C.J. Role of fire in regeneration from seed. In: Fenner, M. (Ed.) **Seeds: The Ecology of Regeneration in Plant Communities**. 2° Ed. London, UK: CAB International. 2000.

LAZZARINI, Walter. Introdução à perícia ambiental. In: PHILIPPI JR., A.; ALVES, A. C. (orgs.). **Curso interdisciplinar de Direito Ambiental**. Barueri: Manole, p. 161-192. 2005.

LEMOS, A.F. de. Laudo Pericial Em Locais Atingidos Por Incêndios Florestais. **Floresta** 34 (2): 175-178. 2005.

LINN, R.R.; CANFIELD, J.M.; CUNNINGHAM, P.; EDMINSTER, C.; DUPUY, J.L. Using periodic line fires to gain a new perspective on multi-dimensional aspects of forward fire spread. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 157:60-76. 2012.

LISE, C.S; PESSENDA, L.C.R; TOMAZELLO FILHO, M; ROZANSKI, K. 14C. Bomb effect in tree rings of tropical and subtropical species of Brazil. **Tree-Ring Research**, Tucson, v. 57 (2):191-196. 2001.

MAIA, P. C. S.; FERREIRA, M. E.; COSTA, J. V. S. Aplicação De Veículos Aéreos Não Tripuladas Em Auxílio Às Perícias Ambientais Do Ministério Público Do Estado De Goiás. In: **Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. 2019.

MAPBIOMAS. Relatório Anual do Desmatamento no Brasil 2020 - São Paulo, Brasil - MapBiomass, 2021 - 93 páginas. Disponível em: <http://alerta.mapbiomas.org> . Acesso em 02 set.2023.

MCGREGOR, S.; LAWSON, V.; CHRISTOPHERSEN, P.; KENNETT, R.; BOYDEN, J.; BAYLISS, P.; LIEDLOFF, A.; MCKAIGE, B.;ANDERSEN, A.N. Indigenous wetland burning: conserving natural and cultural resources in Australia's world. **Human Ecology**, 38: 721-729. 2010.

MIRANDA, H.S.; NETO, W.N.; NEVES, B.M.C. Caracterização das queimadas de Cerrado. In: H.S. MIRANDA (ed.) **Efeitos do regime do fogo sobre a estrutura de comunidades de Cerrado: resultados do Projeto Fogo**. Ibama, 23-34. 2010.

MIRANDA, H.S.; SATO, M.N.; NETO, W.N.; AIRES, F.S. Fires in the Cerrado, the Brazilian savanna. In: M.A. COCHRANE (Ed.). **Tropical fire ecology: climate change, land use and ecosystem dynamics**. Springer-Praxis, Heidelberg, Germany. 427-450. 2009.

MISTRY, J. Fire in the cerrado (savannas) of Brazil: an ecological review. **Progress in Physical Geography**, 22: 425-448. 1998.

MYERS, R. Living with Fire—Sustaining Ecosystems & Livelihoods Through Integrated Fire Management. **The Nature Conservancy**, 28p. 2006.

OLIVEIRA, D.S.O. **Zoneamento de risco de incêndios em povoamentos florestais no norte de Santa Catarina**. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade Federal do Paraná. 2002.

OLIVEIRA, T. B. **Aplicação da Dendrocronologia na Identificação de Processos Erosivos e Incêndios Florestais nos Parques Estaduais Altamiro de Moura Pacheco e João Leite, Goiânia, Goiás, Brasil**. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais). Universidade Federal de Goiás. 2018.

PAUSAS, J.G.; K., J.E. A Burning Story: The Role of Fire in the History of Life. **BioScience**, 59: 593-601. 2009.

PIVELLO, V.R. The use of fire in Brazil: past and present. **Fire Ecology**, v. 7: 24-39. 2011.

PIVELLO, V.R.; VIEIRA, I.; CHRISTIANINI, A. V; RIBEIRO, D.B.; MENEZES, L. DA S.; BERLINCK, C. N.; MELO, F. P.L., MARENGO, J. A., TORNQUIST, C. G.; TOMAS, W. M.; OVERBECK, G. E., Understanding Brazil's catastrophic fires: Causes, consequences and policy needed to prevent future tragedies. **Perspectives in Ecology and Conservation**, v 19 (3): 233-255. 2021.

ROBINNE, F. N.; HALLEMAB, D. W.; BLADOND, K. D. Wildfire impacts on hydrologic ecosystem services in North American highlatitude forests: A scoping review. **Journal of Hydrology**. 581: e124360. 2020.

RODRIGUEZ, J.M.M.; SILVA, E.V.; CAVALCANTI, A.P.B. **Geocologia das paisagens: uma visão geossistêmica da análise ambiental**. 2.ed. Fortaleza: Edições UFC. 2007. 222p.

ROTHERMEL, R.C. **How to Predict the Spread and Intensity of Forest and Range Fires**. US Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station. 1983.

SANTOS, M. B.; FARIA, K. M. S. Vulnerabilidades ambientais do Bioma Cerrado: Estudo da região Norte Goiano – Goiás. **Acta Geográfica**, Boa Vista, v. 14 (34): 242-258. 2020.

SCHMIDT, I. B; FONSECA, C. B; FERREIRA, M. C; SATO, M. N. Experiências Internacionais de Manejo de Integrado de Fogo em Áreas Protegidas – Recomendações para implementação de Manejo Integrado do Fogo no Cerrado. **Biodiversidade Brasileira**. 41-54. 2016.

SCHWEINGRUBER, F. H. **Wood structure and environment**. Springer, Velag Berlim Heidelberg. 1ed: 85- 126. 2007

SHLISKY, A.; WAUGH, J.; GONZALES, P.; GONZALES, M.; MANTA, M.; SANTOSO, H.; ALVARADO, E.; NURUDDIN, A.A.; RODRÍGUEZ-TREJO, D.A.; SWATY, R.; SCHMIDT, D.; KAUFMANN, M.; MYERS, R.; ALENCAR, A;

KEARNS, F.; JOHNSON, D.; SMITH, J.; ZOLLNER, D. **Fire, ecosystems and people: Threats and strategies for global biodiversity conservation**. GFI Technical Report. The Nature Conservancy. 2007.

SIMON, M.F.; GREYER, R.; QUEIROZ, L.P.; SKEMA, C.; PENNINGTON, R.T. e HUGHES, C.E. Recent assembly of the Cerrado, a Neotropical plant diversity hotspot, by in situ evolution of adaptations to fire. **Proceedings of the National Academy of Science USA**, 106(48): 20359-20364. 2009.

SOARES NETO, G. B.; BAYMA, A. P.; FARIA, K. M. S.; OLIVIERA, E. G.; MENEZES, P. H. B. J. Riscos de incêndios florestais no Parque Nacional de Brasília – Brasil. **Territorium**, Coimbra, v. 23: 161-170.2016.

SOARES, R.V.; BATISTA, A.C. **Incêndios florestais controle, efeitos e uso do fogo**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 31 p., 2007.

TOMAZELLO, M.F.; BOTOSSO, P.C.; LIZI, C.S. **Análise e aplicação dos anéis de crescimento das árvores como indicadores ambientais: Dendrocronologia e Dendroclimatologia**. São Paulo, 2001.

TORRES, F. T. P.; JÚNIOR, M. R. S.; LIMA, G. S. Influência dos elementos meteorológicos sobre o comportamento do fogo. **Revista brasileira de Meteorologia**. P 33-41. 2018.

VASCONCELOS, B. R. de. Espacialização dos focos de calor no estado do Amazonas, Amazônia brasileira. **GeoTextos**, [S. l.], v. 17, n. 1, 2021. DOI: 10.9771/geo.v17i1.44675. Disponível em: <https://periodicos.ufba.br/index.php/geotextos/article/view/44675>. Acesso em: 2 set. 2023.

WHELAN, R.J. **The ecology of fire**. Cambridge University Press. 1995

Recebido em 06 de maio de 2023.

Aceito 25 de agosto de 2023.

Publicado em 05 de setembro de 2023.