



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
ESCOLA DE MINAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA



TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**RECONSTRUÇÃO DA VARIABILIDADE DO REGIME DE FOGOS DURANTE OS
ÚLTIMOS 4.000 ANOS NA REGIÃO CENTRAL DO CERRADO**

MARIANA LETÍCIA CAIXETA

MONOGRAFIA Nº 373

OURO PRETO, SETEMBRO DE 2020

**RECONSTRUÇÃO DA VARIABILIDADE DO REGIME DE FOGOS DURANTE OS
ÚLTIMOS 4.000 ANOS NA REGIÃO CENTRAL DO CERRADO**



FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO

Reitora

Prof.^a Dr.^a Cláudia Aparecida Marlière de Lima

Vice-Reitor

Prof. Dr. Hermínio Arias Nalini Júnior

Pró-Reitora de Graduação

Prof.^a Dr.^a Tânia Rossi Garbin

ESCOLA DE MINAS

Diretor

Prof. Dr. IssamuEndo

Vice-Diretor

Prof. Dr. José Geraldo Arantes de Azevedo Brito

DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

Chefe

Prof. Dr. Edison Tazava

MONOGRAFIA

Nº 373

RECONSTRUÇÃO DA VARIABILIDADE DO REGIME DE FOGOS DURANTE OS ÚLTIMOS 4.000 ANOS NA REGIÃO CENTRAL DO CERRADO

MARIANA LETÍCIA CAIXETA

Orientadora

Prof.^a Raquel Franco Cassino

Monografia do Trabalho de Conclusão de curso apresentado ao Departamento de Geologia da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para avaliação da disciplina Trabalho de Conclusão de Curso – TCC 402, ano 2020/1.

OURO PRETO

2020

Universidade Federal de Ouro Preto – <http://www.ufop.br>
Escola de Minas - <http://www.em.ufop.br>
Departamento de Geologia - <http://www.degeo.ufop.br/>
Campus Morro do Cruzeiro s/n - Bauxita
35.400-000 Ouro Preto, Minas Gerais
Tel. (31) 3559-1600, Fax: (31) 3559-1606

Direitos de tradução e reprodução reservados.

Nenhuma parte desta publicação poderá ser gravada, armazenada em sistemas eletrônicos, fotocopiada ou reproduzida por meios mecânicos ou eletrônicos ou utilizada sem a observância das normas de direito autoral.

Revisão geral:

Mariana Letícia Caixeta

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

C138r Caixeta, Mariana Leticia .
Reconstrução da variabilidade do regime de fogos durante os últimos
4.000 anos na região central do cerrado. [manuscrito] / Mariana Leticia
Caixeta. - 2020.
43 f.: il.: color., gráf., tab., mapa.

Orientadora: Profa. Dra. Raquel Franco Cassino.
Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola
de Minas. Graduação em Engenharia Geológica .

1. Paleontologia. 2. Carvão. 3. Cerrados - Incêndios. 4. Bacias
hidrográficas. I. Cassino, Raquel Franco. II. Universidade Federal de Ouro
Preto. III. Título.

CDU 56:551.509

Bibliotecário(a) Responsável: Sione Galvão Rodrigues - CRB6 / 2526

Ficha de Aprovação

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

TÍTULO: Reconstrução da variabilidade do regime de fogos durante os últimos 4.000 anos na região central do Cerrado

AUTORA: MARIANA LETÍCIA CAIXETA

ORIENTADOR: Raquel Franco Cassino

Aprovada em: 23 de setembro de 2020

BANCA EXAMINADORA:

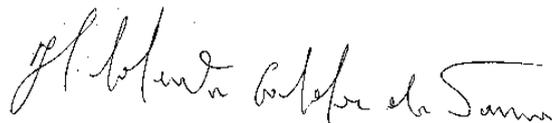
Profa. Dra. Raquel Franco Cassino
DEGEO/UFOP



Profa. Dra. Adivane Terezinha Costa
DEGEO/UFOP



Prof. Dr. Hildeberto Caldas de Sousa
DEBIO/UFOP



Ouro Preto, 23/09/2020

Agradecimentos

Agradeço profundamente à Professora Raquel pelo excelente trabalho conjunto. A meus pais Paulo e Solange, a meus irmãos e a Izabella pela torcida. Ao José Geraldo e Mariana Madeira pelo suporte, ao Raphael, Jéssica e Bruna pelo apoio durante toda a execução deste e à Paula pela responsabilização.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS.....	viii
SUMÁRIO	x
LISTA DE FIGURAS	xii
LISTA DE TABELAS	xiv
RESUMO	xix
ABSTRACT	xvii
1 INTRODUÇÃO	13
O papel do fogo no Cerrado	13
Uso de registros de carvão para o estudo de regimes de fogo do passado.....	15
Produção, transporte e deposição de carvão vegetal.....	15
2 OBJETIVOS	19
3 ÁREA DE ESTUDO.....	20
4 MATEIRAIS E MÉTODOS	23
Coleta do testemunho e cronologia do perfil	23
Análise das partículas de carvão e reconstrução da frequência de incêndios	23
5 RESULTADOS.....	25
Cronologia do perfil	25
Reconstrução da frequência de incêndios	26
6 DISCUSSÃO	29
7 CONCLUSÕES	34
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	36
9 ANEXOS	43

INDÍCE DE FIGURAS

Figura 1: Carvão microscópico.....	17
Figura 2: Localização, relevo e vegetação da área de estudo	22
Figura 3: Modelo de idades para as amostras do testemunho da Vereda Catulé.....	25
Figura 4: Carvões microscópios e respectivas imagens geradas pela ferramenta ImageJ	26
Figura 5: Gráfico de acumulação de microcarvões em relação a profundidade	27
Figura 6: Influxo de carvão no testemunho da Vereda Catulé por número de partículas e por área de sedimento	28
Figura 7: Correlação entre dados de vegetação, incêndios e clima	30
Figura 8: Fase F3 em maior detalhe	32

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Datações radiocarbônicas das amostras do testemunho da Vereda Catulé.. 25

Resumo

A Vereda Catulé situa-se no Norte de Minas Gerais e está inserida no Cerrado, segundo maior bioma brasileiro em extensão. O papel do fogo no Cerrado, como parte dos processos ambientais fundamentais ligados à formação e manutenção da sua vegetação, tem sido amplamente discutido. Os incêndios naturais, propiciados pelos ciclos climáticos característicos da região (duas estações bem marcadas) funcionam como um importante instrumento na preservação do Cerrado, cujas fitofisionomias são adaptadas à ocorrência destes. Estudos paleoecológicos de partículas de carvão preservadas em sedimentos, que visam a reconstrução das ocorrências de incêndios no passado, constituem importantes indicadores sobre a variabilidade da ocorrência de incêndios. Neste trabalho, são apresentados os resultados da análise do influxo de carvão em sedimentos da Vereda Catulé, situada na bacia do Rio Pandeiros, no norte de Minas Gerais, região central do Cerrado. Os dados de influxo de carvão, obtidos para o período entre aproximadamente 4000 e 400 anos cal (calibrados) AP (antes do presente), possibilitaram reconstruir a variabilidade da frequência de incêndios nesta região. O cruzamento dos dados da frequência de incêndios com dados pré-existentis da variação do clima e da vegetação foi utilizado para investigar as relações entre clima, vegetação e fogos ao longo dos últimos 4.000 anos nesta região central do bioma Cerrado. Os resultados indicaram que entre 4000 e 3000 anos AP não ocorreram fogos expressivos e a cobertura arbórea era mais abundante. A partir de 3000 anos AP, os picos de carvão foram mais frequentes, correspondendo ao declínio da vegetação arbórea. Picos de carvão indicando a ocorrência de incêndios foram detectados em 2800, entre 2200 e 1600 e a partir de 900 anos AP.

Palavras chave: carvão, paleo-incêndios, Vereda Catulé, Bacia hidrográfica do Rio Pandeiros.

Abstract

Verede Catulé is situated in the northern portion of Minas Gerais and is inserted in the Cerrado, the second biome with largest extension. The role of the fire in the Cerrado biome as part of its fundamental environmental processes associated with the formation and maintenance of its vegetation, has been widely discussed. The natural fires, caused by the climatic cycles specific of the region (two well-defined seasons), work as an important instrument in Cerrado's preservation, which phytophysiognomies are adapted to its occurrence. Paleoecological studies of preserved coal particles in sediments, which aim to reconstruct past fire occurrences, are important indicators about the variability of fire occurrences. In this work are presented the results of the influx analysis of coal sediments in Vereda Catulé, situated in the Rio Pandeiros basin, in the north of Minas Gerais, central region of Cerrado. The coal influx data, obtained to the term from approximately 4000 to 400 years cal before present, allowed the reconstruction of the variability of the frequency of the fires in this region. The crossing data about frequency of the fires and pre-existing data on climate and vegetation variation were used to investigate relationships between climate, vegetation of fires over the last 4.000 years in the central region of Cerrado biome. The results indicated that between 4000 and 3000 years AP there were no significant fires and the tree cover was more abundant. From 3000 years AP, coal peaks were more frequent, corresponding to the decline in tree vegetation. Coal peaks indicate the occurrence of fires were detected in 2800, between 2200 and 1600 and from 900 years AP.

O papel do fogo no Cerrado

O Cerrado é o segundo maior bioma brasileiro, abrangendo cerca de 2 milhões de km², representando 22% da superfície terrestre do Brasil além de pequenas áreas no leste da Bolívia e no nordeste do Paraguai. Sua distribuição é coincidente com os platôs do Brasil Central, que divide três dos maiores cursos de água na América do Sul: rio Amazonas, Prata/Paraguai e São Francisco, funcionando também como um corredor entre as duas áreas principais de floresta úmida da América do Sul, a Floresta Amazônica e a Mata Atlântica. No bioma Cerrado predomina uma vegetação majoritariamente gramínea, com estrato lenhoso pouco denso. Os estudos acerca dos processos ambientais ligados à formação, manutenção e estabilidade dos biomas terrestres têm se acentuado, gerando um aumento nas discussões que visam esclarecer sua evolução ao longo do tempo (KAUFFMANM, 2008).

No contexto do Cerrado Brasileiro, desde os estudos pioneiros sobre sua vegetação, tem-se buscado o esclarecimento e quantificação dos impactos do fogo em seus ecossistemas. (DIAS & MIRANDA, 2010). De acordo com Paysen (2000), a ocorrência de uma estação seca bem definida tende a caracterizar a ocorrência de incêndios naturais (que podem ocorrer até anualmente) em ecossistemas. Até mesmo em ambientes turfeiros, em que a vegetação é úmida, pode haver a propagação de incêndios após os períodos secos. A prevalência do fogo como agente ecológico foi constatada através do registro de grandes floradas provocadas pelas queimadas, pela destruição de árvores e observação dos impactos, e através dos efeitos na estrutura e dinâmica do estrato arbóreo (tortuosidade e morte, por exemplo) (DIAS & MIRANDA, 2010). O Cerrado, como qualquer bioma, tem seu complexo vegetacional determinado pelo clima, tendo também o solo e o fogo papéis primordiais na conformação vegetal (WALTER & RIBEIRO, 2010), em que sua vegetação campestre e savânica apresentam características e adaptações à ocorrência de fogo (SATO, MIRANDA e MAIA, 2010).

O clima do Cerrado é caracterizado pela sazonalidade de precipitação, mais abundante de outubro a março e mais escassa no período de abril a setembro (MIRANDA & SATO, 2005). Adicionalmente à sazonalidade de chuvas e deficiência de nutrientes no solo, o fogo é considerado um determinante para a vegetação do Cerrado, e seus organismos se adaptaram a um regime de queima definido pela época e frequência sistemática da ocorrência de incêndios (DIAS & MIRANDA, 2010). Assim, ao contrário do senso comum, o fogo age como agente regulador condicionante para as fitofisionomias do Cerrado (WALTER & RIBEIRO, 2010).

Atualmente, as queimadas motivadas pela ação antrópica, para preparo da terra para plantio e manejo de pasto, representam a grande maioria dos incêndios no Cerrado e não apresentam consequências benéficas para o bioma. Além dos incêndios causados pela ação antrópica, incêndios “naturais” causados por raios são comuns entre setembro e maio, ao final da estação seca e durante a

estação chuvosa do ano (RAMOS, 1990). Segundo Coutinho (2000), o acúmulo da biomassa inflamável durante o período seco cria condições favoráveis à queima, que pode então ser desencadeada pela queda de raios no início da estação chuvosa, época em que ocorrem os maiores picos de queimadas condicionadas por fatores não-antrópicos. Assim, destaca-se a importância desse ciclo climático para a ocorrência dos incêndios naturais.

O regime de queima e o comportamento do fogo condicionam os impactos pós fogo. O fogo no Cerrado comumente é de superfície (MUNHOZ & AMARAL, 2010), que se propaga consumindo a vegetação do estrato rasteiro, principalmente, e cuja propagação relaciona-se às condições climáticas e ao combustível. A depender da distribuição do combustível (arbustos, graminóides, etc.), os fogos podem atingir a copa das árvores. Nesse caso, ele pode passar a se propagar com alta intensidade pelo dossel e então é denominado fogo de copa.

A temperatura do solo é influenciada direta e indiretamente por queimadas; os efeitos diretos podem ser notados durante a passagem do fogo, com alteração nas temperaturas registradas, e os indiretos são causados pela alteração na vegetação, sendo mais persistentes no tempo e, portanto, mais prejudiciais (MIRANDA, NETO e NEVES, 2010). As temperaturas máximas medidas durante as queimadas variam de 29°C a 55°C a 1 cm de profundidade, e variam menos em maiores profundidades (5 cm a 10 cm). Essa variação de temperatura no primeiro centímetro reflete diferentes quantidade e composição do combustível consumido, residência da frente de fogo e na quantidade de água no solo. Consequente ao alto consumo de combustível, há uma redução de cobertura vegetal e deposição de cinzas na superfície do solo, que podem alterar termicamente o regime do solo (MIRANDA, NETO e NEVES, 2010). Segundo Coutinho (2000), as temperaturas máximas medidas durante as queimadas podem chegar a 800°C no ar, mas, em profundidade, a poucos centímetros da superfície, eleva-se apenas alguns graus, de forma que uma camada de terra é suficiente para agir como isolante térmico, preservando os sistemas subterrâneos do Cerrado.

Os danos sofridos pela vegetação durante as queimadas são classificados por Sato, Miranda e Maia (2010) como dano total ou severo, quando ocorre a morte da parte aérea sem a emissão de rebrotas nas duas estações de crescimento que sucedem o evento de queima, isto é, a morte do indivíduo; dano moderado ou topkill, quando ocorre a morte da parte aérea com rebrotamento por órgãos subterrâneos ou na parte basal do tronco; ou dano leve, quando ocorre rebrota aérea independente da perda de ramos. Segundo Kayll (1968), a temperatura letal para causar dano no tecido vegetal é uma função do conteúdo de água no tecido e do tempo de exposição a que é submetido.

De forma geral, os danos observados são, segundo Sato, Miranda e Maia (2010), menos significativos quando os eventos de fogo são isolados. Os danos moderados causam alterações significativas na estrutura das populações resultando em um maior número de indivíduos do estágio juvenil e danos mais acentuados são observados quando ocorrem eventos de queima entre intervalos

menores. Assim, grande parte das espécies consegue manter a alta reprodutividade de 1 a 2 anos após a queima, e tem sua estrutura alterada a longo prazo.

Durigan & Ratter (2016) ressaltam que o manejo do fogo é um importante instrumento para manutenção e preservação das fitofisionomias do Cerrado, cujas formas mais comuns são adaptadas à ocorrência de incêndios. As fitofisionomias possuem um estrato rasteiro bem desenvolvido, majoritariamente gramíneo, e um estrato lenhoso pouco denso, em que a copa das árvores não constituem um dossel contínuo (MIRANDA & SATO, 2005). Em seu trabalho, Coutinho (2000) mostra que, na ausência do fogo, pode ocorrer a substituição do Cerrado por vegetações mais altas e densas como a expansão da mata Atlântica sobre o Cerrado, ocasionando uma privação de luz em contato direto com o solo e conseqüente alteração do substrato basal regional.

Uso de registros de carvão para o estudo de regimes de fogo do passado

As partículas de carvão em sedimentos podem ser utilizadas como um indicador possibilitando a reconstrução de padrões de queima de biomassa e o registro das ocorrências de incêndios no passado (WITHLOCK & LARSEN, 2002). Registros de paleo-incêndios foram constatados por Edwards e Axe (2004) em sedimentos desde o Siluriano até o Quaternário (por exemplo FLANNINGAN, 2009). A análise de carvão quantifica o acúmulo de partículas carbonizadas em sedimentos durante e após um evento de incêndio, onde níveis estratigráficos com carvão abundante (os chamados picos de partículas de carvão) são inferidos como evidência de incêndios passados (LAST et al, 2002). Em testemunhos sedimentares coletados em lagos ou turfeiras, a análise das partículas de carvão associada à datação dos sedimentos pelo método do Carbono 14, permite a reconstrução da variabilidade da frequência de fogos no passado, em escala secular a multi-milênar.

Para a análise macroscópica de partículas de carvão em testemunhos sedimentares, são extraídas subamostras de 1 cm³ ao longo do testemunho, que são submetidas a processos de branqueamento e peneiração descritos por Mooney e Black (2003) Em seguida, a separação das partículas de carvão das frações minerais remanescentes é feita manualmente no microscópio estereoscópico. É realizado, então, o processamento digital da amostra em softwares, que realizam a medição de comprimentos e larguras de carvão vegetal e a área individual e total das partículas (HAWTHORNE et al. 2018). A partir destes dados, obtém-se a curva de influxo de carvão que reflete a variação na frequência de incêndios ao longo do tempo.

Produção, transporte e deposição de carvão vegetal

Os paleo-incêndios têm registro de ocorrências regulares em diversos ecossistemas desde o surgimento das primeiras espécies vegetais não aquáticas, atuando como modelador da vegetação (EDWARDS & AXE, 2004). Segundo Last et al (2002), a produção de carvão vegetal ocorre com a queima incompleta da matéria orgânica durante um incêndio. Sua taxa de acumulação depende de

algumas características do incêndio como: tamanho, intensidade (ou gravidade) e distância transportada. O carvão é denominado primário quando depositado durante ou logo após um evento de incêndio e secundário quando escoado para o lago tardiamente em meio a outros tipos de sedimentos. Partículas de carvão podem ser transportadas a grandes alturas e distâncias e sua fonte pode ser regional ou distante. Os registros são compostos por fontes primárias e secundárias, em que as partículas podem ser depositadas por anos após o incêndio, o que pode dificultar a inferência de níveis de intensidade de fogo baseado nos registros lacustres (LAST et al, 2002).

Clark & Patterson (1997) preveem que partículas muito pequenas são elevadas a grandes alturas e viajam longas distâncias (além de 100m). Modelos teóricos também sugerem uma “distância de salto” entre os locais de origem e deposição. Em princípio, poucas partículas de carvão são depositadas em locais mais distantes do que 6 km da coluna de convecção. Alguns estudos realizados após incêndios modernos confirmam as previsões do modelo, mostrando uma diminuição em abundância de carvão longe da fonte. Em um estudo realizado após os incêndios de 1988 no Parque Nacional de Yellowstone, o acúmulo de carvão em pequenos lagos indicou partículas de carvão abundantes em locais dentro de um raio de 7 km do local do incêndio (WHITLOCK & MILLSPAUGH, 1996), além dessa distância, o acúmulo de tais partículas diminuiu acentuadamente. Em outro estudo abrangente do sedimento superficial de 35 lagos após um incêndio em 1996 na cascata Range of Oregon (GARDNER & WHITLOCK, 2001 apud LAST et al, 2002), as quantidades de carvão em amostras superficiais (0–2 cm e 2–4 cm de profundidade) de locais queimados e de locais localizados a poucos quilômetros foram comparadas. Amostras dos locais queimados apresentaram abundância de carvão estatisticamente maior do que os locais não queimados e os picos (ou seja, diferença entre a primeira e a segunda amostra) foram melhor definidos nas amostras coletadas mais próximas ao núcleo da queimada. Os resultados sugerem que os lagos que receberam maior quantidade de partículas de carvão ficam dentro do perímetro queimado ou na direção do vento do local.

Last et al. 2001, que revisou informações de vários trabalhos sobre o tema, indica que as emissões de material particulado variam de acordo com as condições de incêndio e de combustível que afetam a eficiência da combustão. Incêndios de baixa intensidade (ou seja, baixa liberação de calor por unidade de tempo) são conhecidos por produzir altas emissões de material particulado, devido à sua baixa eficiência de combustão. No entanto, partículas grandes são frequentemente associadas a incêndios de alta intensidade, porque ventos turbulentos movem essas partículas além da zona de combustão. Como resultado, incêndios de alta intensidade (com comprimento de chama longo) geralmente produzem partículas proporcionalmente maiores do que os de baixa intensidade.

Para estudos visando a reconstrução da frequência de incêndios usando sedimentos, as amostras para análise do carvão vegetal podem ser coletadas em lagos, solos e turfeiras, sendo que deve se preferir locais com baixa movimentação de água e bioturbações (HAWTHORNE et al. 2018). Popper (1988)

alerta que o número de fragmentos presentes em uma amostra pode não estar relacionado diretamente com a quantidade lenhosa queimada, mas com alguns fatores como taxa de preservação e fragmentação; por exemplo, encostas íngremes podem aumentar a introdução de carvão secundário através da erosão (SWANSON 1981 apud LAST et. al, 2001) e o tipo de solo pode afetar a taxa de erosão, afetando a entrada de carvão. Além disso, o nível de escoamento superficial e a presença de população ribeirinha também podem alterar o registro.

Para a produção do carvão, a temperatura deve atingir de 280 a 500°C (CHANDLER et al, 1983), e suas partículas são visualmente reconhecidas como fragmentos pretos opacos, angulares e geralmente planos (Figura 1). A maioria dos estudos sedimentares sobre carvão era, até alguns anos atrás, baseada na análise de partículas contidas em preparações de pólen. Apesar de algumas advertências quanto ao método, como por exemplo o das partículas se quebrarem ao longo da preparação do pólen, os dados são úteis, pois revelam períodos de queima no passado e geralmente as inferências paleoclimáticas são consistentes com as baseadas no registro do pólen (talvez porque as áreas de origem de pólen e carvão microscópico são semelhantes). Por exemplo, uma conclusão comum de estudos que combinam análises de pólen e carvão microscópico é que muitos incêndios ocorreram durante períodos em que espécies adaptadas a perturbações eram mais prevalentes; portanto, tanto o carvão quanto o pólen sugerem condições climáticas adequadas para incêndios. Por exemplo Cwynar (1987), e Behling (1995), que estudou a história do fogo no lago do Pires, no Sudeste Brasileiro, com a ajuda de partículas de carvão contadas nas próprias lâminas palinológicas, obtiveram resultados consistentes.

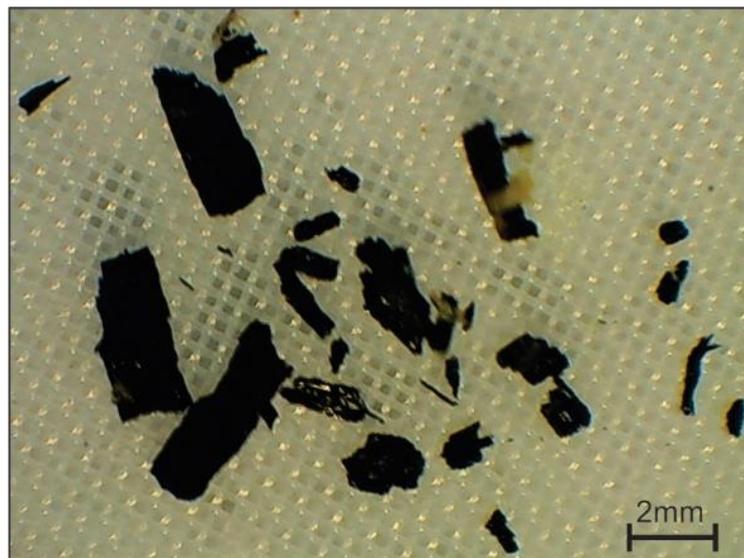


Figura 1: Carvão microscópico

Neste trabalho, a análise de partículas de carvão preservadas em um testemunho sedimentar coletado na Vereda Catulé, no norte de Minas Gerais, e o tratamento estatístico dos dados obtidos, serão utilizados para reconstruir a variabilidade do regime de fogos nesta região durante os últimos 4.000 anos. A partir desta análise, e da comparação dos resultados com dados palinológicos e paleoclimáticos, este estudo discutirá a interação entre clima, fogo e vegetação nesta região do cerrado brasileiro, em escala multi-milenar.

OBJETIVOS

Objetivo geral: relacionar as interações entre vegetação e clima com a frequência de incêndios no cerrado no Norte de Minas Gerais ao longo dos últimos 4.000 anos.

Objetivos específicos:

- Determinar o influxo de partículas de carvão.
- Determinar a variabilidade na frequência de incêndios ao longo dos últimos 4.000 anos.
- Determinar as relações entre fogos, vegetação e clima na região norte de Minas Gerais.

ÁREA DE ESTUDO

A Vereda Catulé situa-se no Norte de Minas Gerais, próximo às cidades Bonito de Minas, Córrego Marinho e Januária, com principal acesso pela rodovia BR-479. A vereda está localizada entre as áreas de conservação do Parque Nacional Grande Sertão Veredas e a Área de Conservação Ambiental Cavernas do Peruaçu, e próxima ao limite transicional entre os biomas Cerrado e Caatinga (Figura 2A). A vereda constitui a cabeceira de drenagem do córrego Catulé, que faz parte da bacia do Rio Pandeiros um afluente da margem esquerda do Rio São Francisco (Figura 2B). A área de drenagem da Bacia do Rio Pandeiros possui 31.258 km² (NUNES et al. 2009).

As veredas constituem um ecossistema do bioma Cerrado diferenciado principalmente pela presença do buriti (*Mauritia flexuosa*) em solos hidromórficos. São caracterizadas por uma topografia amena, que ocorre ao longo de vales rasos e de baixa energia, ocasionando o acúmulo de água superficial, que permanece no ambiente mesmo em épocas secas (AUGUSTIN et al. 2009; SANTOS & MUNHOZ, 2012). Segundo Boaventura (1978, 1981), a formação das veredas é dada através da interligação de depressões fechadas, pelo transbordamento da água e escoamento superficial durante os períodos chuvosos, e é condicionada por três fatores essenciais: a existência de superfícies de aplainamento, a superposição de camadas geológicas litificadas ou de sedimentos inconsolidados onde a camada superior é permeável e a inferior é impermeável, e condições de exorreísmo. Em uma síntese dos conhecimentos sobre veredas, Boaventura (1988), as apresentou como vales rasos, com vertentes côncavas suaves cobertas por solos arenosos e fundo plano preenchido por solos argilosos, majoritariamente compostos por turfa, e indicou a ocorrência de zonas arenosas menos úmidas e de vegetação rasteira entre a zona encharcada, pantanosa, e a zona de cerrados adjacentes.

As formações geológicas na localidade da Bacia hidrográfica do Rio Pandeiros são de origem sedimentar e metassedimentar, características do norte do estado de Minas Gerais, destacando-se as formações dos grupos Bambuí, Urucuia e Areado (IEF, 2006). Nas proximidades ao Rio São Francisco a topografia da área apresenta-se mais amena, acentuando-se na direção Oeste, onde a formação calcária do grupo Bambuí é substituída por arenitos cretáceos formadores das chapadas onde se encontra a maior parte da bacia do Rio Pandeiros, com solos predominantes do tipo latossolo vermelho-amarelo e arenosos/quatzosos provenientes da formação Urucuia (PEDROSA-SOARES et al., 1994). As rochas do Grupo Urucuia fazem parte da Bacia Sanfranciscana, cujo ambiente tectônico dominante, durante o Cretáceo, foi distensional, refletindo no intracontinente a separação do supercontinente Gondwana (ZALÁN E SILVA, 2007).

O clima da região é sazonal, com temperaturas médias anuais de 23°C, chuvas concentradas no verão e estação seca de 3 a 5 meses no inverno (RECORDER & NOGUEIRA, 2007). A paisagem da área da bacia do Rio Pandeiros é dominada por campos de gramíneas irregulares acompanhando os rios,

constituindo um relevo pouco acentuado, com até 1000 metros de altitude (figura 2B) (RECORDER & NOGUEIRA, 2007). A vegetação da bacia do Rio Pandeiros é predominantemente do tipo campestre e savânica (principalmente na área da Vereda Catulé), com a presença de matas seguindo as drenagens e se concentrando próximo à foz do Rio Pandeiros (Figura 2C). A vegetação savânica é caracterizada por árvores e arbustos de cobertura esparsa e estrato herbáceo contínuo, dominado por gramíneas de porte médio, que tem um crescimento acelerado nas estações chuvosas, tornando-se um combustível quando seca, favorecendo a propagação de incêndios espontâneos ou antrópicos (LOIOLA et al., 2012).

Um estudo realizado em 2015 por Amorim et al. estudou a porcentagem de áreas queimadas na região do Alto-Médio São Francisco, e comprovou, através da análise de dados auxiliares, que entre os anos de 2010 e 2011, a Unidade de Conservação Pandeiros, com área total de 380.478 ha, teve 1,812 % de sua área queimada (AMORIM, et AL, 2015). Pode-se refletir, a partir desse estudo, o impacto que os fogos vêm tendo nesta região durante o Quaternário tardio, ainda com muitas questões a serem entendidas acerca da distribuição espaço-temporal do regime de fogos.

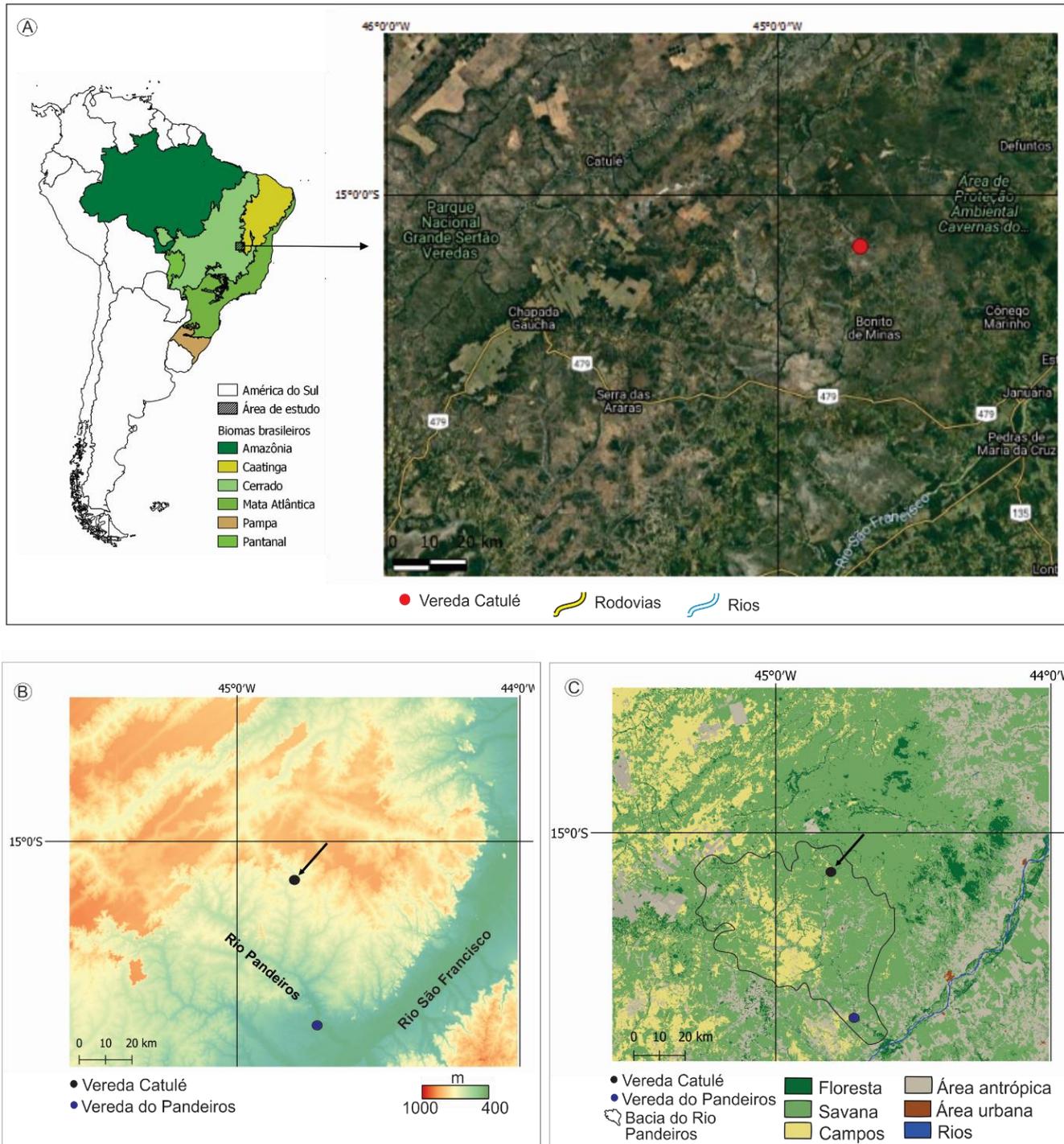


Figura 2: Localização, relevo e vegetação da área de estudo. A- Mapa de Biomas brasileiros (IBGE, 2004) com a localização da área de estudo e imagem de satélite (Google Earth) com a localização do ponto de coleta do testemunho na Vereda Catulé e das cidades e estradas próximas. B- Mapa de relevo da área de estudo (adaptado de Embrapa (Miranda, 2005)). C- Vegetação da área de estudo (adaptado de Mapbiomas (2020))

MATEIRAIS E MÉTODOS

Coleta do testemunho e cronologia do perfil

Um testemunho sedimentar de 96 cm de profundidade, inteiramente composto por turfa, foi coletado em 2012 na zona central da Vereda Catulé com um testemunhador tipo Russo.

O testemunho sedimentar foi subdividido em amostras de 2cm de espessura, totalizando 48 amostras. As amostras foram embaladas e ficaram armazenadas sob refrigeração no Departamento de Geologia da Universidade Federal de Ouro Preto - DEGEO/UFOP. Para estabelecer a cronologia do perfil, duas amostras foram enviadas para datação por radiocarbono. A amostra da profundidade 96cm foi enviada para o laboratório Beta Analytic e a amostra da profundidade de 44cm para o laboratório DirectAms; ambas foram datadas por AMS (*Accelerator Mass Spectrometry*). As idades obtidas foram utilizadas para estabelecer o modelo de idade-profundidade do perfil que foi feito utilizando o software Bacon (BLAAUW AND CHRISTEN, 2011), R e RStudio.

Análise das partículas de carvão e reconstrução da frequência de incêndios

A análise das partículas de carvão foi realizada em cada uma das 48 amostras do testemunho. Para a preparação das amostras foi coletado, com uma seringa, 1cm³ de sedimento de cada intervalo, que foi transferido para frascos plásticos etiquetados com a identificação do intervalo ao qual pertence. Foi adicionado o reagente, composto por aproximadamente 100ml de água sanitária (NaClO) e 2 medidas (aproximadamente 10g) de hidróxido de potássio (KOH), com o propósito de descolorir as partículas vegetais não carbonizadas. As amostras foram deixadas nesta solução no mínimo 24 horas. Em seguida, as amostras foram filtradas em uma peneira com malha de 100µm para escorrer toda a solução e foram secadas delicadamente com a ajuda de um papel toalha. O material retido na peneira foi então levado ao microscópio estereoscópico com aumento de 15X, onde foram identificadas e agrupadas as partículas de carvão para posterior registro fotográfico. A análise dos micro-carvões foi feita através da ferramenta ImageJ (ABRÀMOFF, MAGALHÃES e RAM, 2004), que calcula a área das partículas de acordo com o número de pixels ocupados pelas mesmas nas imagens. Para cada amostra, foram determinados o número de partículas e a área total de carvão (em cm²) (Anexo 1). A partir dos dados obtidos para cada amostra e do modelo de idade-profundidade baseado nas datações por C14, foram calculados a taxa de sedimentação (em anos/cm) e o influxo de carvão (quantidade de carvão/cm²/ano e área de carvão/cm²/ano) para todo o perfil.

Para analisar a relação entre os dados de influxo de carvão obtidos para a Vereda Catulé com a variabilidade da precipitação e da vegetação no período entre aproximadamente 4,000 anos AP e o presente, foram obtidos dados paleoclimáticos e de paleo-vegetação para a região estudada. Os dados paleoclimáticos utilizados foram os dados de $\delta^{18}\text{O}$ do registro de Lapa Grande estudado por Stríkis et

al., 2011). Trata-se de um espeleotema coletado na caverna Lapa Grande, localizada a cerca de 140 km a norte da Vereda Catulé. O registro de $\delta^{18}\text{O}$ deste espeleotema fornece informações sobre a variação na quantidade de precipitação na região norte de Minas Gerais durante o Holoceno (STRÍKIS et al., 2011). Os dados do registro de Lapa Grande foram obtidos na base de dados *Paleoclimatology Datasets* da NOAA, disponível em (<https://www.ncdc.noaa.gov/data-access/paleoclimatology-data/datasets>). Os dados de paleo-vegetação foram obtidos a partir do registro da Vereda Pandeiros, localizada nas margens do Rio Pandeiros (Figura 2B), cuja análise palinológica (grãos de pólen e esporos) foi realizada por Sabino (*dissertação de mestrado em prep.*). As informações paleoclimáticas e de paleo-vegetação foram comparadas com os dados obtidos na análise de carvão da Vereda Catulé para a investigação das interações entre fogos-clima-vegetação.

RESULTADOS

Cronologia do perfil

A partir das datações radiocarbônicas (Tabela 1), foi gerado o modelo de idades para o testemunho da Vereda Catulé (Figura 3), através do qual foi possível aferir idades entre 400 e 4.200 anos cal AP para as amostras. As taxas de sedimentação, calculadas em anos por centímetros a partir das datações obtidas, se mostraram bastante constantes, com média de 41,8 anos/cm.

Tabela 1: Datações radiocarbônicas das amostras do testemunho da Vereda Catulé

Amostras do testemunho da Vereda Catulé			
Profundidade (cm)	Idade radiocarbônica (anos AP)	Intervalo de calibração (2 σ) (anos cal AP)	Idade mediana calibrada (anos cal AP)
44	1754 \pm 23	1566 - 1702	1634
96	3920 \pm 30	4159 - 4417	4288

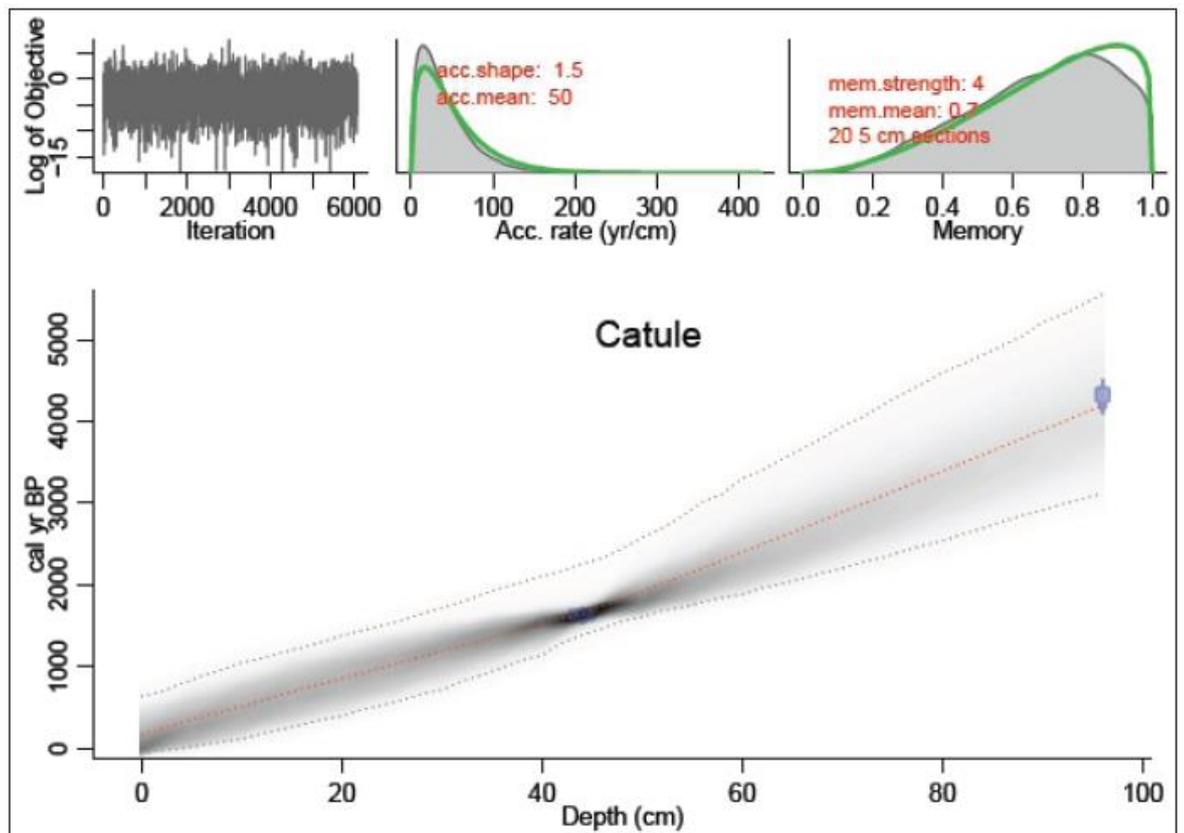


Figura 3: Modelo de idades para as amostras do testemunho da Vereda Catulé

Reconstrução da frequência de incêndios

As análises das fotos das amostras de carvão do testemunho da Vereda Catulé mostraram a presença de intervalos com quantidades de partículas de carvão bastante variados (Figura 4).

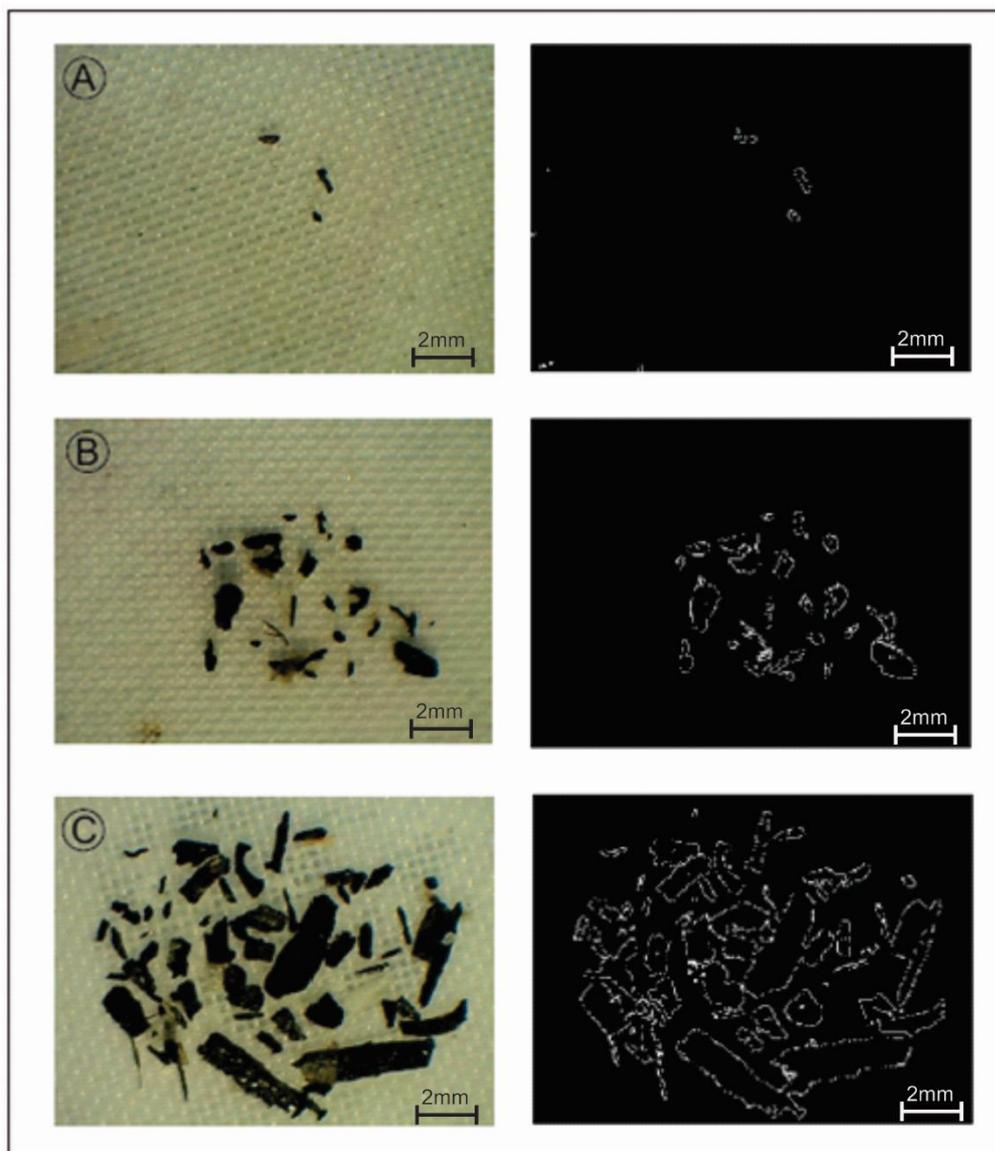


Figura 4: Carvões microscópios e respectivas imagens geradas pela ferramenta ImageJ. Intervalos: A 62-60, B 16-14, C 46-44

A acumulação de partículas de carvão na Vereda Catulé apresentou variações significativas da base para o topo do testemunho (Figura 5), em que maiores taxas foram registradas nas amostras de profundidades 14, 16, 44, 46, 52, 54, 70 e 94 cm.

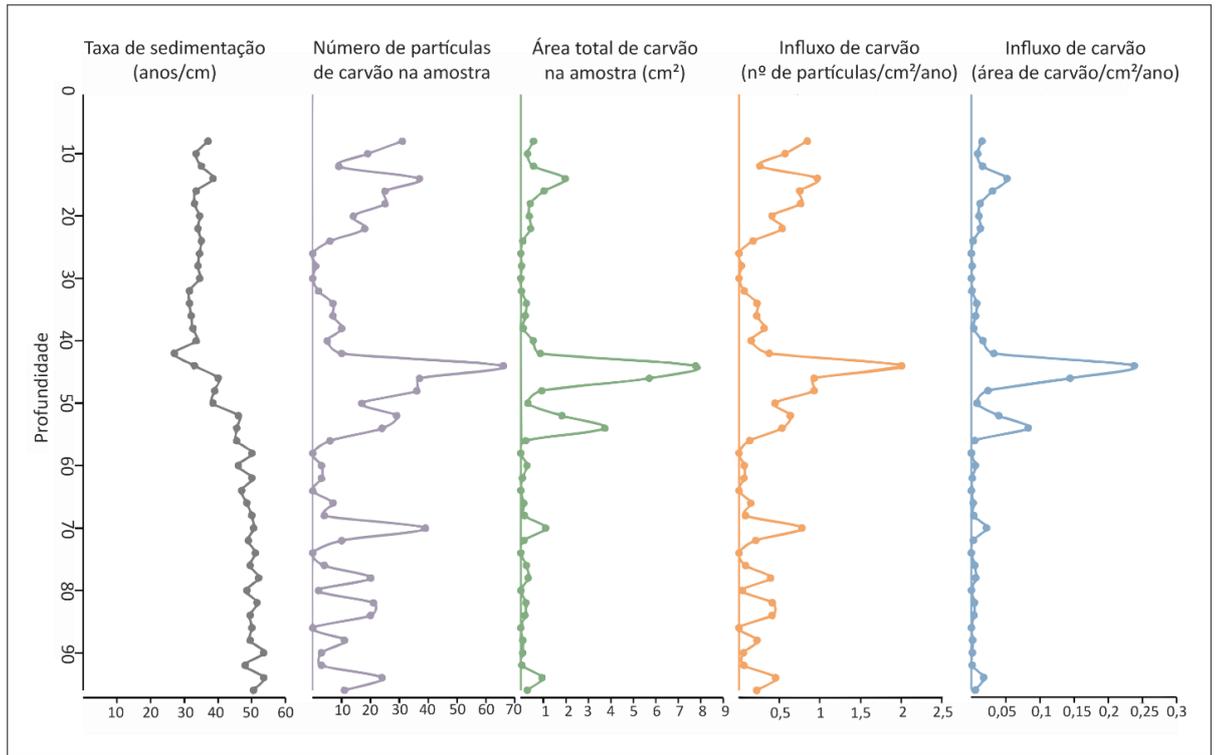


Figura 5: Gráfico dos resultados de acumulação de carvão plotados em relação à profundidade

As amostras que apresentam maiores taxas de carvão correspondem às idades de 644, 711, 1632, 1712, 1959, 2050, 2825 e 4036 anos cal AP, aproximadamente. Esses grandes picos de carvão foram evidenciados também na correlação de dados de influxo de carvão por número de partículas e influxo de carvão por área de carvão no sedimento (Figura 6), mostrando fases de variação bem marcadas.

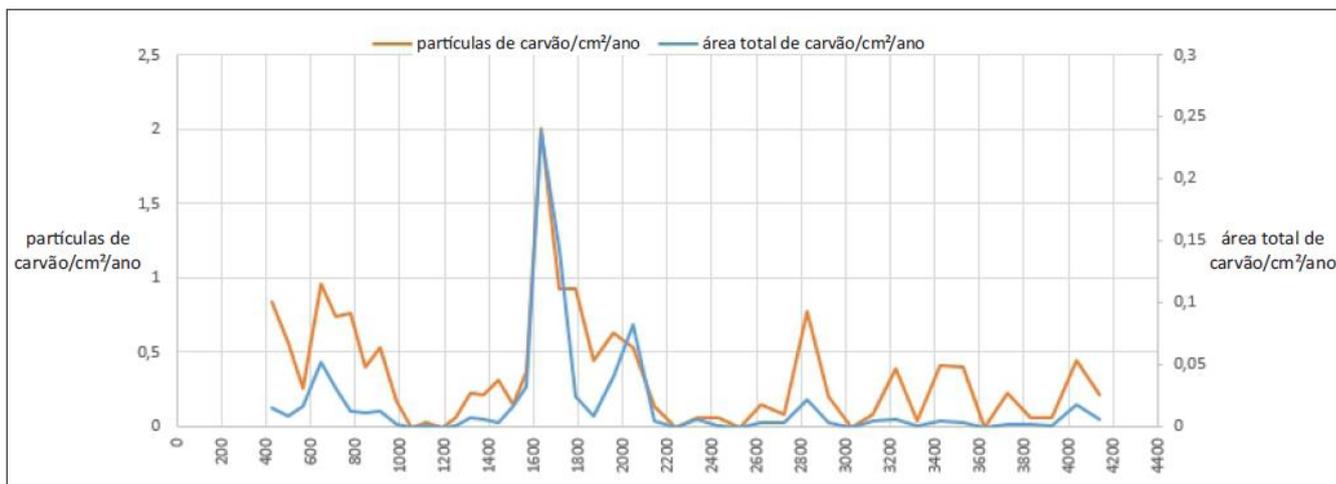


Figura 6: Gráfico de influxo de carvão no testemunho da Vereda Catulé (por número de partículas e por área total de carvão) plotado em relação às idades.

Percebe-se que apesar de apresentar tendências semelhantes, as curvas de influxo de carvão por número de partículas e por área total de carvão não são totalmente coincidentes. Uma hipótese para explicar esta diferença, segundo Last et al. 2001, seria a intensidade dos incêndios registrados. Incêndios de menor intensidade tendem a emitir mais partículas, mas de tamanhos menores, como por exemplo no intervalo entre 4000 e 3000 anos AP, em que a curva da área total de carvão registra elevações muito pouco expressivas, enquanto a curva que mostra o número de partículas nas amostras registra alguns picos. Outra explicação possível seria a ocorrência de incêndios mais distantes da Vereda Catulé como explica Clark e Patterson (1997), ao apontar que partículas muito pequenas podem ser elevadas a grandes alturas e viajar longas distâncias (além de 100m). Analogamente, observou-se na triagem dos carvões microscópicos as maiores partículas nos intervalos de 44 a 42cm, 46 a 44cm e 54 a 52cm do testemunho. Essas amostras correspondem, segundo o modelo de idades, aos intervalos de 1600 a 1700 anos AP e 2100 anos AP respectivamente, justamente onde as curvas de influxo de carvão por partículas e por área aparecem mais coincidentes. Possivelmente nesses intervalos ocorreram os incêndios de maior intensidade ou mais próximos da área de coleta das amostras.

DISCUSSÃO

Para avaliar a interação entre fogos, clima e vegetação durante os últimos 4000 anos na região da Vereda Catulé, foi feita uma comparação entre a frequência de paleoincêndios e registros paleoclimáticos e de paleo-vegetação. O registro paleoclimático utilizado foi o registro de isótopos de oxigênio obtido em espeleotemas de uma caverna na região norte de Minas Gerais, estudado por Stríks et al. (2011). Stríks et al. (2011) indicam, a partir deste registro, variações bruscas na precipitação durante o Holoceno e relacionam os eventos úmidos mais significativos (picos negativos no gráfico (Figura 7f)) como resposta a eventos de resfriamento no Atlântico Norte. Os dados de paleo-vegetação foram obtidos a partir da análise de pólen realizada por Sabino (*em prep.*) na Vereda Pandeiros (Figura 2b), na mesma região da Vereda Catulé. Os dados de pólen apresentados são: a variação na porcentagem de pólen arbóreos (Figura 7c) e herbáceos (Figura 7b); um índice calculado pela razão entre as porcentagens de pólen arbóreos e herbáceos (Figura 7a) que fornece uma estimativa do grau de abertura da vegetação; e a porcentagem de pólen de plantas aquáticas e típicas de brejo, com destaque para a porcentagem de buriti (*Mauritia flexuosa*), que fornecem uma informação sobre a umidade local do solo.

De uma maneira geral, os dados de pólen registraram variações condizentes com os registros de microcarvões, em que fases com pouco carvão coincidem com maior proporção de vegetação arbórea em relação à vegetação campestre. A comparação fogo-clima-vegetação foi delimitada por fases (Figura 7) a fim de facilitar a discussão.

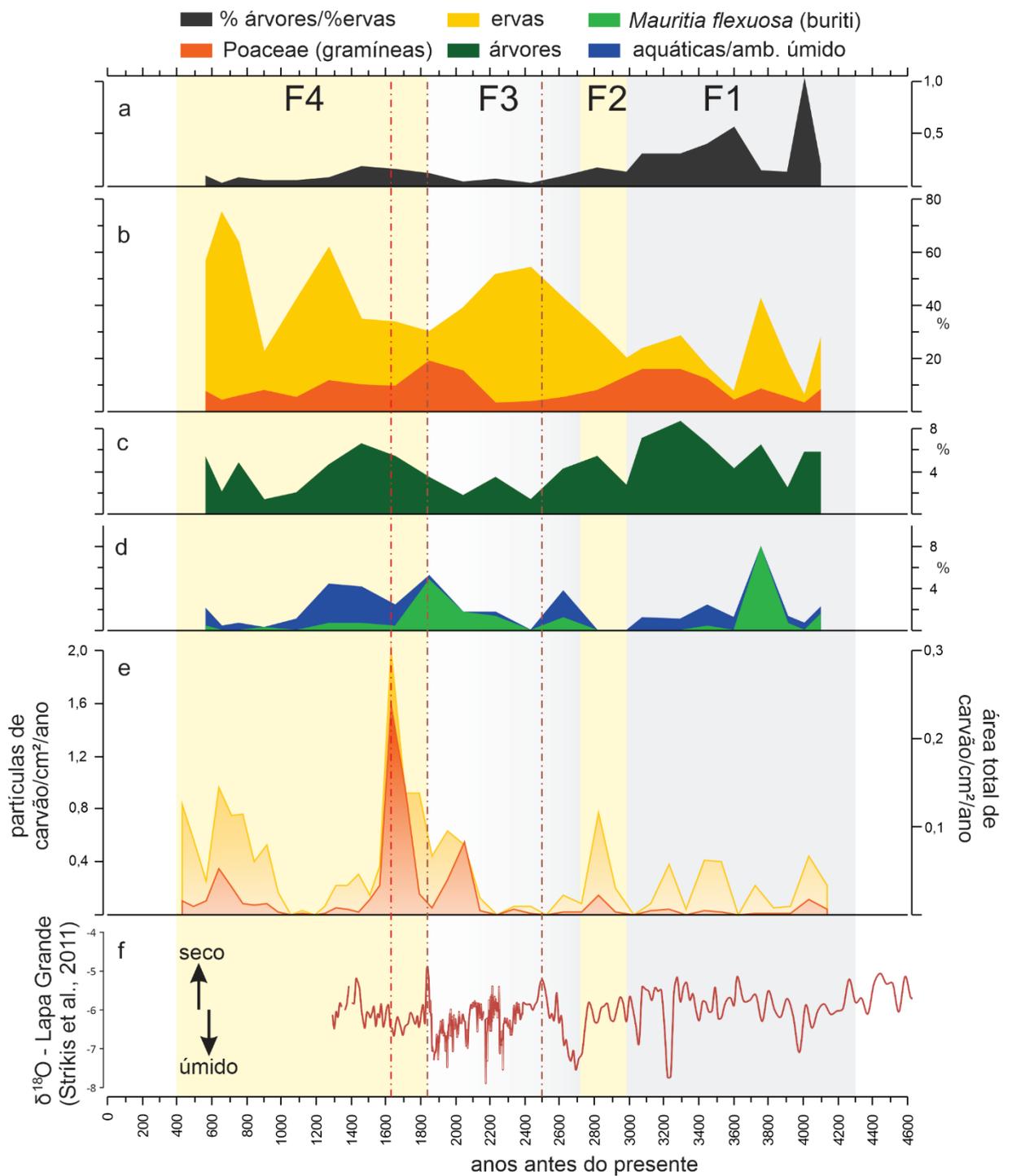


Figura 7: Correlação entre dados de vegetação, incêndios e clima

Durante a fase F1, entre aproximadamente 4300 e 3000 anos cal AP, há relativamente pouco carvão, não apresentando nenhum pico expressivo. Os pequenos picos observados na curva de influxo de partículas não têm correspondência na curva de influxo por área, o que indica que são partículas

pequenas provenientes de fogos distantes, não indicando a ocorrência de incêndios próximos à Vereda Catulé, ou indicando apenas incêndios de baixa intensidade. Essa fase corresponde, em geral, se comparada com os registros de pólen, a uma maior proporção de vegetação arbórea em relação à vegetação campestre. Em relação ao clima, determinado pelo registro de $\delta^{18}\text{O}$ do espeleotema de Lapa Grande (figura 7f), a fase F1 corresponde a um período predominantemente seco (embora tenham sido registrados alguns eventos de clima úmido em torno de 3970 e 3230 anos cal AP). Embora o registro isotópico indique condições predominantemente secas para a fase F1, especialmente no período entre os dois eventos úmidos citados anteriormente, o registro da Vereda Catulé indica que não ocorreu uma grande quantidade de incêndios durante este período.

Na fase F2 foi registrado o primeiro pico maior de fogos, que na curva do espeleotema, representando o paleoclima, corresponde a um platô seco, e nas curvas da análise de pólen, representantes da paleovegetação, não é registrado a presença do buriti e plantas aquáticas, confirmando também um período seco na região da Vereda do Pandeiros. Neste caso, o paleoclima mais seco pode ter propiciado a ocorrência de fogos. Os registros indicam também um aumento da vegetação herbácea em relação à vegetação arbórea. O aumento de fogos, associado ao clima mais seco, pode ter levado a um aumento no grau de abertura da vegetação na região.

A fase F3 apresenta uma predominância de clima úmido, indicado por sucessivos picos negativos na curva do espeleotema e ausência de fogos, exceto por um pico no final da fase. A curva de vegetação mostra uma crescente presença do buriti e plantas aquáticas, uma presença mediana estável de árvores durante toda a fase e uma expressiva presença de vegetação campestre. Uma análise mais local permite a associação de um pequeno aumento na presença de clima seco, segundo a curva do espeleotema, seguido de um pequeno aumento de carvões, queda na presença de plantas aquáticas e buritis e aumento na vegetação campestre (Figura 8). A ocorrência de incêndios mesmo em períodos mais úmidos como por exemplo ao final da fase F3 explica-se, segundo Coutinho (2000), ao acúmulo da biomassa inflamável durante o período seco, que pode vir a queimar se desencadeada pela queda de raios no início da estação chuvosa.

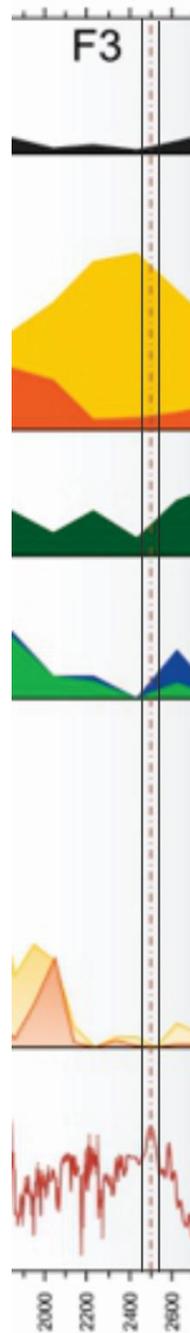


Figura 8: Fase F3 em maior detalhe

A fase F4 começa com um pico de seca bem destacado no espeleotema e, durante toda a fase, o clima é relativamente mais seco. O grande pico nos registros de carvão vem logo depois do pico de seca do espeleotema. A proporção da vegetação arbórea em relação à vegetação campestre é bem baixa e a presença de plantas aquáticas apresenta-se majoritariamente alta.

Segundo os dados dos registros obtidos há uma consistência com o trabalho de Duringan & Ratter (2016), que dizem que sem fogos, um cerrado ralo pode se transformar em uma mata, e que, ao contrário, com fogos frequentes um cerrado mais fechado pode se transformar em um cerrado ralo ou em um campo sujo. Os registros mostram que, no geral, as ocorrências de fogos favorecem o crescimento das gramíneas em detrimento das árvores, como pode ser observado após os maiores picos nas fases F2 e F4 ao mesmo passo em que uma menor ocorrência de fogos, como por exemplo em 2500 anos AP, propicia um posterior aumento da vegetação arbórea e diminuição da vegetação gramínea.

De certa forma o registro está de acordo com o exposto acima pois no período entre 4200 e 3000 há poucos fogos e corresponde a uma fase com mais vegetação arbórea em relação à herbácea. Entre 3000 e 400 anos (fases 2, 3 e 4), começam a aparecer mais picos de carvão, o que indica a ocorrência de incêndios mais frequentes (embora com pausas sem fogos entre os picos) e corresponde ao período de menor proporção de vegetação arbórea em relação à vegetação herbácea). Então, neste período entre 3000 e 400 anos, mesmo os incêndios não sendo constantes, a sua ocorrência pode ter gerado uma vegetação mais aberta, enquanto no período anterior, entre 4200 e 3000 anos, em que não ocorreram incêndios, a vegetação arbórea se desenvolveu mais.

Algumas pequenas divergências nessa correlação, como por exemplo em 3800 anos AP, onde há picos tanto nas curvas de vegetação arbórea quanto campestre em resposta a um pequeno pico de carvão, podem ser explicadas segundo o trabalho de Dias e Miranda (2010), que disseram que as ocorrências de incêndios de menor magnitude ocasionaram floradas, onde a matéria orgânica depositada sobre o solo é retirada abrindo espaço para o crescimento das espécies do substrato, ainda que as vegetações tipicamente campestres apresentam características adaptadas à ocorrência de incêndios.

CONCLUSÕES

Os resultados se apresentaram aderentes aos propósitos visados, em que foi possível a reconstrução da variabilidade do regime de fogos no intervalo proposto e a correlação entre vegetação e clima com a frequência de incêndios.

O regime de fogos na região central do Cerrado sofreu alta variabilidade nos últimos 4000 anos, com grandes picos em aproximadamente 2800, entre 2200 e 1600 e a partir de 900 anos AP, e baixas em aproximadamente 3900, 3600, 3300, entre 2700 e 2200 e entre 1200 e 1000 anos AP, com incidências medianas entre os períodos citados.

Os registros mostraram, quando não contemporaneidade, uma possível relação de causa-efeito nas relações entre fogos, clima e vegetação, considerando-se o erro calculado das datações das amostras. A quantificação das partículas de carvão do testemunho da Vereda Catulé indicou que em períodos longos com quase ausência de incêndios desenvolveu-se uma maior proporção de vegetação arbórea. A relação da precipitação com a vegetação e a frequência de fogos é mais complexa. Em alguns períodos mais úmidos, observou-se um aumento na presença de buritis e outros marcadores de áreas mais úmidas, e também um menor influxo de carvão. Porém nem sempre esta relação foi observada na comparação entre os registros, em alguns casos, eventos secos corresponderam à uma baixa ocorrência de fogos e períodos relativamente mais úmidos corresponderam a picos de influxo de carvão. Isto pode indicar que a relação clima-fogos no Cerrado é complexa, já que a ocorrência de fogos depende também da quantidade de biomassa (produzida em grande parte na estação chuvosa) e da ocorrência de raios, associados a tempestades para desencadear incêndios naturais. Além disso, outro fator que pode ter grande importância na frequência de incêndios é a ação antrópica; é possível que populações humanas possam ter sido responsáveis, pelo menos em parte, pelos incêndios observados no registro da Vereda Catulé, o que poderia também explicar porque alguns incêndios ocorreram em períodos relativamente mais úmidos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRÀMOFF, M.D., MAGALHÃES, P.J., RAM, S.J. Image processing with ImageJ. *Biophot. Int.* 11, 36e42, 2004.
- AMORIM, B. R. D. et al. *Análise de dados auxiliares relacionados a queimadas e desmatamentos detectados na região do Alto-Médio São Francisco*. Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, João Pessoa-PB, Brasil, 2015. 47p.
- ANDERSON, R. S.; SMITH, S. J. *The sedimentary record of fire in montane meadows. Sierra Nevada, California, USA: a preliminary assessment*. In Clark, J. S., H. Cachier, J. G. Goldammer, B. Stocks (eds.) *Sediment Records of Biomass Burning and Global Change*. NATO ASI Series 1: Global Environmental Change, vol. 51, Springer, Berlin, 1997. 126p. apud LAST, W. M.; SMOL, J.P.; BIRKS, H. J. B.; *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments Volume 3: Terrestrial, algal and Siliceous Indications*. Klumber Academic Publishers, 2002. 371p.
- AGEE, *Fire ecology of Pacific Northwest forests*. Island Press. Washington, DC, 493 pp. J. K. 1993 apud LAST, W. M.; SMOL, J.P.; BIRKS, H. J. B.; *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments Volume 3: Terrestrial, algal and Siliceous Indications*. Klumber Academic Publishers, 2002.
- ARNO, S. F. & SNECK, K. M. *A method for determining fire history in coniferous forests in the Mountain west*. U.S.D.A. Forest Service General Technical Report, INT-42, 28 pp. 1997 apud LAST, W. M.; SMOL, J.P.; BIRKS, H. J. B.; *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments Volume 3: Terrestrial, algal and Siliceous Indications*. Klumber Academic Publishers, 2002. 370p.
- AUGUSTIN, C. H. R. R.; MELO, D. R.; ARANHA, P. R. A. *Aspectos geomorfológicos de veredas: um ecossistema do bioma cerrado, Brasil*. Revista Brasileira de Geomorfologia, Belo Horizonte, 2009. 245p.
- BEHLING, H. *A high resolution Holocene pollen record from Lago do Pires, SE Brazil: vegetation, climate and fire history*. Smithsonian Tropical Research Institute, P.O. Box 2072, Balboa, Republic of Panama. 1995. 98p.
- BETHONICO, M. B. de M. *Rio Pandeiros: território e história de uma área de proteção ambiental no Norte de Minas Gerais*. Acta Geográfica, v. 3, n. 5, p. 23-38, 2010. Disponível em: <<https://revista.ufr.br/actageo/article/view/214>>. Acesso em: 09 de julho de 2020.
- BIRKS, H. H. & M. van Dinter. *Betula species in the west Norwegian late-glacial interstadial and early Holocene, and the reconstruction of climate gradients*. 1997 apud LAST, W. M.; SMOL, J.P.; BIRKS, H. J. B.; *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments Volume 3: Terrestrial, algal and Siliceous Indications*. Klumber Academic Publishers, 2002. 56p.
- BLAAUW, M., CHRISTEN, J.A. *Flexible paleoclimate age-depth models using an autoregressive gamma process*. Bayesian Analysis 6, 457-474, 2011.
- BOAVENTURA, R, S. *Características geomorfológicas*. In: Fundação centro tecnológico de minas gerais – cetec. 2º Plano de Desenvolvimento Integrado do Noroeste Mineiro: recursos naturais. Belo Horizonte, 1981.
- CHANDLER C., P. Cheney, P. Thomas, L. Trabaud & D. Williams. *Fire in forestry: volume I: forest fire behaviour and effects*. John Wiley and Sons, New York. 1983. 104p.
- CLARK, J. S. & PATTERSON, W. A. *Background and local charcoal in sediments: scales of fire evidence in the paleorecord*. J. Sediment Records of Biomass Burning and Global Change. NATO ASI Series (Series I: Global Environmental Change), vol 51. Springer, Berlin, Heidelberg. 1997. 371p.
- CLARK, J, S. *Particle motion and the theory of stratigraphic charcoal analysis: source area, transport, deposition, and sampling*. Quat. Res. 30: 67–80. 1998 apud LAST, W. M.; SMOL, J.P.; BIRKS, H. J. B.;

Tracking Environmental Change Using Lake Sediments Volume 3: Terrestrial, algal and Siliceous Indications. Klumber Academic Publishers, 2002. 371p.

CLARK, J. S. *Post glacial fire, vegetation and human history of the northern Alpine forelands, south-western Germany*. J. Ecol. 77: 897–925. 1989 apud LAST, W. M.; SMOL, J.P.; BIRKS, H. J. B.; *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments Volume 3: Terrestrial, algal and Siliceous Indications*. Klumber Academic Publishers, 2002. 371p.

CLARK, J. S. *Fire and climate change during the last 750 years in northwestern Minnesota*. Ecol. Mon. 60: 135–159. 1990; apud LAST, W. M.; SMOL, J.P.; BIRKS, H. J. B.; *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments Volume 3: Terrestrial, algal and Siliceous Indications*. Klumber Academic Publishers, 2002. 371p.

CLARK, J. S. & ROYALL, P. D. *Local and regional sediment charcoal evidence for fire regimes in presettlement northeastern North America* J. Ecol. 84: 365–382. 1996.

COUTINHO, L. M. *O bioma do cerrado*. Eugen Warming e o cerrado brasileiro um século depois. São Paulo: Unesp, p. 77-91, 2000.

CWYNAR, L. C. *Fire and the forest history of the north Cascade Range*. Ecol. 68: 791–802. Earle, C. J., L. B. Brubaker & P. M. Anderson. 1987. Disponível em: <https://www.fs.fed.us/rm/pubs/rmrs_gtr292/1987_cwynar.pdf>. Acesso em: 16 de junho de 2020.

DIAS, B. F. S.; MIRANDA, H. S.; (2010). *Efeitos do regime de fogo sobre a estrutura de comunidades de Cerrado: Projeto Fogo*. Ministério do Meio Ambiente Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis Centro Nacional de Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais. Brasília, 145p.

DURIGAN, G.; RATTER, J. A. *A necessidade de uma política consistente de incêndio para a conservação do Cerrado*. *Jornal de Ecologia Aplicada*, Volume 53, Edição 1 p.59. 2016.

EDWARDS, D; AXE, L. *Anatomical evidence in the detection of the earliest wildfires*. *Palaios*, v. 19, n. 2, p. 113-128, 2004.

FELFILI, J. M., SILVA JUNIOR, M. C. *Biogeografia do bioma cerrado: estudo fitofisionômico na Chapada do Espigão Mestre do São Francisco*. Brasília, 2001.

FLANNIGAN, M. D. et al. *Implicações da mudança climática para incêndios florestais globais*. *Revista internacional de incêndios florestais*, v. 18, n. 5, p. 483-507, 2009.

GARDNER, J. J. & WHITLOCK, C. *Charcoal accumulation following a recent fire in the Cascade Range, northwestern USA, and its relevance for fire-history studies*. *The Holocene*. 11: 541–549. 2001 apud LAST, W. M.; SMOL, J.P.; BIRKS, H. J. B.; *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments Volume 3: Terrestrial, algal and Siliceous Indications*. Klumber Academic Publishers, 2002. 371p.

GEDYE, S. J. R. T. et AL *The use of mineral magnetism in the reconstruction of fire history: a case study from Lago di Origlio, Swiss Alps*. *Palaeogeog., Palaeoclimatol., Palaeoecol.* 164: 101–110. 2000 apud LAST, W. M.; SMOL, J.P.; BIRKS, H. J. B.; *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments Volume 3: Terrestrial, algal and Siliceous Indications*. Klumber Academic Publishers, 2002

GREN, D. G. *Time series and postglacial forest ecology*. *Quat. Res.* 15: 265–277. 1981 apud LAST, W. M.; SMOL, J.P.; BIRKS, H. J. B.; *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments Volume 3: Terrestrial, algal and Siliceous Indications*. Klumber Academic Publishers, 2002.

HAWTHORNE, D.; MUSTAPHI, C. J. C.; ALEMAN, J. C.; BLARQUEZ, O.; COLOMBAROLI, D.; DANIAU, A. L.; MARLON, J. R.; POWER, M.; VANNIÈRE, B.; HAN, Y.; HANTSON, S.; KEHRWALD, N.; MAGI,

- B.; YUE, X. CARCAILLET, C. MARCHANT, R.; OGUNKOYA. A.; GITHUMBI. E. N.; MURIUKI, R. M. *Global Modern Charcoal Dataset (GMCD): A tool for exploring proxy-fire linkages and spatial patterns of biomass burning*. Quaternary Science Reviews, 488. 2018.
- HIGUERA, P.E., L.B. BRUBAKER, P.M. ANDERSON, F.S. HU, T.A. BROWN. *Vegetation mediated the impacts of postglacial climatic change on fire regimes in the south-central Brooks Range, Alaska*. Ecological Monographs 79: 201-219, 2009.
- HORN, S. P. *Postglacial vegetation and fire history in the Chirripa Paramo of Costa Rica*. Quat. Res. 40: 107–116.1993; apud LAST, W. M; SMOL, J.P.; BIRKS, H. J. B.; *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments Volume 3: Terrestrial, algal and Siliceous Indications*. Klumber Academic Publishhers, 2002.
- IBGE. *Mapa de Biomas do Brasil*. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/mapas/>, 2004. Acesso em: 03 de agosto de 2020.
- IMF; Romme, W. H. *Fire history terminology: report of the ad hoc committee*In: Proceedings of the Fire History Workshop. Tucson, Arizona, p. 135–137. USDA for. Serv. Gen. Tech. Rep. RM-81. Sander, P. M. & C. T. Gee, 1980 apud LAST, W. M; SMOL, J.P.; BIRKS, H. J. B.; *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments Volume 3: Terrestrial, algal and Siliceous Indications*. Klumber Academic Publishhers, 2002.
- JOHNSON, E. A.&GUTSELL, S. L. *Fire frequency models, methods and interpretations*. Adv. Ecol. Res. 25: 239–287.1994 apud LAST, W. M; SMOL, J.P.; BIRKS, H. J. B.; *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments Volume 3: Terrestrial, algal and Siliceous Indications*. Klumber Academic Publishhers, 2002.
- KAUFFMANN, M. *Fragmentos de carvão (charcoal) como indicativo da ocorrência e incêndios vegetacionais durante o quaternário do planalto das araucárias, rio Grande do Sul, Brasil*. 2008. 127 p. Dissertação (programa de pós-graduação em Ambiente e desenvolvimento) – Centro Universitário Univates, Lajeado, 2008. Disponível em: < <https://www.univates.br/bdu/handle/10737/57>>. Acesso em: 06 de maio de 2020.
- KAYLL, A. J. *Heat tolerance of tree seedlings*. Proceedings of the Tall Timbers Fire Ecology Conference, v. 8, p. 9-15. 1968 apud MIRANDA, H. S.; NETO, W. N.; NEVES, B. M. C. (2010). *Efeitos do regime de fogo sobre a estrutura de comunidades de Cerrado: Projeto Fogo*. Ministério do Meio Ambiente Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis Centro Nacional de Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais. Brasília, 145p.
- KIPFMUELLER, K. F.& BAKER, W. L. *Fire frequency models, methods and interpretations*. _ Adv. Ecol. Res. 25: 239–287. 1998 apud LAST, W. M; SMOL, J.P.; BIRKS, H. J. B.; *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments Volume 3: Terrestrial, algal and Siliceous Indications*. Klumber Academic Publishhers, 2002.
- LARSEN, C. P. S. *Fire and climate dynamics in the boreal forest of northern Alberta*. Canada, from AD 1850 to 1989. The Holocene 6: 449–456. 1996.
- LARSEN, C. P. S.& MACDONALD, G. M. *An 840-year record of fire and vegetation in a boreal white spruce forest*. Ecology 79: 106–118. 1998a apud LAST, W. M; SMOL, J.P.; BIRKS, H. J. B.; *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments Volume 3: Terrestrial, algal and Siliceous Indications*. Klumber Academic Publishhers, 2002.
- LARSEN, C. P. S. & MACDONALD, G. M. *Fire and vegetation dynamics in a jack pine and black spruceforest reconstructed using fossil pollen and charcoal*. J. Ecol. 86: 815-828. 1998b, apud LAST, W. M; SMOL, J.P.; BIRKS, H. J. B.; *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments Volume 3: Terrestrial, algal and Siliceous Indications*. Klumber Academic Publishhers, 2002.
- LAST, W. M; SMOL, J.P.; BIRKS, H. J. B.; *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments*. Volume 3: Terrestrial, algal and Siliceous Indications. Klumber Academic Publishhers, 2002.

- LOIOLA, M. I. B.; ROQUE, A. de A.; OLIVEIRA, A. C. P. *Caatinga: Vegetação do semiárido brasileiro*. Revista Ecologi@: Artigos de Divulgação, v. 4, p. 14-19, 2012. Acesso em: 05 de maio de 2020.
- MACDONALD, G. M. ET AL., *The reconstruction of boreal fire history from lake sediments: a comparison of charcoal, pollen, sedimentological and geochemical indices*. Quaternary Science Reviews 10, 51–71.1991 apud LAST, W. M; SMOL, J.P.; BIRKS, H. J. B.; *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments Volume 3: Terrestrial, algal and Siliceous Indications*. Klumber Academic Publishhers, 2002.
- MACDONALD, G. M. *Postglacial palaeoecology of the subalpine forest-grassland ecotone of southwestern Alberta: new insights on vegetation and climate change in the Canadian Rocky Mountains and adjacent foothills*. Palaeogeog., Palaeoclimatol., Palaeoecol. 73: 155–173. 1989; apud LAST, W. M; SMOL, J.P.; BIRKS, H. J. B.; *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments Volume 3: Terrestrial, algal and Siliceous Indications*. Klumber Academic Publishhers, 2002.
- MAP BIOMAS. Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil. Projeto MapBiomias – Coleção 4 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil Disponível em: <https://mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas-1?cama_set_language=pt-BR> 2018. Acesso em 20 de abril de 2020.
- MELO, de., D. R. *Evolução das Veredas sob impactos ambientais nos geossistemas planaltos de Buritizeiro/MG*. Tese de doutorado, Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008. Disponível em: <<https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/MPBB-7PCN62>>. Acesso em: 04 de agosto de 2020.
- MELO, de., D. R., ESPÍNDOLA, C. R. *As veredas dos planaltos de buritizeiros/MG: estágio atual dos conhecimentos*. VI simpósio Nacional de Geomorfologia, Goiânia, 2006. Disponível em: <<http://lsie.unb.br/ugb/sinageo/6/1/009.pdf>>. Acesso em: 03 de Agosto de 2020.
- MILLSPAUGH, S. H.& WHITLOCK, C. *A 750-year fire history based on lake sediment records in central Yellowstone National Park, USA*. The Holocene 5, 283–92. 1995.
- MILLSPAUGH, S. H. *Late-glacial and Holocene variations in fire frequency in the Central Plateau and Yellowstone-Lamar Provinces of Yellowstone National Park*. Ph. D. dissertation, University of Oregon, Eugene, OR. 1997.
- MIRANDA, E. E. DE; (coord.). *Brasil em relevo*. Campinas: embrapa monitoramento por satélite, 2005. Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 20 de abril de 2020.
- MIRANDA, H. S.; NETO, W. N.; NEVES, B. M. C. (2010). *Efeitos do regime de fogo sobre a estrutura de comunidades de Cerrado: Projeto Fogo*. Ministério do Meio Ambiente Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis Centro Nacional de Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais. Brasília, 145p.
- MIRANDA, H. S.; SATO, M, N. (2005). *Efeitos do fogo na vegetação lenhosa do Cerrado*. Departamento de ecologia; Universidade de Brasília. Brasília, 93p.
- MOHR, J. A. ET AL. *Postglacial vegetation and fire history, eastern Klamath Mountains*. California. The Holocene 10: 587–601. 2000.
- MOONEY, S.; BLACK, M.; *A simple and fast method for calculating the area of macroscopic charcoal isolated from sediments*. Quat. Australasia 21. 2003.
- MUNHOZ, C. B. R, AMARAL, A. G. (2010), *Efeito do fogo no estrato herbáceo-subarbustivo do Cerrado*. Efeitos do fogo na vegetação lenhosa do Cerrado. Departamento de ecologia; Universidade de Brasília. Brasília, 93p.

- NUNES, Y. R. F. ET AL. *Pandeiros: o pantanal mineiro*. MG. Biota, v. 2, n. 2, p. 4-17, 2009.
- OHLSON, M&TRYTERUD, E. *Interpretation of the charcoal record in forest soils: forest fires and their production and deposition of macroscopic charcoal*. The Holocene 10, 519–26. 2000 apud LAST, W. M; SMOL, J.P.; BIRKS, H. J. B.; *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments Volume 3: Terrestrial, algal and Siliceous Indications*. Klumber Academic Publishhers, 2002.
- PATTERSON, W. A. III& BACKMAN, A. E. *Fire and disease history of forests* In Huntley, B. & T. Webb III (eds.) *Vegetation History*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, p. 603–632.1988 apud LAST, W. M; SMOL, J.P.; BIRKS, H. J. B.; *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments Volume 3: Terrestrial, algal and Siliceous Indications*. Klumber Academic Publishhers, 2002.
- PAYSEN, Timothy E. et al. *Fire in western shrubland, woodland, and grassland ecosystems*. *Wildland fire in ecosystems: Effects of fire on flora*, v. 2, p. 121-59, 2000.
- PEDROSA-SOARES, C. et al. *Nota explicativa dos mapas geológico, metalogenético e de ocorrências minerais do Estado de Minas Gerais*. Escala, v. 1, n. 1.000, p. 000, 1994.
- PITKÄNEN, A& HUTTUNEN, P. *A 1300-year forest-fire history at a site in eastern Finland based on charcoal and pollen records in laminated lake sediment*. The Holocene 9: 311–320.1999 apud LAST, W. M; SMOL, J.P.; BIRKS, H. J. B.; *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments Volume 3: Terrestrial, algal and Siliceous Indications*. Klumber Academic Publishhers, 2002.
- POPPER, V.S., 1988. *Selecting quantitative measurements in paleoethnobotany*. In: HASTORF, C.A. & POPPER, V.S. *Current Paleoethnobotany: Analytical methods and cultural interpretation of archaeological plant remains*. Chicago, London: The University of Chicago Press. p.53-71
- Projeto MapBiomias – Coleção 4 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil, acessado em 20/04/2020 através do link: https://mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas-1?cama_set_language=pt-BR, 2018.
- PROUS, A. *Relatório preliminar do plano de manejo do parque nacional cavernas do peruaçu*. Meio antrópico, p. 1410-1476, 2003.
- RAMOS, A. E. 1990. *O efeito de queima sobre a vegetação lenhosa do Cerrado*. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Brasília, Brasil. Universidade de Brasília, Departamento de Botânica, Brasília, DF, 2012.
- RECORDER, R., NOGUEIRA, C. *Composição e diversidade de répteis Squamata na região sul do Parque Nacional Grande Sertão Veredas, Brasil Central*. Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil, 2007. 278p.
- RHODES, T. E.& DAVIS, R. B. *Effects of late Holocene forest disturbance and vegetation change on acidic Mud Pond*. Maine, USA. Ecology 76: 734–746.1995 apud LAST, W. M; SMOL, J.P.; BIRKS, H. J. B.; *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments Volume 3: Terrestrial, algal and Siliceous Indications*. Klumber Academic Publishhers, 2002.
- R. Programa Estatístico. Software livre. R Foundation. Disponível em: <<https://nbcgib.uesc.br/mirrors/cran/>>. Acesso em: 20 de agosto de 2020.
- R STUDIO. Open Source Edition. R Studio ®. Boston, [s.i.]. Disponível em: <<https://rstudio.com/products/rstudio/download/>>. Acesso em: 20 de agosto de 2020.

- SABINO, S. (em prep.) *Paleovegetação, paleoclima e dinâmica fluvial na Bacia do Rio Pandeiros durante o Quaternário Tardio*. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Evolução Crustal e Recursos Naturais, Universidade Federal de Ouro Preto, Brasil.
- SANTOS, F. F. M; MUNHOZ, C. B. R. *Diversidade de espécies herbáceo-arbustivas e zonação florística em uma vereda no Distrito Federal*. In: *Heringeriana, Brasília*, v. 6, n. 2, p. 21-27, Dezembro de 2012. Disponível em: < <http://revistas.jardimbotanico.ibict.br/index.php/heringeriana/article/view/27/31>>. Acesso em: 03 de julho de 2020.
- SARMAJA-KORJONEN, k. *Latitudinal differences in the influx of microscopic charred particles to lake sediments in Finland*. The Holocene 8: 589–597 1998 apud LAST, W. M; SMOL, J.P.; BIRKS, H. J. B.; *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments Volume 3: Terrestrial, algal and Siliceous Indications*. Klumber Academic Publishers, 2002.
- SATO, M. N., MIRANDA, H. S., MAIA, J. M., (2010). *O fogo e o estrato arbóreo do Cerrado: efeitos imediatos e de longo prazo*. Efeitos do fogo na vegetação lenhosa do Cerrado. Departamento de ecologia; Universidade de Brasília. Brasília, 93p.
- SCHEEL, R. et al. *Antracologia, uma nova fonte de informações para a arqueologia brasileira*. Revista do Museu de Arqueologia e Etnologia, São Paulo, 6, p. 3-9, 1996a. Disponível em: <<https://www.revistas.usp.br/revmae/article/download/109250/107721/>>. Acesso em: 12 de julho de 2020.
- STRÍKIS, N. M; CRUZ, F. W; CHENG, H; KARMANN, I; EDWARDS, R. L; VUILLE, M; WANG, X; DE PAULA, M. S; NOVELLO, V. F; AULER, A. S. *Abrupt variations in South American monsoon rainfall during the Holocene based on a speleothem record from central-eastern Brazil*. Geology, v.39, n.11, p 1075-1078, 2011.
- SWANSON, F. J. *Fire and geomorphic processes*. Mooney, H. A., T. M. Bonnicksen, N. L. Christensen, J. E. Lotan & W. A. Reiners (eds.) Proceedings, Fire Regimes and Ecosystem Properties. USDA for. Serv. Gen. Tech. Rep. WO-28: 401–420. 1981.
- SWAIN, A. M. *Environmental changes during the past 2000 yr in north-central Wisconsin: analysis of pollen, charcoal and seeds from varved lake sediments*. Quat. Res. 10: 55–68.1978; apud LAST, W. M; SMOL, J.P.; BIRKS, H. J. B.; *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments Volume 3: Terrestrial, algal and Siliceous Indications*. Klumber Academic Publishers, 2002.
- SWAIN, A. M. *A history of fire and vegetation in northeastern Minnesota as recorded in lake sediments*. Quat. Res. 3: 383–396. 1973.
- THOMPSON, R.&OLDFIELD, F *Environmental Magnetism*. Allen and Unwin Ltd., London, England, 227 pp 1986 apud LAST, W. M; SMOL, J.P.; BIRKS, H. J. B.; *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments Volume 3: Terrestrial, algal and Siliceous Indications*. Klumber Academic Publishers, 2002.
- TINNER, W. M. Hubschmid, M. Wehrli, B. Ammann & M. Conedera. *Long-term forest fire ecology and dynamics in southern Switzerland*. J. Ecol. 87: 273–289. 1999 apud LAST, W. M; SMOL, J.P.; BIRKS, H. J. B.; *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments Volume 3: Terrestrial, algal and Siliceous Indications*. Klumber Academic Publishers, 2002.
- TOLONEN, M. *Palaeoecology of annually laminated sediments in Lake Ahvenainen, S. Finland. I. Pollen and charcoal analyses and their relation to human impact*. Ann. Bot. Fenn. 15: 177–208 1978 apud LAST, W. M; SMOL, J.P.; BIRKS, H. J. B.; *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments Volume 3: Terrestrial, algal and Siliceous Indications*. Klumber Academic Publishers, 2002.
- WALTER, B. M. T; RIBEIRO, J. F (2010). *Diversidade fitofisionômica e o papel do fogo no bioma Cerrado*. Efeitos do fogo na vegetação lenhosa do Cerrado. Departamento de ecologia; Universidade de Brasília. Brasília, 93p.

WHITLOCK, C., LARSEN, C. *Charcoal as a fire proxy*. Apud: SMOL, J.P., BIRKS, H.J.B., LAST, W.M. (Eds.), *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments Terrestrial, Algal, and Siliceous Indicators*, vol. 3. Kluwer Academic Publishers, 2002.

WHITLOCK, C; MILLSPAUGH, S. H. *Testing assumptions of fire history studies: an examination of modern charcoal accumulation in Yellowstone National Park*. *The Holocene* 6: 7–15. 1996.

ZALÁN, P. V; SILVA, P. C. R. *Bacia do São Francisco*. *Boletim de Geociencias da PETROBRAS*, 15(2), 561-571. 2007.

ANEXOS

Depth	Age median (yr)	Sedimentation rate (yr/cm)	#Charcoals in sample	Charcoal Total Area in sample	# Charcoal/unit area/yr	Charcoal Total Area/unit area/yr
0	124	40				
2	204	40				
4	283	39,5				
6	356	36,5				
8	430	37	31	0,569	0,837837838	0,015378378
10	497	33,5	19	0,305	0,567164179	0,009104478
12	567	35	9	0,569	0,257142857	0,016257143
14	644	38,5	37	1,996	0,961038961	0,051844156
16	711	33,5	25	1,038	0,746268657	0,030985075
18	777	33	25	0,426	0,757575758	0,012909091
20	846	34,5	14	0,381	0,405797101	0,011043478
22	914	34	18	0,442	0,529411765	0,013
24	984	35	6	0,086	0,171428571	0,002457143
26	1053	34,5	0	0	0	0
28	1121	34	1	0,033	0,029411765	0,000970588
30	1190	34,5	0	0	0	0
32	1253	31,5	2	0,028	0,063492063	0,000888889
34	1316	31,5	7	0,248	0,222222222	0,007873016
36	1380	32	7	0,201	0,21875	0,00628125
38	1445	32,5	10	0,112	0,307692308	0,003446154
40	1512	33,5	5	0,56	0,149253731	0,016716418
42	1566	27	10	0,882	0,37037037	0,032666667
44	1632	33	66	7,859	2	0,238151515
46	1712	40	37	5,77	0,925	0,14425
48	1790	39	36	0,94	0,923076923	0,024102564
50	1867	38,5	17	0,317	0,441558442	0,008233766
52	1959	46	29	1,848	0,630434783	0,040173913
54	2050	45,5	24	3,773	0,527472527	0,082923077
56	2141	45,5	6	0,216	0,131868132	0,004747253
58	2241	50	0	0	0	0
60	2333	46	3	0,276	0,065217391	0,006
62	2433	50	3	0,065	0,06	0,0013
64	2527	47	0	0	0	0
66	2624	48,5	7	0,129	0,144329897	0,002659794
68	2724	50	4	0,168	0,08	0,00336
70	2825	50,5	39	1,117	0,772277228	0,022118812
72	2923	49	10	0,139	0,204081633	0,002836735
74	3025	51	0	0	0	0
76	3124	49,5	4	0,251	0,080808081	0,005070707
78	3228	52	20	0,329	0,384615385	0,006326923
80	3325	48,5	2	0,009	0,041237113	0,000185567
82	3428	51,5	21	0,23	0,40776699	0,004466019
84	3527	49,5	20	0,189	0,404040404	0,003818182
86	3627	50	0	0	0	0
88	3726	49,5	11	0,091	0,222222222	0,001838384
90	3833	53,5	3	0,081	0,056074766	0,001514019
92	3929	48	3	0,047	0,0625	0,000979167
94	4036	53,5	24	0,959	0,448598131	0,017925234
96	4137	50,5	11	0,293	0,217821782	0,00580198

Anexo 1: Taxa de sedimentação, número de partículas, área medida e cálculos de influxo de carvão para cada amostra.