

EFEITO DO FOGO SOBRE VEGETAÇÃO E SOLO A PARTIR DE ESTUDO EXPERIMENTAL EM AMBIENTE DE CERRADO

Yasmmmin Tadeu Costa ¹
Silvio Carlos Rodrigues ²

RESUMO: *Muito se discute sobre o efeito do fogo ao ecossistema, podendo ser positivo ou desprezível para seu desenvolvimento ou ainda degradante do meio. Contudo, o seu efeito e intensidade de alteração no ambiente terá influência de acordo com as características do ecossistema que atinge. Sendo assim, o presente trabalho tem como objetivo compreender e quantificar o efeito do fogo sobre um ambiente de Cerrado mineiro em estado de recuperação, utilizando como parâmetro de análise o tempo de reestabelecimento da vegetação, as alterações físico-químicas e a ocorrência de processos erosivos, os quais foram obtidos através dos seguintes procedimentos metodológicos: análise foto-comparativa através do software ENVI, análises de solo laboratoriais e coletas semanais de escoamento superficial e perda de solo, respectivamente. O período de coleta de dados do estudo se deu de fevereiro de 2014 a abril de 2015 e se baseou em 5 parcelas de 1m² localizadas na Fazenda Experimental do Glória (Uberlândia – MG) com características fitofisionômicas diferentes, onde se aplicaram duas queimadas experimentais em diferentes épocas do ano. Conclui-se neste trabalho que as duas queimadas de baixa intensidade aplicadas sobre ambiente de Cerrado não contribuíram para degradação intensa das áreas analisadas.*

Palavras-chave: *fogo; degradação; estudo experimental; cerrado.*

EFFECT OF FIRE ON VEGETATION AND SOIL FROM EXPERIMENTAL STUDY IN SAVANNA ENVIRONMENT

ABSTRACT: *There is debate about the effect of fire to the ecosystem, being positive or negligible for its development or degrading of the environment through changes in physical and chemical characteristics of soil and removal the vegetation cover. However, its effect and intensity of change will depend on ecosystem characteristics that reaches. Thus, the following work aims to understand and quantify the effect of fire on a Savanna environment in recovery state using as parameter of analysis the time of reestablishment of vegetation, the physical and chemical changes on soil and the occurrence of erosion, with were obtained by the following methodological procedures: photo-comparative analysis by ENVI software, laboratory soil analysis and weekly collections of runoff and soil loss, respectively. The data collection period occurred from February/2014 to April/2015 and was based on five plots of 1m² located at the Fazenda Experimental do Glória (Uberlândia – MG) with different phyto-physiognomy characteristics, which were applied two experimental burned at different time of year. It is concluded in this paper that the two fires of low intensity applied to Cerrado environment did not contribute to the intense degradation of the analyzed areas.*

Keywords: *fire; degradation; experimental study; savanna.*

1. Universidade Federal de Uberlândia (yasmmmin_t@hotmail.com).

2. Universidade Federal de Uberlândia (silgel@ufu.br).

INTRODUÇÃO

A ação do fogo nos últimos 25 milhões de anos sobre o Cerrado contribuiu para uma situação de adaptação do bioma frente à queima da vegetação versus a manutenção da biodiversidade (SILVA; BATALHA, 2009), sendo possível por meio da evolução da tolerância e dependência do fogo pelas espécies vegetativas, que poderiam ser substituídas por espécies de florestas tropicais caso não sofressem a ação do fogo (THONICKE, et al., 2001; BOND, et al., 2004).

Desta forma, compreende-se que as queimadas permitem a estabilidade do bioma Cerrado, enquanto fator favorável para a existência de espécies com maior efetividade de rebrota, que o caracteriza (BOND; WILGEN, 1996 apud MEDEIROS; MIRANDA, 2008; HOFFMAN, 1999; BRAZ, et al., 2000).

Entretanto, a alta frequência de queimadas utilizadas na limpeza de pastagens e em atividades agrosilvipastoris tem grande responsabilidade sobre a exclusão de espécies sensíveis (MOREIRA, 2000) o que leva ao empobrecimento do ecossistema de forma geral, tendo como consequência redução no estoque de nutrientes e redução da biomassa total, principalmente na camada arbórea e arbustiva (MIRANDA, et al., 2004), além de gerar uma fitofisionomia gradualmente mais aberta, pois simplifica a estrutura da comunidade (HOFFMAN; MOREIRA, 2002).

As consequências geradas pelo alto regime na utilização do fogo vão além do empobrecimento da diversidade, pois altas temperaturas frequentes atuando sobre o solo acarretam transformações em suas características físicas e químicas as quais favorecem a ocorrência de elevadas taxas de erosão e perda de solo (SWANSON, 1981; KUTIEL; INBAR, 1993) devido à combinação do impacto das gotas da chuva e escoamento superficial com a redução da estabilidade de agregados e baixa cobertura superficial (BENAVIDES-SOLORIO; MC DONALD, 2001).

A intensidade com as quais os processos erosivos decorrentes das alterações na densidade vegetativa e compactação do solo pós-fogo variam de acordo com o regime, intensidade e tempo de permanência do fogo e a sensibilidade geomorfológica de determinado local, pois queimadas intensas em áreas de grande potencial erosivo vão gerar uma grande produção de sedimento e causar maiores alterações ao meio ambiente (SWANSON, 1981).

Neste sentido, sobre as consequências do fogo ao meio, existem duas correntes de análise sobre tal fato, uma delas percebe a ação do fogo como um elemento ecológico positivo ou desprezível sobre o desenvolvimento do ecossistema Cerrado e outro grupo de autores que aborda o fogo como fator que favorece a degradação de ambientes através da intensificação da erosão do solo e suas posteriores consequências (SOTO; DÍAZ-FIERROS, 1998).

Sabe-se que o efeito degradante ou positivo do fogo irá depender das características do bioma, associadas ao solo e relevo da região, sendo assim, estudos que procuram identificar a potencialidade erosiva ou conservacionista do fogo necessitam analisar a área de estudo de forma detalhada e não generalizada. Visto isso, muitos estudos se comprometeram a avaliar os efeitos do fogo nas alterações físico-químicas e na erodibilidade do solo em diferentes ambientes (DOERR, et al., 1996, DE BANO, 2000, CERTINI, 2005, INBAR, et al., 2014, FACHINI, 2015).

O estado de Minas Gerais, tendo o Cerrado como bioma dominante, se apresenta em primeiro lugar na listagem de ocorrência de incêndios e áreas queimadas, tendo em vista a sua grande extensão de área reflorestada e um ambiente onde a estação seca prolongada contribui para a propagação do fogo no Cerrado (SOARES; BATISTA; NUNES, 2009). O estudo em questão procura identificar a ação do fogo dentro de uma área degradada do Cerrado Mineiro em fase de recuperação, localizada no município de Uberlândia – MG.

▪ ***Efeito do fogo sobre a vegetação***

A resposta fisiológica das plantas ao fogo pode sofrer variação dentro de diferentes áreas de uma mesma queimada ou mesmo de fogo para fogo, isto se dá em função da associação de diversos fatores, como do regime do fogo, considerando a intensidade do fogo, duração da combustão e época do ano; e das características de cada planta, neste levando em conta a espécie, seu vigor e idade.

Além disso, as reservas nutritivas das plantas variam em relação aos padrões sazonais, o que também influenciará no efeito do fogo sobre a vegetação dependendo do momento do ano em que este ocorre (CATRY; SILVA; FERNANDES, 2010).

Nas gramíneas, abundantes no bioma Cerrado, os meristemas estão localizados na base das folhas, o que favorece a proteção de muitas delas ao fogo já que o calor liberado é direcionado para cima. Também, seus caules e folhas que formam uma massa densa auxiliam na proteção dos meristemas localizados no centro. Tais características frequentemente permitem uma recuperação rápida pós-fogo (BOND; VAN WILGEN, 1996).

Em relação aos rizomas, quando a 2,5 cm abaixo da superfície do solo, não se mostram afetados pela ação do fogo, pois não há acúmulo de massa vegetal morta e, por consequência, não ocorre a queima que afeta o crescimento da vegetação. O extrato arbóreo também apresenta uma variedade de resistência, que irá depender da profundidade em que se encontram suas raízes (SOUSA, 2015).

▪ ***Efeito do fogo sobre as características químicas do solo***

O fogo atua de forma direta sobre as características químicas do solo (COSTA, 2009), pois como foi visto no estudo sobre a utilização deste mecanismo em pastagens, pode gerar redução na capacidade de troca de cátions (CTC) bem como elevação na acidez do solo que se deve ao efeito das cinzas serem capazes de reduzir os teores de Al e ácidos orgânicos temporariamente, além de aumentar a saturação de bases na superfície do solo (GIOVANNINI; LUCCHESI, 1997).

Em outro estudo também em pastagem natural nos campos sulinos brasileiros foi constatado que a queima elevou os teores e saturação de Al juntamente com a acidez potencial e reduziu os teores de magnésio na parte superficial do solo, concluindo, neste caso, que o fogo reduz a produtividade da vegetação nativa e prejudica as características do solo (HERINGER, 2000, apud COSTA, 2009).

O aumento da temperatura durante e pós a ação do fogo também altera características químicas do solo, pois influencia em uma taxa de maior decomposição de resíduos e mineralização da matéria orgânica, sendo esta última por sua vez influente na

disponibilidade de nutrientes já complexados para a utilização pelas plantas, como o NH_4^+ , P inorgânico, Na, Ca, Mg e parte do K (GIRARDI-DEIRO, 1994).

▪ *Efeito do fogo sobre as características físicas do solo*

A temperatura elevada no solo durante e após a queimada também altera as características físicas do solo. Primeiramente, o grau de aquecimento do solo durante a queima irá depender de diversos fatores, como a disponibilidade de material combustível vegetal, que influenciará na intensidade do fogo; o grau de umidade do solo, pois solos mais úmidos se aquecem menos pelo fato de apresentarem menor calor específico, conduzirem o calor de forma facilitada e liberá-lo pela evaporação; e o grau de umidade vegetal que é importante porque materiais secos dispersam a combustão mais rapidamente.

Entendendo isso, conclui-se que o horário em que se inicia a queima poderá influenciar tais fatores, que levam a um fogo com grau de intensidade maior ou menor (COUTINHO, 1980, apud OLIVEIRA; SILVA, 1994).

Após a ação do fogo ocorre a redução da capacidade de absorção de água pelo solo, sendo explicada pela retirada da fitomassa e pelo desenvolvimento da repelência a água causada por elementos hidromórficos voláteis presentes no material combustível. Então, se a capacidade de absorção é afetada, o teor de umidade também é alterado (OLIVEIRA; SILVA, 1994).

Mas, a retirada da cobertura vegetal também deixa a superfície do solo diretamente afetada pela radiação solar, aumentando a temperatura do solo em determinados momentos do dia, que por consequência altera a amplitude das variações térmicas diárias (COUTINHO, 1980, apud OLIVEIRA; SILVA, 1994), podendo afetar a estrutura das partículas do solo pela agressividade nos processos de expansão e contração das argilas. Ainda, nesses aspectos, podem ocorrer mudanças nas taxas de infiltração e evapotranspiração da água, na porosidade e no aumento do grau de suscetibilidade dos solos à erosão hídrica e eólica (CASSOL, et al., 2004, apud REDIN, M., et al., 2011).

Em relação à suscetibilidade à erosão, se deve muito também pela retirada da cobertura vegetal, que irá expor a superfície do solo frente a ação das gotas da chuva e favorecer a ocorrência de escoamento superficial mais intensos e com maior capacidade de intemperização física.

Diversos estudos constataram o aumento no escoamento superficial nos dois primeiros anos após a ação da queima, mas a força do processo erosivo irá depender da intensidade e severidade do fogo, bem como das características e distribuição da precipitação (CAMPO, et al., 2006). Sendo assim, a perda de solo gerada após a queimada dependerá da intensidade do fogo ocorrido e também das características do ambiente.

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A determinação da área de estudo levou em consideração a facilidade e disposição da área para o desenvolvimento de pesquisas realizadas pela Universidade Federal de Uberlândia. Além disso, a realização de campos semanais à área de estudo pelo Laboratório de Geomorfologia e erosão dos solos da Universidade Federal de Uberlândia, laboratório esse

em que tal estudo foi realizado, levou certo interesse a efetivação de uma pesquisa mais prática com experimentos em campo, levantamento de dados temporais e acompanhamento contínuo.

O estudo foi realizado na Fazenda Experimental do Glória, localizada no sudeste do município de Uberlândia – MG nas respectivas coordenadas geográficas 18°56'56"S e 48°12'21"W a uma altitude de 919 metros acima do nível do mar. Esta compõe a bacia hidrográfica do Córrego do Glória, afluente da margem direita do rio Uberabinha e sub-afluente do rio Araguari. Está situada no Domínio dos Planaltos e na Chapada da Bacia Sedimentar do Paraná, com tabular e levemente ondulado. A formação geológica se insere na Formação Marília, em área de contato entre o Grupo São Bento e o Grupo Bauru, ocorrendo afloramento de basaltos e arenitos.

Os solos que se encontram na região são Latossolo Vermelho-Amarelo, estes ocorrem em ambientes secos (bem drenados), são profundos e com uniformidade na cor, estrutura e textura; Organossolos, relacionados a ambientes úmidos (mal drenados); Aluissolos e Neossolo Litólico ocorrem em relevos de maior declividade, sendo solos rasos. De forma geral, os solos da área são ácidos e pouco férteis.

Como afirma Silva (2010), a região apresenta clima tropical Aw, segundo a classificação de Köppen. Apresenta verão chuvoso e inverno seco, com temperatura variando entre médias de 24°C nos meses de Outubro e Março, que são meses mais quentes e 18°C nos meses de Junho e Julho, que são meses mais frios, apresentando no geral temperatura média anual de 22°C. A precipitação varia entre 1300 mm a 1700 mm. Assim, o domínio possui duas estações marcantes, influenciadas pelo deslocamento das massas de ar que atuam na região, sendo a Massa Tropical Atlântica, Polar e Equatorial Continental.

▪ ***Parcelas experimentais***

O estudo se baseou na coleta de dados advindos de 5 parcelas experimentais, sendo todas localizadas na Fazenda Experimental do Glória, Uberlândia – MG (Figura 01). As parcelas foram distribuídas aleatoriamente, em condições de solo e vegetação diferentes (Tabela 01). Essas parcelas seguiram o padrão de estrutura (Figura 02), sendo 1m² de extensão, cercada por chapa galvanizada com 50cm de altura, possuindo uma calha coletora conectada a um galão com capacidade de 30 litros.

A área geral de estudo se encontra em processo de recuperação após exploração e manejo inadequado visando a extração de cascalho. Deste modo, a definição de fitofisionomias das parcelas experimentais refere-se a características da área entorno, bem como das próprias parcelas, entendendo que estão em processo de alteração e regeneração para ambiente natural.

TABELA 01: Atributos das Parcelas Experimentais.

	Fitofisionomia (RIBEIRO; WALTER, 1998)	Areia	Silte (g Kg ⁻¹)	Argila
A	Campo Limpo	896	3	101
B	Campo Sujo	891	13	96
C	Campo úmido	817	39	144
D	Campo Sujo	836	3	161
E	Parque de Cerrado	535	77	388

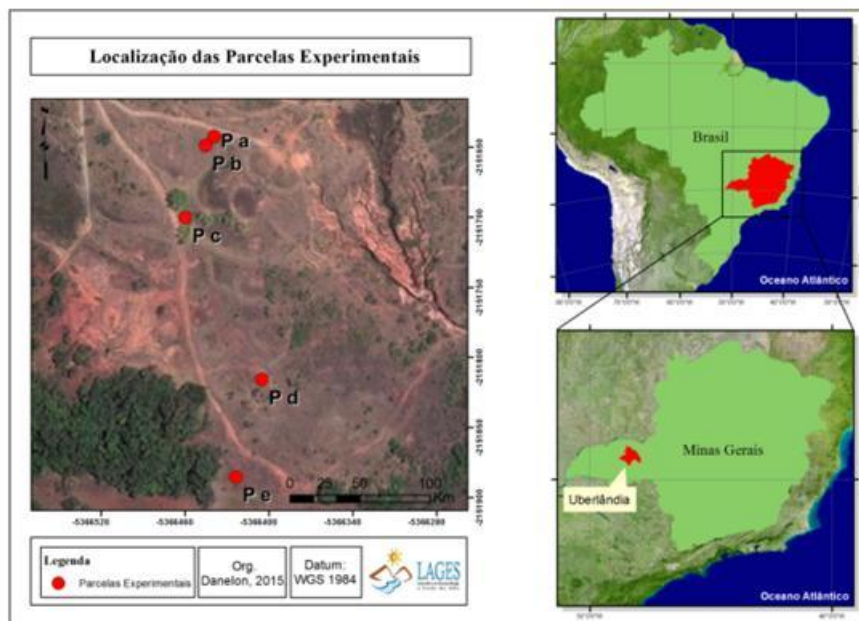


FIGURA 01: Localização das parcelas experimentais.



FIGURA 02: Estrutura das parcelas experimentais

MATERIAL E MÉTODO

A pesquisa foi desenvolvida no período de fevereiro de 2014 a abril de 2015 através da coleta semanal dos seguintes parâmetros: escoamento superficial, perda de solo, precipitação e densidade de cobertura vegetal.

Tais dados coletados foram divididos em três etapas de análise (Figura 03): 1ª Anterior à aplicação do fogo experimental, 2ª) após a primeira utilização do fogo experimental e 3ª) após a segunda aplicação do fogo experimental. Na 3ª etapa da pesquisa se realizou análise físico-química de amostragens do interior das parcelas e de uma área externa nas mesmas condições, porém preservada da ação do fogo.

Para a aplicação do fogo experimental foram escolhidos dois momentos em diferentes intensidades pluviométricas. A primeira ocorreu no dia 16/04/2014, caracterizada no bioma Cerrado como início do período seco, mas ainda com índices consideráveis de precipitação, com médias de 92,7 mm, sendo assim, o solo apresentava umidade significativa e vegetação úmida.

O segundo momento ocorreu em 08/11/2014, início do período chuvoso com altos índices de precipitação, marcando 203,3 mm de média, sendo que o solo se encontrava mais seco, com maior disponibilidade de sedimentos soltos e fáceis de serem erodidos, característica essa advinda da estação seca que se sucedeu. Deste modo, a metodologia geral do trabalho se resume no fluxograma abaixo:

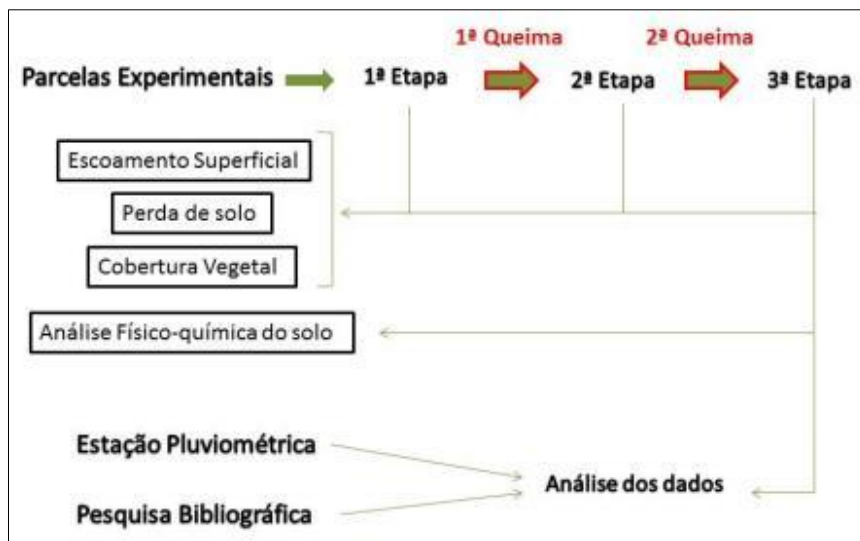


FIGURA 02: Fluxograma metodológico da pesquisa.

Fonte: COSTA, Y. C. (2015).

▪ *Análise do crescimento da vegetação*

Para avaliar o crescimento da vegetação durante o período de análise optou-se por calcular a evolução da densidade da cobertura vegetal nas parcelas experimentais. Para isso foi feito um acompanhamento semanal por meio de imagens fotografadas e em seguida interpretadas em laboratório utilizando o software ENVI 4.3 a partir da metodologia proposta por Pinese Júnior, Cruz e Rodrigues (2008), que atribui polígonos a cobertura vegetal e solo exposto, gerando a quantificação destes dois padrões.

▪ **Análise dos processos erosivos**

A quantificação dos processos erosivos, definida com o objetivo de compreender a evolução das alterações físicas no solo frente à ação do fogo, foi realizada a partir do valor de escoamento superficial, perda de solo e precipitação total semanal. Os dados relacionados ao escoamento superficial foram obtidos a partir da coleta da água derivada de precipitação armazenada nos galões, onde, primeiramente, era homogeneizada, medida sua quantidade total obtida na semana.

Para o cálculo de perda de solo foi coletado 1 litro de água referente ao escoamento total para filtragem em laboratório, em que pela diferença de peso do filtro se identificava a perda de solo semanal, além disso, eram adicionados nesta quantificação os sedimentos depositados na calha coletora, visto que também eram derivados e carregados pelo escoamento superficial.

Para os valores precipitação semanal total, instalou-se nas proximidades das 5 parcelas experimentais uma estação pluviométrica com leitura programada para o intervalo de 5 minutos.

▪ **Análise das alterações químicas**

Em cada parcela foram selecionados 2 pontos de coleta de forma aleatória e em cada ponto coletaram-se solos na profundidade de 0-10 e 10-20, sendo todas homogeneizadas obtendo uma amostra de cada parcela. O mesmo procedimento foi realizado em um ponto externo da parcela, aos quais as condições de vegetação e solo se aproximava com o encontrado no interior da parcela.

Os parâmetros analisados foram Potencial Hidrogeniônico (pH), Fósforo (P) Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Alumínio (Al), Saturação por base (SB) e troca de cátions (CTC), seguindo a metodologia definida pela EMBRAPA (1997).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

▪ **Restabelecimento vegetativo**

As fitofisionomias em suas condições naturais apresentavam-se estáveis e dependentes das condições climáticas para o aumento e estabilidade de sua densidade de cobertura vegetal, com altos índices na etapa inicial da análise.

A primeira queima reduziu drasticamente a cobertura vegetal na maioria das situações (Gráfico 1), alcançando uma variação de 43% nos casos mais extremos no momento em que o ambiente apresentava condições úmidas devido a recente estação chuvosa. Entretanto, logo após esta queima se iniciou o período de estiagem, fazendo com que a densidade de cobertura vegetal permanecesse em declínio ao longo da 2ª etapa de análise.

A segunda queima, que ocorreu posterior as condições de clima seco e, conseqüentemente, ambiente seco, não apresentou redução significativa na densidade de cobertura vegetal (Gráfico 1), sendo a maior variação de 2%. Porém, é válido considerar que os níveis de

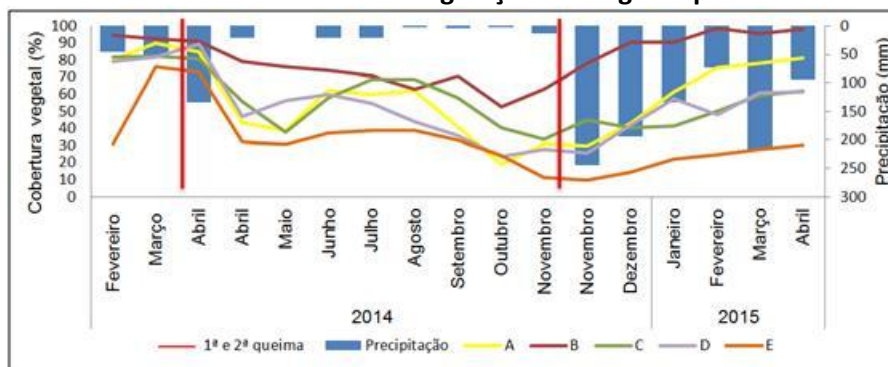
cobertura vegetal no momento da segunda queima encontravam-se nos seus menores índices obtidos ao longo da pesquisa.

O crescimento da vegetação durante a estação chuvosa que se iniciou em novembro acompanhou as ocorrências de precipitação, mas a partir da segunda queima a característica de redução e crescimento da vegetação se diferenciou de forma significativa entre as fitofisionomias.

A fitofisionomia de Campo sujo (Parcela B), representada pela espécie arbustiva *Byrsonima Intermedia A. Juss (Malpighiaceae)* com aproximadamente 2 m de altura associada a espécies herbáceas, obteve menor índice no fim da estação seca/2ª etapa (52% de cobertura vegetal) e conseguiu se recuperar no fim da estação chuvosa/3ª etapa (98% de cobertura vegetal), enquanto o Parque de Cerrado, com a espécie arbórea *Machaerium cf. acutifolium Vogel (Dalbergiaceae)* de aproximadamente 5 m e poucas espécies herbáceas, sofreu redução de sua cobertura vegetal quase em todo o processo, chegando a 11% no fim da estação seca/2ª etapa, mas recuperou somente 20% no fim da estação chuvosa/3ª etapa.

As fitofisionomias de Campo limpo (pastagem em recuperação), Campo sujo e Campo úmido (área hidromórfica), representadas por espécies herbáceas que se diferenciam em relação à disponibilidade hídrica do ambiente em que se localizam, obtiveram comportamento semelhante em relação à sensibilidade após a queima.

GRÁFICO 01 - Restabelecimento da vegetação ao longo do período de análise.



Fonte: COSTA, Y. C. (2015).

Após a primeira queima, a parcela D, de Campo sujo, iniciou o processo de reestabelecimento da cobertura vegetal de forma mais rápida que as outras duas fitofisionomias citadas. A parcela C, de área úmida apresentou maior resistência e estabilidade frente ao período de estiagem devido, essencialmente, a sua condição de má drenagem. A parcela A em Campo limpo, por sua vez alcançou a melhor resultado final em relação ao reestabelecimento da vegetação após a segunda queima.

De forma geral e considerando a condição inicial das parcelas experimentais, as duas queimadas aplicadas não afetaram de forma intensa a cobertura vegetal em longo prazo, pois houve regeneração quase completa de sua densidade na última etapa (Tabela 02). Em alguns casos, como na parcela A e B, a densidade de cobertura vegetal apresentou valores maiores após a aplicação das duas queimadas do que antes de tal ação. Mas, nas parcelas C e D a cobertura vegetal reduziu 20%, aproximadamente.

TABELA 02: Situação final e inicial de densidade de cobertura vegetal

	FEV./2014	ABR./2015
A	80,175	81,285
B	94,469	98,289
C	81,791	61,673
D	79,396	61,607
E	31,199	30,508

Fonte: COSTA, Y. C. (2015).

▪ **Evolução dos processos erosivos**

Sobre a erodibilidade do solo, é possível perceber a ação do fogo ao se comparar dados de escoamento superficial com os de perda de solo (Tabela 03). Na primeira etapa, momento anterior ao fogo, a perda de solo não ocorreu de forma proporcional ao escoamento superficial, sendo que o menor volume de escoamento gerou a maior perda de solo entre as parcelas (Parcela D).

Porém, após a ocorrência da primeira queima, na 2ª etapa, percebe-se que por valores menores de escoamento superficial, a perda de solo alcançou índices maiores do que na 1ª etapa, antes da ação do fogo, em que também se obteve maior perda de solo na parcela que apresentou menor escoamento superficial (Parcela A).

A segunda queimada, que corresponde a 3ª etapa da pesquisa, apresentou aumentos significativos na perda de solo em relação ao escoamento superficial somente em algumas parcelas. As parcelas A, D e E são as que apresentaram aumento significativo na perda de solo após a 2ª queima.

A parcela D apresentou o menor valor de escoamento superficial e obteve o maior índice de perda de solo, seguindo o padrão já citado acima. As parcelas C, e, principalmente a B não apresentaram aumento na perda de solo após a segunda queima, mesmo tendo relativo aumento no volume de escoamento superficial.

A parcela B, demarcada como Campo Sujo devido à presença do arbusto *Byrsonima Intermedia A. Juss (Malpighiaceae)*, mostrou mais resistente ao processo erosivo e que, consequentemente, mostrou influência negativa a ação do fogo, mesmo apresentando redução na cobertura vegetal. A parcela D, também caracterizada como Campo Sujo, mas sem a presença de espécie arbustiva, mostrou comportamento diferente da parcela B, pois apresentou os maiores valores de perda de solo, sendo assim, se trata da parcela mais erodida no presente estudo.

A parcela E, sendo Parque de Cerrado pela espécie arbórea *Machaerium cf. acutifolium Vogel (Dalbergiaceae)* nela presente, se destacou pelo alto índice de escoamento superficial, infere-se que seja devido à ausência de cobertura vegetal, além de apresentar solo

pedregoso com alto teor de argila, indicando possível dificuldade de infiltração pela compactação do solo exposto (Figuras 04 e 05).

TABELA 03: Médias de escoamento superficial e perda de solo nas etapas de pesquisa.

	Escoamento Superficial			Perda de solo		
	(L)			(g/L)		
	1ª Etapa	2ª Etapa	3ª Etapa	1ª Etapa	2ª Etapa	3ª Etapa
A	5,6	0,7	20,1	24,176	45,4	179,3
B	6,08	1,2	18,1	24,643	13,57	33,04
C	5,27	1,4	15,5	24,25	11,1	43,4
D	1,31	1,6	9,22	65,01	37,5	209,4
E	8,49	5,1	31,98	11,96	35,3	172,3

1ª Etapa: anterior ao fogo; 2ª Etapa: Após a 1ª queima; 3ª Etapa: Após a 2ª queima.

Fonte: COSTA, Y. C. (2015).

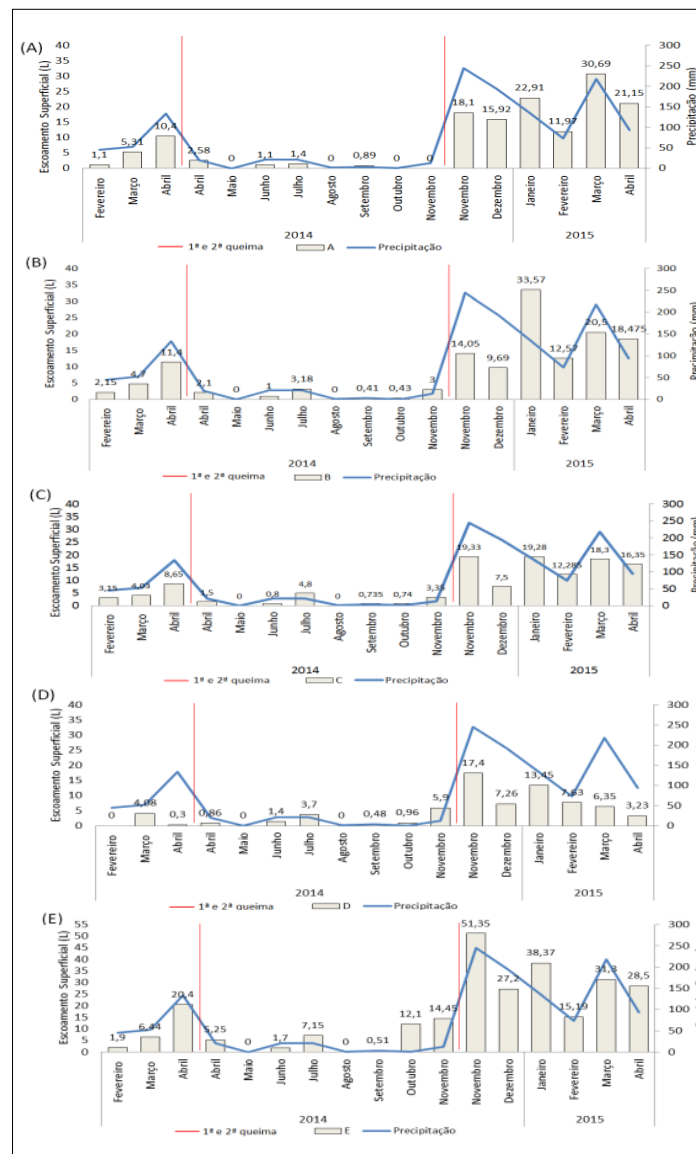


FIGURA 04: Escoamento superficial (L) em relação à precipitação (mm) nas parcelas experimentais.
Fonte: COSTA, Y. C. (2015).

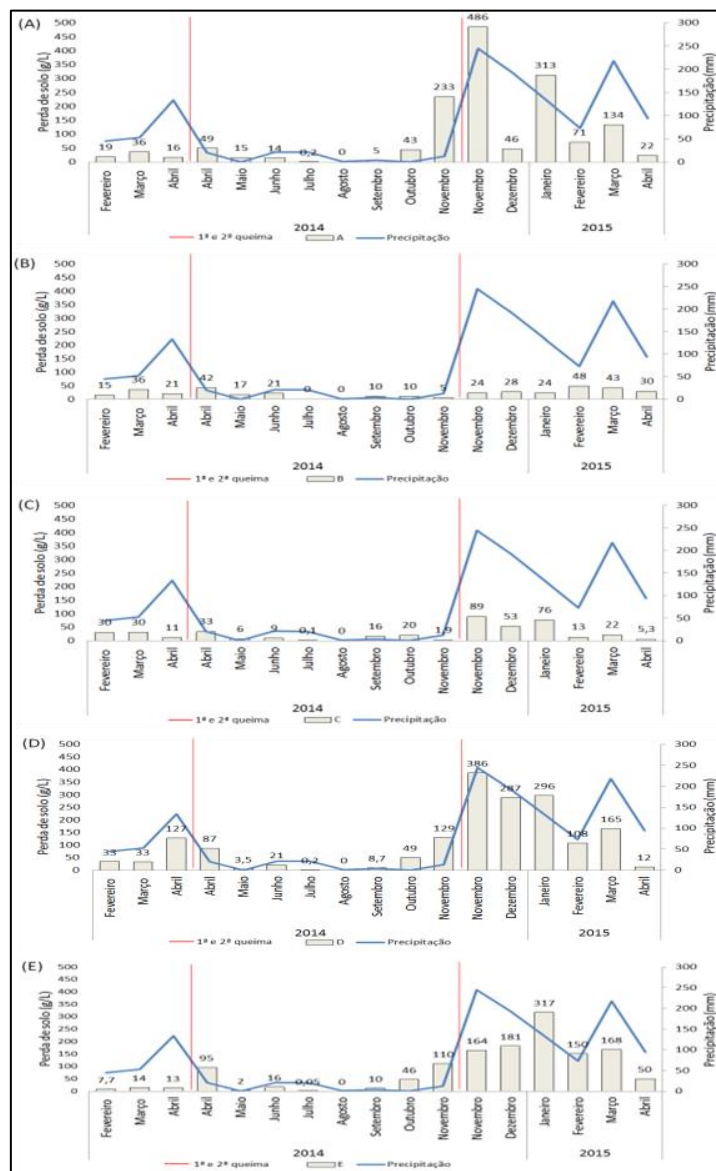


FIGURA 05: Perda de solo (g/L) em relação a precipitação (mm) nas parcelas experimentais.

Fonte: COSTA, Y. C. (2015).

Não houve mudanças muito relevantes nos padrões químicos analisados, de forma geral (Tabela 04). Os teores de Cálcio, Alumínio, Magnésio, Fósforo e Potássio quase se mantiveram nas mesmas quantidades em todas as parcelas, não apresentando um padrão de alteração e tendo variações de 1 a 3 mmolc dm⁻³ nos seus valores.

A situação de não alteração nos teores dos macronutrientes dos solos em questão pode ser justificada pelo fato da queimada aplicada ser caracterizada de baixa intensidade, concentrando poucas alterações na disponibilidade de nutrientes do solo na porção mais superficial do solo (0 – 10) ou não promovendo alterações significativas, como foi o caso.

Entretanto, observa-se um padrão de maior ou igual pH nas áreas queimadas, entendendo que a ação do fogo no solo pode ter contribuído para tornar o solo menos ácido. Os valores de pH de todas as parcelas se encontravam no padrão ácido a muito ácido, sendo a parcela D a que apresenta valor menor de pH e a C o maior.

Sobre alterações na Saturação por base, não ocorreu um padrão, nem mesmo uma mudança e diferença significativa entre amostra queimada e não queimada. A parcela C apresentou maior valor de Saturação por base e a parcela A o menor.

A Capacidade de Troca Catiônica apresentou maiores variações entre as mesmas parcelas se comparado com os outros padrões químicos analisados, apesar de ainda assim ser uma variação baixa onde também não se encontrou um padrão. A parcela B apresentou maior Capacidade de Troca Catiônica, enquanto a parcela D apresentou o menor valor.

TABELA 04: Atributos químicos das parcelas experimentais.

	Ph	P meh ⁻¹	K	Ca	Mg	Al	SB	CTC
	(água)	mg dm ⁻³						
A	5,1	0,9	15	3	0	5,5	3,4	25,4
A *	5,3	2,7	11	4	0	3,5	4,3	20,3
B	5	0,9	19	3	0	4	3,5	23,5
B *	5	1,1	18	3	0	5	3,5	28,5
C	5,1	1,1	15	5	1	4	6,4	21,4
C *	5,4	1,1	16	3	1	6	4,4	21,4
D	4,9	1	11	3	1	5,5	4,3	26,3
D *	5,1	0,8	9	3	1	3,5	4,2	20,2
E	5	0,9	12	3	1	6,5	4,3	30,3
E *	5,1	1	15	3	1	4	4,4	32,4

*Dados correspondentes ao momento pós-queima

CONCLUSÃO

As parcelas experimentais analisadas neste trabalho passaram por duas aplicações de queima que não se desenvolveram com grande intensidade pelos resultados obtidos na pesquisa. A baixa intensidade do fogo se deu provavelmente pela baixa disponibilidade de material combustível nas parcelas associadas às condições climáticas e ambientais desfavoráveis para a sua propagação e capacidade de alteração do ambiente. Porém, é evidente que esta característica da queima foi responsável pelo resultado e conclusão defendidos neste trabalho.

A primeira queimada conseguiu afetar drasticamente a densidade de cobertura vegetal, reduzindo-a a níveis de baixos e mantidos pela estação seca que se seguiu. A segunda queima não alterou tal fator, principalmente devido à estação chuvosa que se iniciava, fato que contribuiu para o restabelecimento da vegetação. No geral, a vegetação conseguiu se restabelecer e alcançar os mesmos níveis ou níveis próximos de cobertura da superfície, em relação ao que se encontravam no início da pesquisa.

Sobre os processos erosivos, ambas as queimadas atuaram como intensificadoras da perda de solo, sendo que a segunda queima contribuiu com valores mais elevados de perda de solo, considerando também que foi acompanhada de altos índices pluviométricos. Dentro deste parâmetro houve diferenças entre as características de vegetação, definidas por fitofisionomias, em que as parcelas Campo limpo, Campo sujo (sem espécie arbustiva) e

Parque de Cerrado obtiveram os maiores valores de perda de solo, sendo assim, os mais degradados no contexto da área estudada.

Os atributos químicos analisados nas parcelas em relação às áreas não queimadas apresentaram baixas e raras variações. Mas, percebeu-se o quão ácido os solos se encontram na região, sendo que em alguns casos esta acidez foi amenizada nas áreas queimadas, isto ocorre devido o potencial das cinzas de neutralização da acidez por serem alcalinas.

Conclui-se que as duas queimadas de baixa intensidade aplicadas em duas épocas diferentes no mesmo ano não contribuíram para degradação intensa das áreas estudadas, apesar de que em algumas fitofisionomias campestres pode ter contribuído para a redução da densidade da vegetação, podendo afetar posteriormente a biodiversidade dessas áreas, e também para o aumento de processos erosivos, incidindo no início do processo de degradação. Se tal estudo prosseguisse por mais tempo, realizando mais testes de aplicação de fogo, poderia se tornar possível a identificação das reais consequências do fogo sobre a redução da biodiversidade e degradação dos solos na área estudada.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao apoio financeiro recebido através dos projetos FAPEMIG CRA-PPM-00201-14 e CNPQ - PQ CNPQ 305548/2011-5.

BIBLIOGRAFIA

BENAVIDES-SOLORIO, J.; MACDONALD, L. H. Post fire runoff and erosion from simulated rainfall on small plots: Colorado front range. *Hydrological Processes*, [s.l.], v. 15, p.2931-2952, jan. 2001.

BOND, W. J.; WOODWARD, F. I.; MIDGLEY, G. F. The global distribution of ecosystems in a world without fire. *New Phytologist*, [s.l.], v. 165, n. 2, p.525-538, 12 nov. 2004. Wiley-Blackwell. DOI: 10.1111/j.1469-8137.2004.01252.x.

BRAZ, V. S.; KANEGAE, M. F.; FRANCO, A. C. Estabelecimento e desenvolvimento de *Dalbergia miscolobium Benth.* em duas fitofisionomias típicas dos cerrados do Brasil Central. *Acta Botanica Brasilica*, Feira de Santana, v. 14, n. 1, p.27-35, jan. 2000.

CAMPO, J., et al. Occurrence of soil erosion after repeated experimental fires in a Mediterranean environment. *Geomorphology*, [s.l.], v. 82, n. 3-4, p.376-387, dez. 2006. Elsevier BV. DOI: 10.1016/j.geomorph.2006.05.014.

CATRY, F. X.; SILVA, J. S.; FERNANDES, Paulo. Efeitos do fogo na vegetação. In: MOREIRA, Francisco et al (Ed.). *Ecologia do fogo e gestão de áreas ardidas*. [s. l.]: Isa Press, 2010. Cap 3. P. 49-86.

CERTINI, Giacomo. Effects of fire on properties of forest soils: a review. *Oecologia*, [s.l.], v. 143, n. 1, p.1-10, 2 fev. 2005. Springer Science + Business Media. DOI: 10.1007/s00442-004-1788-8.

COSTA, M. R. G. F. *Uso do fogo em pastagens naturais*. UFC. Fortaleza, Ceará. 2009.

DEBANO, L. F. The role of fire and soil heating on water repellency in wildland environments: a review. *Journal Of Hydrology*, [s.l.], v. 231-232, p.195-206, maio 2000. Elsevier BV. DOI: 10.1016/s0022-1694(00)00194-3.

DOERR, S. H., et al. Water repellence of soils: new insights and emerging research needs. *Hydrol. Process.*, [s.l.], v. 21, n. 17, p.2223-2228, 2007. Wiley-Blackwell. DOI: 10.1002/hyp.6762.

EMBRAPA (Centro Nacional de Pesquisa de Solos). Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa dos Solos, 1997. 2 ed., 212 p.

FACHIN, P. A. Relação entre pousio e restabelecimento de propriedades físico-químicas do solo em agricultura de roça-de-toco. 2015. 79 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Geografia, Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, 2015.

GIOVANNINI, G.; LUCCHESI, S. MODIFICATIONS INDUCED IN SOIL PHYSICO-CHEMICAL PARAMETERS BY EXPERIMENTAL FIRES AT DIFFERENT INTENSITIES. *Soil Science*, [s.l.], v. 162, n. 7, p.479-486, 1997. Ovid Technologies (Wolters Kluwer Health). DOI: 10.1097/00010694-199707000-00003.

GIRARDI-DEIRO, A.M., MOTA, A.F., GONÇALVES, J.O.N. Efeito do corte de plantas lenhosas sobre o estrato herbáceo da vegetação da Serra do Sudeste, RS, Brasil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.29, n.12, p.1823-1832, 1994.

HOFFMANN, W. A. Fire and Population Dynamics of Woody Plants in a Neotropical Savanna: Matrix Model Projections. *Ecology*, [s.l.], v. 80, n. 4, p.1354-1369, jun. 1999. JSTOR. DOI: 10.2307/177080.

HOFFMAN, W. A.; MOREIRA, A. G. The role of fire in population dynamics of woody plants. In: OLIVEIRA, P.S.; MARQUIZ, R.J. (Eds.). *The Cerrados of Brazil: ecology and natural history of neotropical savanna*. New York: Columbia University Press, 2002. 398p.

INBAR, A. et al. Forest fire effects on soil chemical and physicochemical properties, infiltration, runoff, and erosion in a semiarid Mediterranean region. *Geoderma*, [s.l.], v. 221-222, p.131-138, jun. 2014. Elsevier BV. DOI: 10.1016/j.geoderma.2014.01.015.

KUTIEL, P.; INBAR, M. Fire impacts on soil nutrients and soil erosion in a Mediterranean pine forest plantation. *Catena*, [s.l.], v. 20, n. 1-2, p.129-139, fev. 1993. Elsevier BV. DOI: 10.1016/0341-8162(93)90033-I.

MEDEIROS, M. B.; MIRANDA, H. S. Post-fire resprouting and mortality in Cerrado woody plant species over a three-year period. *Edinburgh Journal Of Botany.*, [s.l.], v. 65, n. 01, p.53-68, 26 fev. 2008. Cambridge University Press (CUP). DOI: 10.1017/s0960428608004708.

MIRANDA, H. S. et al. Queimadas de Cerrado: caracterização e impactos. In: AGUIAR, L. M. S.; CAMARGO, A. J. A. (Eds.). *Cerrado: ecologia e caracterização*. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2004. p.69-123.

MOREIRA, A. G. Effects of fire protection on savanna structure in Central Brazil. *Journal Of Biogeography*, [s.l.], v. 27, n. 4, p.1021-1029, jul. 2000. Wiley-Blackwell. DOI: 10.1046/j.1365-2699.2000.00422.x.

OLIVEIRA, M. E. de; SILVA, I. L. da. Efeitos do fogo sobre o solo. *Floresta e Ambiente*, [s. l.], p. 142-145, 1994.

PINESE JÚNIOR, J. F.; CRUZ, L. M.; RODRIGUES, Sílvio Carlos. Monitoramento de erosão laminar em diferentes usos da terra, Uberlândia - MG. Sociedade e Natureza, Uberlândia, v. 20, n. 2, p.157-175, dez. 2008.

REDIN, M. et al. Impactos da queima sobre atributos químicos, físicos e biológicos do solo. Ciência Florestal, Santa Maria, v. 21, n. 2, p.381-392, jun. 2011.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. (Ed.). Cerrado: ambiente e flora. Brasília, Embrapa Cerrados, 1998. P.87-166.

SILVA, A. H. de. Medidas físicas e biológicas com potencial para uso em recuperação de voçoroca no município de Uberlândia – MG. 2010. 136 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geografia, Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2010.

SILVA, I. A.; BATALHA, M. A. Woody plant species co-occurrence in Brazilian savannas under different fire frequencies. Acta Oecologica, [s.l.], v. 36, n. 1, p.85-91, jan. 2010. Elsevier BV. DOI: 10.1016/j.actao.2009.10.004.

SOARES, R. V.; BATISTA, A. C.; NUNES, José Renato Soares. Incêndios Florestais no Brasil: O Estado da Arte. Curitiba: Ronaldo Viana Soares e Antonio Carlos Batista, 2009. 246 p.

SOTO, B.; DÍAZ-FIERROS, F. Runoff and soil erosion from areas of burnt scrub: comparison of experimental results with those predicted by the WEPP model. Catena, [s.l.], v. 31, n. 4, p.257-270, jan. 1998. Elsevier BV. DOI: 10.1016/s0341-8162(97)00047-7.

SOUSA, N. J. Ecologia do fogo. Disponível em: <http://www.floresta.ufpr.br/alias/lpf/public_html/ecologiafogo.html>. Acesso em: 16 jul. 2015.

SWANSON, F. J. Fire and Geomorphic Processes. In: MOONEY, H. A. et al (Org.). Fire regimes and ecosystem properties. Honolulu: General Technical Report Wo-26, 1981. p. 401-420.

THONICKE, K. et al. The role of fire disturbance for global vegetation dynamics: coupling fire into a Dynamic Global Vegetation Model. Global Ecology And Biogeography, [s.l.], v. 10, n. 6, p.661-677, nov. 2001. Wiley-Blackwell. DOI: 10.1046/j.1466-822x.2001.00175.x.

Artigo submetido em 04/08/2015

Artigo aceito em 18/08/2015