



Efeitos da queima de resíduos do solo sob atributos químicos de um latossolo vermelho distrófico do cerrado

Catia Aparecida Simon^{1*}, Michelle Botelho RONQUI¹, Cassiano Garcia ROQUE¹, Paulo Augusto Zucchi DESENZO¹, Marco Antônio Vrech de SOUZA¹, Irineu Eduardo KÜHN¹, Herivelton da Silva CAMOLESE¹, Carla da Penha SIMON²

¹ Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Chapadão do Sul, Mato Grosso do Sul, Brasil.

² Universidade Federal do Espírito Santo, São Mateus, Espírito Santo, Brasil.

* E-mail: catiasimonsimon@gmail.com

Recebido em janeiro/2016; Aceito em maio/2016.

RESUMO: O fogo é um instrumento de manejo em diversos tipos de ecossistemas, já que atua como importante agente mineralizador do solo. O objetivo deste trabalho foi comparar o efeito da queima de resíduos sobre as propriedades químicas do Latossolo vermelho distrófico do Cerrado. O ambiente estudado foi uma lavoura de milho, sendo composta de quatro sistemas de manejo: manejo sem queima de resíduos não revolvimento do solo (SSQNR) e manejo sem queima e revolvimento do solo (SSQR); manejo com queima de resíduos não revolvimento do solo (SCQNR) e queima de resíduos com revolvimento do solo (SCQR). Para a determinação dos atributos químicos, o teor de carbono orgânico e matéria orgânica do solo, foram coletadas amostras de solo na profundidade de 0,0-0,05 e de 0,10-0,20 m. Não houve interação entre os tipos de manejo de solo para os nutrientes K, Al, Ca, Mg, para as relações Ca+Mg, H+Al, matéria orgânica (MO), carbono orgânico (CO) e saturação por Al (m%) em função da queima, houve diferença significativa, entre as camadas do solo para os teores de MO, K, Ca, Mg, Al, Ca+Mg e CO (Tukey, 5%).

Palavras-chave: queimada, fertilidade do solo, manejo cultural.

Effects of fire in chemical attributes of a red latosol cerrado dystrophic

ABSTRACT: Fire is a management tool for various types of ecosystems, it acts as an important soil mineralization agent. The objective of this study was to compare the effect of burning under the ground in two areas of cultivation. The study setting was a corn crop, consisting of four management systems: soil without revolved not burning (SSQNR) and upturned soil without burning (SSQR); a soil with no upturned burning (SCQNR) and an upturned soil with burning (SCQR). To determine the chemical properties, organic carbon content and soil organic matter, soil samples were collected in depth from 0.0-0.05 and 0.10-0.20 m. There was no interaction between the types of soil management for nutrients K, Al, Ca, Mg, Ca + Mg for relationships, H + Al, MO, CO and Al saturation (m%). As a function of burning, there was significant difference when used the Tukey test at 5% probability relative depth to the organic matter, K, Ca, Mg, Al, Ca + Mg and CO.

Keywords: burned, soil fertility, cultural management.

1. INTRODUÇÃO

As queimadas ocorrem praticamente em todo o território brasileiro, em maior quantidade na região Amazônica e do cerrado. O cerrado é a segunda maior formação vegetal brasileira que cobria aproximadamente 25% do território, mas atualmente, apresenta menos de 20% da antiga área, e desse restante apenas 2% estão protegidos em parques ou reservas. A pecuária extensiva e a agricultura mecanizada de soja, milho e algodão são as principais causas da destruição desse tipo de formação vegetal (Cerqueira, 2015).

Em determinadas regiões o uso do fogo é proibido. Este por sua vez, tem a capacidade de afetar de forma simultânea

as propriedades químicas, físicas e biológicas do solo. Como, também pode-se verificar a redução ou alteração da população microbiana, o aumento temporário da disponibilidade de nutrientes, alteração no pH, aumento da fonte de C e oxidação da MO (Santos et al., 1992). A intensidade da queima, junto a sua temperatura depende da época e clima da região, além disto a natureza química da vegetação queimada acaba alterando a composição química do produto formado (Potes et al., 2010).

A queima dos resíduos presentes no solo contribui para a mudança nos teores de alguns elementos minerais essenciais, a ação do fogo sobre o solo pode aumentar os teores de N, P, K, Ca e Mg, devido a sua mineralização após a queima,

disponibilizando altas concentração destes minerais em suas cinzas (Ceddia et al., 1999; Gatto et al., 2003; Rheinheimer et al., 2003), estes autores ainda afirmam que o fogo em alta intensidade pode promover uma redução no teor total de nutrientes, ocasionando o empobrecimento do solo.

É importante conhecer as modificações que ocorrem no solo após a ação da queimada. Por ser um agente mineralizador de nutrientes, em condições de temperatura adequada, o fogo disponibiliza certos nutrientes ao solo, interferindo na disponibilidade de nutrientes para a planta, e influenciando na recomendação de adubação para a cultura subsequente, bem como as modificações no manejo do solo. Ainda o fogo propicia a liberação de gases como gás carbônico, metano, monóxido de carbono e nitroso de oxigênio, estes por sua vez, podem causar um impacto ao meio ambiente devido ao efeito estufa. O objetivo deste trabalho foi comparar o efeito da queima de resíduos sobre as propriedades químicas do solo.

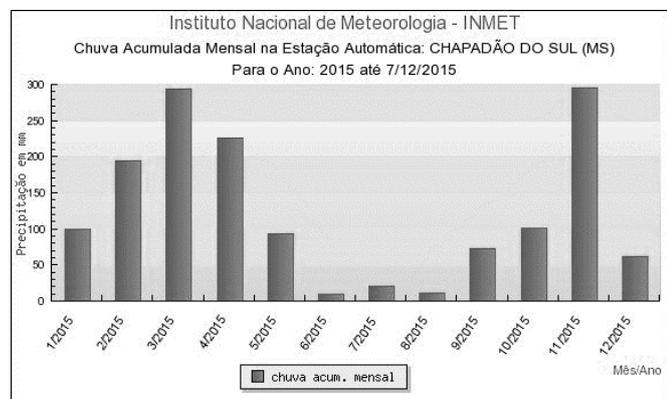
2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de estudo

O experimento foi realizado em área de cultivo comercial, localizada na Fazenda Pouso Frio, no município de Chapadão do Sul - MS, localizada a 18° 41' 20,5" S 52° 52' 6,9" W. O clima é classificado pelo método de Köppen como tropical úmido, a temperatura anual fica compreendida entre 13 a 29 °C, a precipitação pluviométrica média é de 1.850 mm, com concentração de chuva no verão e seca no inverno (Cunha et al., 2013). Segundo classificação de Santos et al. (2013), o solo é classificado como Latossolo Vermelho distrófico. O relevo da área é considerado plano, solo homogêneo em ambas áreas.

A área vem sendo cultivada a quarenta anos, a primeira cultura instalada foi arroz, seguido do cultivo de milho e sorgo, atualmente na área foi instalado a cultura da soja na safra e o milho cultivado na safrinha. O manejo cultural, como adubação de plantio e de cobertura é realizado de cordo com as necessidades nutricionais dos cultivos a mais de cinco anos, conduzidos pelo sistema de plantio direto.

No dia 02 de agosto de 2015, ocorreu acidentalmente o incêndio em uma das áreas de cultivo, na qual a cultura do milho foi prejudicada. Os índices pluviométricos indicam baixa quantidade de chuvas nesta época (Figura 1).



Fonte: INMET, 2015.

Figura 1. Precipitação pluviométrica mensal acumulada, Chapadão do Sul, MS, 2015.

Figure 1. Accumulated monthly precipitation rainfall, Chapadão do Sul, MS, Brazil, 2015.

2.2. Coleta de dados

O trabalho foi constituído de quatro parcelas de 40 x 50 m, sendo que cada parcela representa um tipo de manejo em campo: ausência da queima de resíduos e solo não revolvido (SSQNR); sem queima de resíduos e solo revolvido (SSQR); com queima de resíduos com solo não revolvido (SCQNR); e, presença da queima de resíduos e solo revolvido (SCQR). As coletas de amostras de solo foram realizadas nas camadas de 0,0-0,05 m e de 0,10-0,20 m de profundidade, com quatro repetições, sendo a amostragem realizada no dia 10 de setembro de 2015 e enviadas para o laboratório de solos da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campus de Chapadão do Sul. Determinou-se pH, matéria orgânica (MO), cálcio (Ca), potássio (K), magnésio (Mg), acidez potencial (H+Al), alumínio (Al), fósforo (P), relação Ca/Mg, carbono orgânico (CO) e a capacidade de troca catiônica (CTC) conforme método descrito pela Embrapa (1999).

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado no esquema fatorial (1 x 2) com quatro tratamentos e quatro repetições. As variáveis foram submetidas a análise de variância aplicando-se o teste F e a comparação pelo teste Tukey ($p < 0,05$) a 5% de probabilidade, utilizando-se o programa SISVAR (Ferreira, 2011).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para os nutrientes K, Al, Ca, Mg, as relações Ca+Mg, H+Al, MO, CO e m%. Não houve interação em função da queima e da profundidade (Tabela 1). Na profundidade de 0,0-0,05 m o K mostrou-se com alta disponibilidade no solo (82,11 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) quando comparado a profundidade de 0,10-0,20 m (62,56 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$), a disponibilidade de K para o solo na profundidade de 0,10-0,20 m foi considerada adequada (Souza; Lobato, 2004). Estudando as modificações químicas de um solo queimado em campo nativo Rheinheimer et al. (2003), descrevem que no solo onde a vegetação foi queimada os valores de K foram muito mais elevados do que nas unidades não queimadas, corroborando com os dados de Oliveira; Silva (1994). Em uma área queimada sob cultivo de cana-de-açúcar, foi observado resultado semelhante ao obtido para K neste trabalho, na área houve um incremento dos teores de K no solo na camada superficial, porém os autores afirmam que o K proveniente da queima, em longo prazo é lixiviado tornando o solo empobrecido (Mendonza et al., 2000), além disto o K disponível em maior teor no solo queimado deve-se ao fato de sua mineralização após a queima.

Os SSQNR e SCQR, não diferiram entre si, estes apresentam os maiores valores de disponibilidade do Alumínio (0,18 e 0,19 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$, respectivamente). Os solos distróficos normalmente apresentam os valores de alumínio baixos ou praticamente nulo (Souza; Lobato, 2004). A queima proporcionou maiores valores de Al no solo para a camada de 0,0-0,05 m de profundidade. A ação do fogo resulta em maiores teores e saturação por Al (m%), e maior acidez potencial do solo (Jacques, 2003). O pH para os tratamentos deste trabalho, encontram-se na faixa de 4,0-5,0 sendo considerados ácidos. Um dos fatores que causam maiores problemas de toxicidade em solos com pH abaixo de 5,0 é a elevada concentração de alumínio (Al) reduzindo o crescimento e o desenvolvimento das raízes diminuindo a absorção de nutrientes (Echart; Cavalli-Molina, 2001). A liberação de Al diminui com a elevação do pH devido à formação de produtos insolúveis (hidróxidos) (Malavolta, 1981). Apesar do pH

Tabela 1. Caracterização dos atributos químicos do solo nas diferentes áreas estudadas, Chapadão do Sul, MS, 2015.
Table 1. Characterization of soil chemical properties in different areas studied, Chapadão do Sul, MS, Brazil, 2015.

Solos	pH CaCl ₂	MO %	K	Ca	Mg	Al cmol _c dm ⁻³	P	Ca+Mg	H+Al	CO g dm ⁻³	CTC	m %
SCQR	4,52	32,22a	0,18a	2,13b	0,70bc	0,19a	14,01	2,83bc	6,07a	18,7a	9,07a	7,05a
SCQNR	4,74	33,08a	0,18a	2,82a	0,97ab	0,08b	17,68	3,79ab	5,18b	19,4a	9,17a	2,50c
SSQR	4,81	32,12a	0,2a	2,82a	1,07a	0,07b	14,83	3,89a	5,35b	18,63a	9,47a	2,19c
SSQNR	4,55	31,11a	0,16a	2,08b	0,64c	0,18a	12,99	2,72c	5,94a	18,04a	8,81a	6,87b
Profundidade												
0,0-0,5 m	4,77	34,44a	0,21a	3,02a	1,01a	0,11b	18,02	4,03a	5,60a	19,98a	9,84a	3,01b
0,10-0,20 m	4,54	29,83b	0,16b	1,91b	0,67b	0,16a	11,73	2,58b	5,66a	17,41b	8,42b	6,29a
S	6,11*	0,47 ^{ns}	1,09 ^{ns}	6,03*	7,11*	4,70*	1,75 ^{ns}	6,68*	3,92*	0,71 ^{ns}	3,03 ^{ns}	4,85*
PR	31,7*	33,41*	25,06*	54,34*	28,16*	21,94*	30,56*	48,67*	0,13 ^{ns}	30,97*	54,43*	33,02*
F(S*PR)	3,44*	1,46 ^{ns}	2,41 ^{ns}	0,5 ^{ns}	2,18 ^{ns}	0,30 ^{ns}	4,32*	0,69 ^{ns}	2,50 ^{ns}	1,10 ^{ns}	3,09*	1,22 ^{ns}
CV 1 (%)	4,22	12,75	31,17	23,69	31,59	75,06	35,49	24,96	13,49	12,2	5,93	90,21
CV 2 (%)	2,92	8,6	18,57	21,11	26,11	27,01	26,50	21,69	10,75	8,56	7,35	42,38

S = solos; PR = profundidade; SCQR = manejo com queima revolvido; SCQNR= manejo com queima não revolvido; SSQR= manejo sem queima revolvido; SSQNR= manejo sem queima não revolvido; CV (%) = coeficiente de variação para as variáveis; Médias seguidas por uma mesma letra, em cada coluna, não diferem estatisticamente (Tukey, $p > 0,05$).

encontrar-se ácido, o Al apresentou-se em baixa quantidade, não afetando o desenvolvimento das plantas, e assim o rendimento da produtividade

O Ca, apresentou maior valor de disponibilidade (3,02 cmol_c dm⁻³) na profundidade de 0,0-0,05 m, diferindo da profundidade de 0,10-0,20 m. O Ca presente nos tratamentos apresentou valores adequados (1,5 a 7,0 cmol_c dm⁻³) (Souza & Lobato, 2004). O SCQNR e SSQR não diferiram entre si, ambos apresentando o mesmo valor de disponibilidade no solo (2,82 cmol_c dm⁻³).

O SCQR e SSQNR não diferiram entre si, sendo que o solo sem queima não revolvido apresentou menor valor para este nutriente. Foi possível observar que houve um aumento de Ca na camada mais profunda do solo. Em cerrados brasileiros a ocorrência de uma queimada pode provocar aumento de certos nutrientes no solo como o Ca (Oliveira; Silva, 1994). Embora os valores estejam muito próximos, foi verificado que o Ca apresentou teores maiores nos solos queimados. Os restos vegetais são ricos em cálcio, e estes após queimados disponibilizam o Ca em grande quantidade no solo, em forma mineralizada (Freitas; Sant' Anna 2004).

Os valores obtidos para Mg mostram que as profundidades apresentam diferença estatística, no qual a profundidade de 0,0-0,5 m apresentou maior disponibilidade de Mg (1,01 cmol_c dm⁻³) quando comparada com a profundidade de 0,10-0,20 m (0,67 cmol_c dm⁻³). Os tipos de solo apresentaram diferença significativa, sendo que o SSQR foi o que apresentou maior valor de Mg disponível no solo (1,07 cmol_c dm⁻³), este não difere do SCQNR, diferindo-se dos demais. O SCQNR não diferiu do SCQR. O SSQNR obteve a menor disponibilidade de Mg disponível no solo (0,64 cmol_c d⁻³), não diferindo apenas do SCQR. A soma dos teores de Mg nos solos submetidos a queima e dos solos não submetidos a queima, mostra que houve maior disponibilidade de Mg no solo não queimado. Deve inferir que com a ação do calor sobre a matéria orgânica, e a mineralização dos nutrientes, o Mg se torna mais disponível no solo (Girardi-Deiro et al., 1994).

A relação Ca+Mg apresentou diferença significativa entre as profundidades e os tipos de solo. A profundidade de 0,0-0,5 m apresentou maior disponibilidade destes nutrientes, sendo determinada como adequada para solos do cerrado, a profundidade de 0,10-0,20 m, apresentou baixa disponibilidade de Ca+Mg (2,58 cmol_c dm⁻³), sendo interpretada como baixa

e ou estreita (Souza; Lobato, 2004). O solo com queima não revolvido não diferiu do solo com queima revolvido. O SSQNR não diferiu apenas do SCQR. O menor valor de disponibilidade de Ca+Mg entre os tipos de solo foi de 2,72 cmol_c dm⁻³, encontrado no SSQNR. Apesar da proximidade dos valores, foi observado que os solos com o tratamento de queima obteve maiores valores da relação Ca+Mg, corroborando com os resultados de Rheinheimer et al. (2003), estes autores ainda descrevem que o aumento na concentração desses cátions está vinculado à liberação de óxidos nas cinzas. A baixa relação Ca+Mg pode estar relacionada a formação de fases cristalinas à base de cálcio o/ou magnésio (silicatos e auminossilicatos) insolúveis (Sousa; Holanda, 2005), onde os óxidos facultam em menor valor de bases trocáveis após a queima, influenciando também no pH (Couto et al., 2006).

Os teores de H+Al foram não significativos para as profundidades. Os diferentes tipos de solo foram significativos entre si, porém não houve diferença estatística entre o SSQNR e o SCQR. A maior disponibilidade de H+Al foi encontrada para o SCQR (6,07 cmol_c dm⁻³), a menor disponibilidade destes nutrientes em relação, foi obtida para o SCQNR. Os resultados de Batista et al. (2013), mostram que os valores de Al³⁺ e H+Al foram menores nas áreas não queimadas, com um pequeno incremento na profundidade de 0,0 a 0,05 m, discordando dos resultados obtidos neste trabalho, no qual a profundidade de 0,10-0,20 m apresentou maior teor de Al sendo não significativa para a profundidade em H+Al.

A matéria orgânica (MO) dos tratamentos de solos foi não significativa, bem como o carbono orgânico, em relação a profundidade os tratamentos apresentaram diferença estatística para estas variáveis. A camada de 0,0-0,05 m apresentou maior disponibilidade de MO e de CO no solo quando comparada a camada mais profunda. Os valores encontrados para a argila, segundo a MO do solo e a CTC, foram equivalentes a 35,1 e 45,0% (Souza; Lobato, 2004). Os resultados indicam que não houve redução da matéria orgânica pela queima, estes resultados corroboram com os resultados obtidos por Batista et al. (2013), os autores ainda afirmam que a intensidade do fogo e as características do solo são os fatores mais importantes que concorrem para redução da matéria orgânica pela queima. Este comportamento foi semelhante ao encontrado para a matéria orgânica do solo e obtido pelos autores Batista et al. (2013). A queima da matéria orgânica do solo, pode resultar em

aumentos da aromaticidade da matéria orgânica remanescente, em detrimento de grupos carboxílicos e estruturas alifáticas (Almendros et al., 1992), além disto as estruturas formadas pela ação do fogo são mais recalcitrantes, e derivam dos hidratados de carbono, lipídios, macromoléculas alquiladas e peptídeos, estas estruturas não humificadas, devido a queima, podem ser extraídas como fração húmica (Vergnoux et al., 2011).

Todos os fatores apresentaram significância para a saturação por Al (m%), no qual o SCQR diferiu de todos os demais manejos, porém o SCQNR e SSQR não diferiram entre si, apresentando os menores valores para este atributo. A profundidade de 0,10-0,20 m apresentou maior Saturação por Al (m%) no solo, diferenciando-se da profundidade de 0,0-0,05 m. No entanto, a saturação por Al (m%) em todos os solos foi considerada como baixa, pois seus valores estão < 20% indicado por Sousa; Lobato (2004). A presença do Al reduz o crescimento e o desenvolvimento das raízes e diminui a absorção de nutrientes, podendo prejudicar seu desenvolvimento. Áreas com queimadas possuem maior saturação por bases, menor capacidade de troca catiônica e saturação por Al (Silva; Batalha 2008).

Houve interação para o pH, P e a CTC. A partir do desdobramento foi verificado que os tipos de solos apresentaram diferença significativa em relação ao pH entre as profundidades, não diferindo significativamente apenas do SSQNR. Foi observado maiores valores de pH para a profundidade 0,0-0,05 m nos solos queimados, estes valores podem ser justificados pela presença de cátions básicos provenientes da deposição de cinzas na camada superficial do solo, pós-queima da vegetação (Souza, 1995; Silva et al., 2006), além disto pode-se observar que o efeito do fogo no pH decresce com a profundidade do solo (De Ronde et al., 1990) (Tabela 2).

À medida que o pH atinge valores menores que 5,0, a disponibilidade do fósforo diminui por causa da formação de fosfatos de ferro e alumínio, além disto a disponibilidade de K, Ca e Mg na solução do solo ou no complexo de troca é pouco afetada quando o pH é um pouco maior ou igual a 5,00 (Malavolta, 1965), corroborando com os dados obtidos neste estudo. A elevação do pH no solo queimado, devido as cinzas produzidas pelo fogo, ocasiona na redução nos teores de Al, e de ácidos orgânicos, e ao mesmo tempo aumenta a saturação por bases na superfície do solo (Giovannini; Lucchesi, 1997).

Tabela 2. Análise química dos teores de P, pH e CTC dos solos, Chapadão do Sul, MS, 2015.

Table 2. Chemical analysis of P, pH and CTC of the soil, Chapadão do Sul, MS, Brazil, 2015.

Profundidade	SCQR	SCQNR	SSQR	SSQNR
	P (cmol _c dm ⁻³)			
0,0-0,5 m	16,85bA	23,42aA	14,92bA	16,92bA
0,10-0,20 m	11,17aB	11,95aB	14,75aA	9,07aB
pH (CaCl ₂)				
0,0-0,5 m	4,62bA	4,85aA	4,82aA	4,58bA
0,10-0,20 m	4,43aB	4,63aB	4,60aB	4,52aA
CTC (g dm ⁻³)				
0,0-0,5 m	9,67aA	10,25aA	9,77aA	9,70aA
0,10-0,20 m	8,48abB	8,10abB	9,17aA	7,92bB

SCQR = solo com queima revolvido; SCQNR = solo com queima não revolvido; SSQR = solo sem queima revolvido; SSQNR = solo sem queima não revolvido; PR profundidade; Médias seguidas por uma mesma letra maiúscula na coluna, não diferem estatisticamente; Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem entre si. (Tukey, p > 0,05).

Os valores para a profundidade de 0,0 – 0,05 m não diferiram entre si para os tipos de solo, quando analisado a capacidade de troca catiônica (CTC). As profundidades apresentaram diferença significativa entre si, o SSQR foi o único solo que não diferiu entre as profundidades. A camada superficial obteve os maiores valores de CTC em todos os tipos de solos, este resultado pode ser justificado devido ao aumento da disponibilidade de bases no solo, além da própria mineralização do material orgânico após a queima, a CTC obteve incrementado por causa do acréscimo de bases e cargas negativas no solo, aumentando assim retenção destes elementos (Couto et al., 2006). Podemos inferir que a queima do solo, não atingiu altas temperaturas, e que o tempo de exposição a queima foi rápido, pois os valores quando comparados aos solos não queimados não obtiveram significância para a CTC, MO e CO.

O desdobramento para o P mostrou que a profundidade 0,0-0,05 m não diferiu para os tipos de manejos, apresentando os maiores valores de P. A camada de 0,10-0,20 m foi a que apresentou os menores valores de P. Para o SSQNR não houve diferença entre as profundidades. Rheinheimer et al. (2013) observaram um aumento na concentração de P na camada mais superficial logo após à queima. Este aumento pode estar vinculado à formação das cinzas, com maior disponibilidade às plantas (Baldanzi, 1955).

Em ecossistemas de vegetação mais aberta, como as savanas ou cerrados brasileiros, ou em campos de pastoreio, a ocorrência de uma queimada pode provocar aumento de certos nutrientes no solo como P, Ca, Mg e K, e variações pouco significativas de outros (Oliveira; Silva, 1994).

4. CONCLUSÕES

O manejo do solo com queima dos resíduos não diferiu do manejo sem queima quanto aos teores de K, Al, Ca, Mg, Ca+Mg, H+Al, MO, CO e m%.

A queima do solo pode provocar diferenças nos teores de MO, K, Ca, Mg, Al, Ca+Mg e CO, para as profundidades. A camada superficial destaca-se para a maior suscetibilidade as ações do fogo.

5. REFERÊNCIAS

- ALMENDROS, G.; LEAL, J. A. An evaluation of some methods for oxidative degradation of the humic substances applied to carbohydrate-derived humic-like polymers. **Journal of Soil Science**, v.41, p.51-59, 1990. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2389.1990.tb00044.x>
- ARAÚJO, Q. R.; FIGUEIREDO, M. S.; COSTA, L. M.; LOURES, E.G.; REGAZZI, A. J.; FONTES, L. E. F.; CASALI, V. W. D. Ação da queima e da percolação sobre propriedades químicas de um Latossolo Vermelho-Amarelo variação Una. **Revista Ceres**, Viçosa, v.41, n.237, p.537-558, 1994.
- BALDANZI, G. Efeito das queimadas sobre a fertilidade do solo e a produção de culturas, Pelotas, RS, 1955. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 5., 1955. Pelotas, RS. **Anais...** Pelotas: SBCS, 1955. p.47.
- BATISTA, A. C.; REISSMANN, C. B.; SOARES, R.V. Efeitos da queima controlada sobre algumas propriedades químicas do solo de *Pinus taeda* nos municípios de Sengés-SP. **Revista Floresta**, v.27, n.12, p.59-70, 2013.

- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento e das Queimadas no Cerrado**. 2015.
- CEDDIA, M. B.; ANJOS, L. H. C.; LIMA, E.; RAVELLI NETO, A.; SILVA, L. A. Sistemas de colheita da cana de açúcar e alterações nas propriedades físicas de um solo Podzólico Amarelo no Estado do Espírito Santo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.8, p.1467-1473, 1999. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X1999000800019>
- CERQUERIA, W. C. E. **Ação do fogo no cerrado**. Brasil Escola. Disponível em <<http://goo.gl/vw17K6>>. Acesso em 03 de dezembro de 2015.
- COUTINHO, L. M. O Cerrado e a ecologia do fogo. **Ciência Hoje**. Brasília, v.12, n.68, p.22-30, 1990.
- COUTO, E. G.; CUNHA, L. A. C. N.; LOUREIRO, M. F. **Estudo sobre o impacto do fogo na disponibilidade de nutrientes, no banco de sementes e na biota de solos da RPPN SESC Pantanal**. Conhecendo o Pantanal. V. 2. Rio de Janeiro: SESC, Departamento Nacional, 2006. 56p.
- CUNHA, F. F.; MAGALHÃES, F. F.; CASTRO, M. A. Métodos para estimativa da evapotranspiração de referência para Chapadão do Sul – MS. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.21, n.2, p.159-172, 2013.
- DE BANO, L.; CONRAD, C. E. The effect of fire on nutrients in a Chaparral ecosystem. **Ecology**, Oxford, v.59, n.3, p.489-497, 1978. <http://dx.doi.org/10.2307/1936579>
- DE RONDE, C.; GOLDAMMER, J. G.; WADW, D.D.; SOARES, R. V. Prescribed fire in industrial plantations. In: GOLDAMMER, J. G. (ed.). **Fire in the Tropical Biota – Ecosystem Processes and Global Challenges**. Berlin: Springer-Verlag, 1990, p.216-272 (Ecological Studies, Vol. 84). http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-75395-4_12
- ECHART, C. L.; CAVALLI-MOLINA, S. Fitotoxicidade do alumínio: Efeitos, mecanismo de tolerância e seu controle genético. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v.31, n.3, p.531-541, 2001. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782001000300030>
- EMBRAPA. **Manual de métodos de análise do solo**. Rio de Janeiro: Embrapa, 1999, 212p.
- ERNANI, L. C.; SAKAI, E.; LOMBARDI NETO, F.; LEPSCH, I. F. Influência de métodos de limpeza de terreno sob floresta secundária em latossolo amarelo do Vale do Ribeira, SP. II. Perdas por erosão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.11, n.2, p.215-219, 1987.
- FERNANDES, A. H. B. M.; FERNANDES, F.A. **Características Químicas do Solo em Área de Pastagem Nativa Recém Queimada no Pantanal Arenoso, MS**. Corumbá, 2002. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 36)
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Revista Ciência Agrotécnica**, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011.
- FREITAS, L. C.; SANT'ANNA, G. L. Efeitos do fogo nos ecossistemas florestais. **Revista da Madeira: Incêndios**. Ed. 79, 2004.
- GATTO, A.; BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F.; COSTA, L. M.; NEVES, J. C. L. Efeito do método de preparo do solo, em área de reforma, nas suas características, na composição mineral e na produtividade de plantações de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa, v.27, n.5, p.635-646, 2003.
- INMET-Instituto Nacional de Meteorologia. 2015. Disponível em: <<http://goo.gl/4EyU5D>>. Acesso em 08 de dezembro de 2015.
- JACQUES, A. V. A. A queima das pastagens naturais—efeitos sobre o solo e a vegetação. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, n.1, p.177-181, 2003. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782003000100030>
- KNICKER, H. How does fire affect the nature and stability of soil organic nitrogen and carbon? **Review Biogeochemistry**. Dordrecht, v.85, n.11, p.91-118, 2007. <http://dx.doi.org/10.1007/s10533-007-9104-4>
- MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola: Adubos e adubação**. Ed. 3. São Paulo. Agronômica Ceres, 1981.
- MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola: Nutrição de plantas e fertilidade do solo**. Ed. 3. Ceres, 1976.
- MENDONZA, H. N. S.; LIMA, E.; ANJOS, L. H. C.; SILVA, L. A.; CEDDIA, M. B.; ANTUNES, M. V. M. Propriedades químicas e biológicas de solo de tabuleiro cultivado com cana-de-açúcar com e sem queima da palhada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, p.201-207, 2000.
- MROZ, G. D.; JURGENSEN, M. F.; HARVEY, A. E.; LARSEN, M. J. Effects of fire on nitrogen in forest floor horizons. **Soil Science Society America Journal**, Madison, v.44, n.2, p.235-242, 1980.
- OLIVEIRA, M. E.; SILVA, I. L. Efeitos do fogo sobre o solo. **Revista Floresta e Ambiente**. Ano 1, p.142-145, 1994. Disponível em: <<http://goo.gl/BXhAeb>> Acesso em: 10 de novembro de 2015.
- POTES, M. L.; DICK, D. P.; DALMOLIN, R. S. D.; KNICKER, H.; ROSA, A. S. Matéria orgânica em neossolo de altitude: influência do manejo da pastagem na sua composição e teor. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.34, p.23-32, 2010.
- RHEINHEIMER, C. D. S. J.; SANTOS, F. P.; BARCELOS, V. B.; MAFRA, A. Á. L.; ANTONIO, J. Modificações nos atributos químicos de solo sob campo nativo submetido à queima. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, n.1, p.49-55, 2003. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782003000100008>
- SANTOS, D.; BAHIA, V. G.; TEIXEIRA, W. G. Queimadas e erosão do solo. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.16, n.176, p.62-68, 1992.
- SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília: Embrapa, 2013. 353p.
- SILVA, D. M.; BATALHA, M. A. Soil-vegetation relationships in cerrados under different fire frequencies. **Plant and Soil**, The Hague, v.311, n.1-2, p.87-96, 2008. <http://dx.doi.org/10.1007/s11104-008-9660-y>
- SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004.
- VEGA, J. A.; BARA, S.; GIL, M. C. Prescribed burning in pine stands for fire prevention in the N. W. of Spain: some results and effects. In: GOLDAMMER, J. G. (HRSg). DFG – **Symposium “Feuerökologie”**. Albert Ludwigs – Universität Freiburg i. Br. 1983, p. 49-73.
- VERGNOUX, A.; DI ROCCO, R.; DOMEIZEL, M.; GUILIANO, M.; DOUMENQ, P.; THÉRAULAZ, F. Effects of forest fires on water extractable organic matter and humic substances from Mediterranean soils: UV-vis and fluorescence spectroscopy approaches. **Geoderma**, Amsterdam, v.160, p.434-443, 2011. <http://dx.doi.org/10.1016/j.geoderma.2010.10.014>