



O EFEITO DA QUEIMADA NA CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA DO SOLO EM AGRICULTURA DE ROÇA-DE-TOCO

Paulo Angelo **Fachin**¹, Tatiane **Wouk**², Adalberto Alves **Pereira**³, Edivaldo Lopes **Thomaz**⁴

(1 - Universidade Estadual do Centro-Oeste, Mestre em Geografia - Unicentro, fachinp@hotmail.com, 2 - Universidade Estadual do Centro-Oeste, tatianewouk@hotmail.com, 3 - Universidade Estadual do Centro-Oeste, Docente Colaborador, Doutorando em Geografia - Universidade Estadual de Ponta Grossa, adalbertoalvespereira@yahoo.com.br, 4 - Universidade Estadual do Centro-Oeste, Docente Associado - Departamento de Geografia, edilopes.thomaz@gmail.com)

Resumo: No Brasil, a agricultura tradicional ainda é muito praticada pelos pequenos agricultores, muitos ainda utilizam o método de queimada para limpeza de terreno para o plantio, chamada de agricultura de roça-de-toco. O fogo causa diversas mudanças no solo: física, química e biológica. Muitos estudos têm mostrado as alterações físico-químicas negativas no solo, no entanto, há uma carência na literatura de estudos que avaliem o comportamento do solo para melhor entendimento do sistema de pousio. O presente estudo avaliou a capacidade de condutividade hidráulica de água em solos submetidos à queimada que se encontram em diferentes estágios de pousio, em uma escala de 0 a 15 meses e de 0 a 12 anos, na comunidade faxinalense, Tijuco Preto, no município de Prudentópolis, Paraná. O solo apresentou repelência a água no primeiro mês e maior condutividade hidráulica no terceiro mês para as duas escalas analisadas. O aumento da condutividade hidráulica pós-queimada não se manteve permanente, diferenciando de outros resultados reportados na literatura.

Palavras-chave: Fogo, Solo, Infiltração de água.

THE EFFECT OF FIRE ON HYDRAULIC CONDUCTIVITY OF SOIL IN A SLASH-AND-BURN AGRICULTURE

Artigo recebido para publicação em 23 de Abril de 2016

Artigo aprovado para publicação em 17 de Novembro de 2016



Abstract: In Brazil, traditional agriculture is still practiced by small farmers; many of them still use the burning method for the cleaning of the land for planting, which is called slash-and-burn agriculture. The fire causes several changes in the soil: physical, chemical, and biological. While many studies have shown unfavorable physicochemical changes in the soil, however, little research has been conducted behavior for better understanding the fallow system. This study evaluates the water infiltration capacity in soils that have undergone burning and which are in different stages of a fallow period, on a scale from 0 to 15 months and 0 to 12 years in a Faxinalense community, Tijuco Preto, in the Prudentópolis municipality, Paraná. The soil repellency has the first month of higher conductivity in the third month for the two scales analyzed. The increase of hydraulic conductivity after-burnt not maintained permanently, differing from other results reported in the literature.

Keywords: Fire, Soil, Water Infiltration.

EL EFECTO DE LA QUEMADA EN LA CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA DEL SUELO EN AGRICULTURA DE TALA Y QUEMA

Resumen: La agricultura tradicional aun es practicada por pequeños agricultores en Brasil, donde muchos todavía utilizan los incendios con el fin de limpiar el terreno para sembrar, lo que se denomina agricultura de tala y quema. El fuego provoca alteraciones en los suelos: físicas, químicas y biológicas. Aunque varios estudios han demostrado que dichas alteraciones son desfavorables, pocas investigaciones se centran en el comportamiento del suelo para mejorar el entendimiento del sistema de barbecho. Este estudio evalúa la capacidad de infiltración hídrica en suelos que han experimentado quemadas y se encuentran en diferentes etapas del barbecho, a escala de 0 a 5 meses y 0 a 12 años, en una comunidad Faxinalense, Tijuco Preto, en la municipalidad Prudentópolis, Paraná. Los suelos presentaron repelencia al agua durante el primer mes y mayor conductividad hidráulica durante el tercer mes en ambas escalas. El incremento de la conductividad no fue permanente después del incendio, a diferencia de lo reportado en otros estudios.

Palabras-Clave: Fuego, Suelo, Infiltración de agua.

Introdução

O fogo é considerado um importante agente hidrológico e geomorfológico que influencia toda a dinâmica ambiental de uma bacia de drenagem ou ecossistema



(SHAKESBY et al., 2003; CERTINI, 2005; ÚBEDA & BERNIA, 2005; DOERR et al., 2007).

No Brasil a agricultura de roça-de-toco (agricultura de sistema tradicional), que usa a queimada controlada para limpeza de terreno, ainda é muito praticada pelos pequenos agricultores (13,14% do total dos incêndios no Brasil), (SOARES & SANTOS, 2002). Este tipo de agricultura é bastante encontrado na região central do estado do Paraná, é neste tipo de agricultura que é produzida a maior parte do feijão no estado, em especial no município de Prudentópolis – PR (maior produtor de feijão do Brasil) (EMATER, 2012).

A roça de toco é feita por meio de procedimentos que compreendem o pousio e utilização do fogo. Os procedimentos do sistema são: a) roçada da área a ser queimada; b) espera da secagem da matéria vegetal cortada; c) queima da matéria seca; d) plantio, colheita e pousio. Depois da colheita, a área utilizada permanece em pousio por um período de 5 a 8 anos para descanso, regeneração da vegetação e restauração do solo por meio de reposição natural de matéria orgânica.

Estudos têm demonstrado que o fogo causa diversas mudanças no solo. Fox et al., (2007) em ensaios de laboratório verificaram que a condutividade hidráulica em solos submetidos ao fogo apresentou redução de 37% para frações de 0,4-2,0 mm e 23% para frações de 2,0-5,0 mm quando comparada às mesmas frações não submetida ao fogo. Já em campo, Martin & Moody (2001), observaram que em solo vulcânico não submetido ao fogo a taxa de condutividade hidráulica foi de 170 mm/h, enquanto que o mesmo solo submetido ao fogo apresentou taxa de condutividade hidráulica de 26 mm/h.

Gong et al., (2013), em estudo de restabelecimento de um solo subtropical vermelho degradado, observou que os solos têm capacidade de auto restaurar seus elementos alterados após a perturbação se submetidos a sistemas conservacionistas.

De acordo com o tipo de sistemas de cultivo, muitas das características do solo demonstram variar ao longo do tempo durante o período de pousio, essas alterações podem ser codificadas em modelos que podem depois ser utilizada para quantificar o comportamento do solo sob diferentes cenários (YEMEFACK et al., 2006).

Muitos estudos têm buscado avaliar os efeitos das queimadas nas mudanças físicas, químicas, biológicas de solos, bem como erosão e perda e água logo após a queimada (DOERR et al., 1996; DE BANO, 2000; MARTIN & MOODY, 2001; DRAGOVICH & MORRIS, 2002; CERTINI, 2005; ÚBEDA & BERNIA, 2005; INBAR, 2014), no entanto,

poucos estudos buscam avaliar o comportamento destes parâmetros alterados pelo fogo no decorrer do tempo de pousio. A partir disto, vê-se a necessidade de estudos que avaliem o comportamento das propriedades do solo a curto e longo prazo de tempo após a queimada em solos brasileiros.

O presente estudo objetivou avaliar o comportamento da condutividade hidráulica de água no solo em um curto e longo ciclo de pousio. Para isto foram utilizadas áreas agrícolas (roça-de-toco), na qual o fogo é utilizado para limpeza de terreno e o pousio para restabelecimento do solo.

Referencial Teórico

Os diferentes tipos de uso e manejo do solo fazem com que o potencial erosivo e a qualidade deste se distribuam de forma diferente entre os ambientes. Uma das atividades que tem tomado atenção dos profissionais de Geomorfologia nos últimos anos é a ação do fogo no relevo e no solo.

Os processos erosivos em áreas queimadas são muito mais intensos do que em áreas que não foram submetidas ao fogo. O padrão de perda de solo em áreas queimadas é dependente do grau de intensidade do fogo (DRAGOVICH & MORRIS, 2002). Por exemplo, Benavides-Solorio & MacDonald (2001) registraram perdas de solo na ordem 428 g/m² em área severamente queimada, 89 g/m² em áreas com queimada moderada e apenas 13 g/m² em área não queimada. Além disto, o fogo altera as propriedades físico-químicas do solo causando a perda de fertilidade e o consequente comprometimento da produtividade agrícola. Mudanças nestes aspectos foram constatadas tanto em campo quanto em laboratório (COMTE et al., 2010; DOERR et al., 1996; DE BANO, 2000; FOX et al., 2007; HUFFMAN, 2001; KETTERINGS et al., 2000; MARTIN & MOODY, 2001; SHAKESBY & DOERR, 2006; THOMAZ, 2011).

Alguns estudos relacionados à física de solos submetidos à queimada têm mostrado que a porosidade e a densidade do solo podem ser afetadas após a queima, no entanto, há diferenças significativas entre os estudos realizados para estes casos. Certini (2005) em extensiva revisão sobre o efeito do fogo nas propriedades de solos de floresta destaca que ocorre aumento da densidade do solo.

Segundo Ketterings et al., (2000) a densidade aumenta como resultado do colapso dos agregados e de vedação, devido ao entupimento de poros do solo pela alteração dos minerais e pelas cinzas.

Spera et al., (2000) em estudo com queimadas bional de vegetação de cerrado ralo não constatou alteração significativa na densidade do solo. Acredita-se que o comportamento da porosidade e da densidade em áreas de queimada esteja diretamente ligado ao tipo da vegetação e a temperatura do fogo durante a queimada.

Segundo Mataix-Solera & Doerr (2004), a estabilidade de agregados (EA) pode variar de acordo com a temperatura da queimada, pois segundo este autor, a estabilidade é influenciada pela formação da película externa nos agregados durante a queima. Em temperaturas elevadas (acima de 500° C) a estabilidade pode aumentar devido à formação de óxidos de cimentação que irão causar um elevado enrijecimento nos agregados.

Esta questão fica clara em Thomaz & Fachin (2014), os quais a partir de simulação de temperaturas registradas em campo durante queimada natural e simuladas posteriormente em tratamentos em forno mufla: 25 °C (temperatura ambiente), 250 °C, 350 °C, 450 °C, 550 °C e 650 °C, constataram que entre 250 °C e 550°C ocorreram bruscas reduções da estabilidade e no diâmetro médio dos agregados, e entre 550 °C e 650°C elevado aumento na estabilidade.

Thomaz (2011) em teste de laboratório com Chernossolo para estabilidade de agregados (EA), constatou redução de 5,6% no (DMG) diâmetro médio geométrico dos agregados submetidos à temperatura média de 200°C e peneirados submersos em água, e equivalência nas temperaturas maiores (200 à 580°C). Já o (DMA) diâmetro médio do agregado representou diferença significativa ao emitido à temperatura de 200°C decrescendo 56,7% após peneiramento úmido e de apenas 12,3% na temperatura de 580°C.

Segundo Certini (2005) o tamanho da distribuição de partículas não é diretamente afetado pela queimada, mas em superfícies íngremes a remoção seletiva da fracção de agregados finos por meio de erosão, podem levar ao engrossamento dos agregados de solo pós-queimada.

Os parâmetros acima citados afetam à condutividade hidráulica, a qual está também diretamente ligada à hidrofobia. A repelência de água ou hidrofobia é um processo natural que impede ou dificulta o umedecimento de agregados. Este processo ocorre em vários ecossistemas. A repelência foi identificada inicialmente nos Estados Unidos por volta de 1910 por meio de estudos voltados a dinâmica de matéria orgânica e outras substâncias húmicas.

Observou-se que estes materiais orgânicos dificultavam a penetração de água em agregados. No entanto os estudos tomaram maior atenção após a década de 1960, atualmente os estudos de hidrofobia deixaram de ser restritos aos Estados Unidos e ampliaram-se para diversas regiões do mundo (Portugal, Espanha, África do Sul, Austrália e outros) (DEBANO, 2000).

No início dos estudos sobre repelência, constataram redução da condutividade hidráulica no solo por conta do preenchimento dos poros do solo pela matéria queimada. Alguns anos seguintes outros estudos evidenciaram a formação de uma camada formada durante a queima que reveste a parte exterior dos agregados impedindo a infiltração de água nestes (DEBANO, 2000; SHAKESBY & DOERR, 2005).

Estabeleceu-se genericamente, neste período, que a hidrofobia é causada pela formação ou precipitação de substâncias produzidas durante o processo de queima da matéria orgânica no solo (DOERR et al., 1996; DE BANO, 2000).

De Bano (2000) em experimento em laboratório, concluiu que um revestimento mais eficiente das partículas do solo mineral ocorreu a baixas temperaturas e por períodos mais curtos de aquecimento que em longos períodos de aquecimento a temperaturas mais altas, que destruíram as substâncias orgânicas responsáveis pela repelência à água.

Yemefack et al., (2006) em estudo com aquecimento do solo, constatou que há significativa diminuição do carbono orgânico que provavelmente se dá devido à queima e a mineralização deste. Fachin & Thomaz (2014) em estudo prévio com queimada natural em campo e experimento com temperatura controlada em laboratório com uso de forno mufla, constataram respectivamente aumento de 20,2 e 28,6 % no teor de areia no solo nos agregados de tamanho 4; 2 e 1 mm, que pode ser causado pela recristalização de minerais como sílica e talvez pela mineralização de parte do carbono orgânico sendo agentes que afetam diretamente o comportamento da condutividade hidráulica do solo.

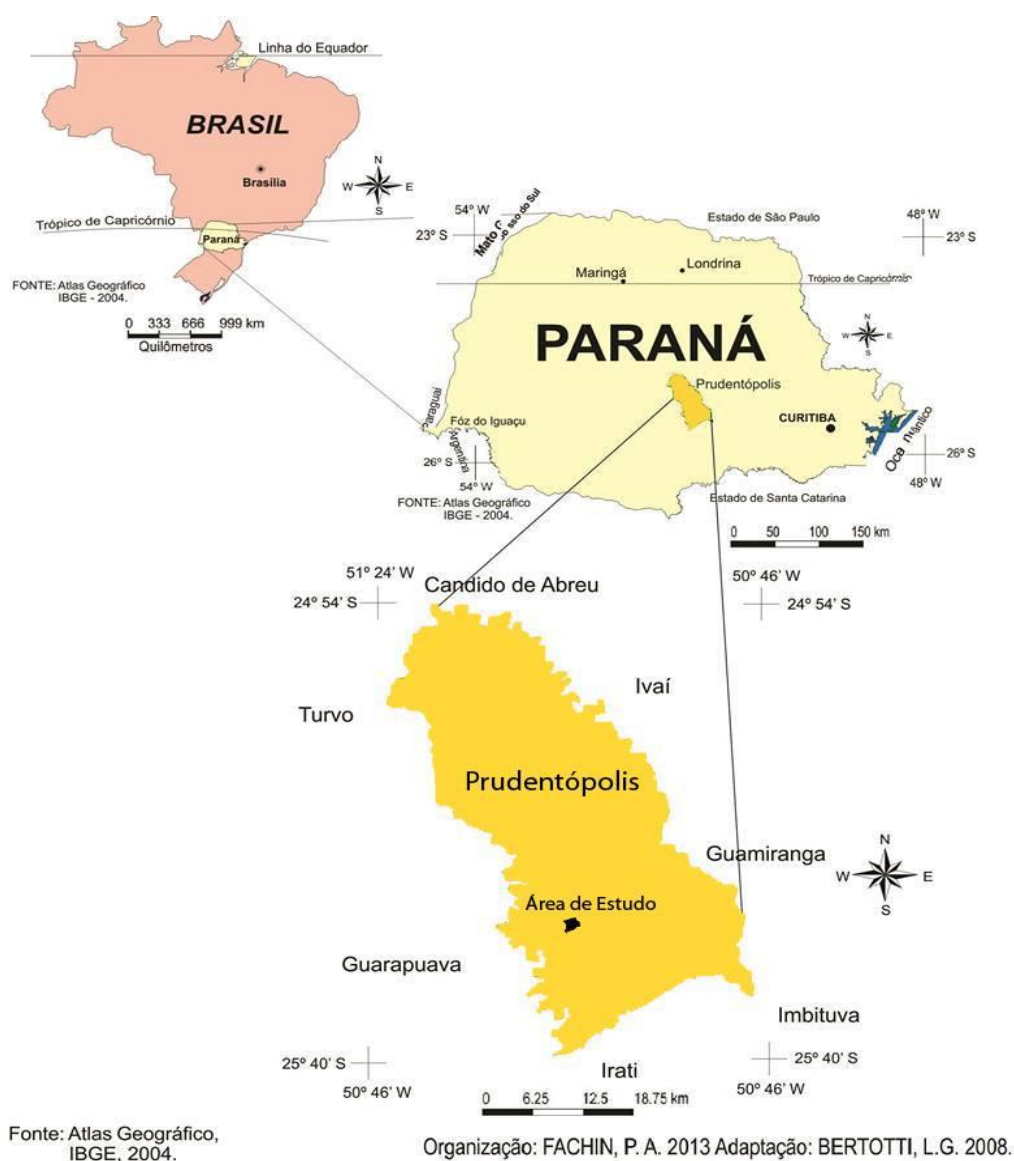
Existem vários fatores que afetam o comportamento e a restauração do solo pós queimada, composta de propriedades intrínsecas do solo e fatores endógenos, assim, cada tipo de solo reagirá de maneira diferente ao restabelecimento das propriedades ofendidas (ZHANG & XU, 2005).

Segundo Yemefack et al., (2006) a dinâmica de uso do solo com curtos prazos de pousio é a causa das alterações permanentes de propriedades físico-químicas dentro dos sistemas. O estágio de recuperação passa por uma série de etapas ou fases que podem ser claramente distinguidos se melhor interpretados em futuros estudos.

Características da área de estudo e do solo

O estudo foi realizado no Sítio Nadir que se encontra na comunidade de Tijuco Preto. A comunidade é um faxinal localizado a sudoeste do município de Prudentópolis – Pr, entre as coordenadas 25° 23' 37" S; 51° 06' 27" W e 25° 23' 52" S; 51° 06' 19" W na mesorregião sudeste do estado do Paraná, próximo (≤ 10 km) da borda da cuesta da Escarpa da Esperança na Bacia Sedimentar do Paraná, no 2° planalto paranaense (figura 1).

Figura 1 - Localização da área de estudo.

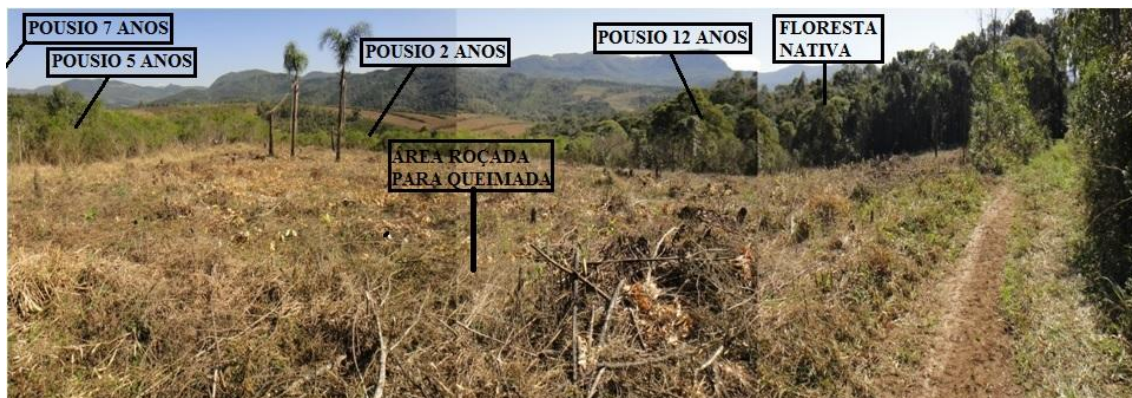


De acordo com a classificação de Köppen, o município de Prudentópolis apresenta clima Subtropical Úmido Mesotérmico (Cfb), tendo no decorrer do ano verões frescos, geadas severas no inverno, sem estação seca com temperaturas médias de 18° C no mês mais frio e 22° C no mês mais quente. A precipitação média anual é de 1600 a 1800 milímetros e temperatura média anual é de 16-18 ° C (IAPAR , 1994).

Segundo Santos et al., (2006), a área está inserida na subunidade morfoescultural do Planalto de Prudentópolis, onde a dissecação é considerada baixa, as vertentes possuem topos aplainados, as vertentes são convexas e os vales em V abertos, a altitude varia entre 580 m (mínima) e 1040 m (máxima) com gradiente de 460 m. No Sítio Nadir a altitude média é de 807 m. No local de estudos (Sítio Nadir), assim como nas demais áreas de faxinal, os terrenos são declivosos e o solo predominante é o Cambissolo Húmico (tabela 1). Todas as áreas analisadas encontram-se na mesma vertente, próximas uma a outra. A encosta possui forma convexa com declive variando, a maior parte, entre 12% e 20 %.

No Sítio Nadir os sistema de roça de toco é praticado a aproximadamente 70 anos, pela mesma família para o cultivo de feijão e milho. Deste modo, na propriedade existem áreas com diferentes anos de regeneração pós-queimada (figura 2).

Figura 2 – Vista panorâmica das áreas em pousio.



Fonte – Fachin, P. A (2015).

Destaca-se que em todas as áreas escolhidas para o desenvolvimento do estudo, durante os últimos plantios e os períodos de pousio não foram empregadas máquinas agrícolas, corretivos (fertilizantes) nem revolvimento do solo.

As queimadas sempre obedeceram padrões parecidos (idade e tamanho da vegetação cortada para queimada, características climáticas, queimada no final da tarde sem propagação intensa de vento, baixa umidade da superfície), pois essas são as características principais a serem adotadas em uma queimada controlada para evitar que o fogo se torne descontrolado podendo se espalhar para outras áreas da propriedade ou até mesmo para propriedades vizinhas.

Descrição das mensurações em campo e análises estatísticas

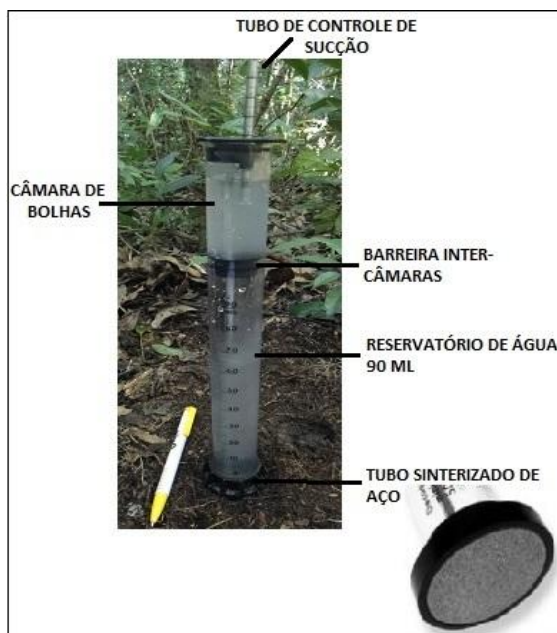
Para avaliação da condutividade hidráulica, as análises foram divididas em duas escalas temporais: 1^a) curta escala, 2^a) larga escala. A primeira foi feito o monitoramento de uma área tendo o primeiro ensaio de condutividade hidráulica 30 dias após a queimada e por seguinte de 90 em 90 dias até completar 15 meses. Na segunda escala foram feitos ensaios nas seguintes áreas: floresta nativa, R.Q (recém queimada 90 dias pós-queimada), 2 anos de pousio, 5 anos de pousio, 7 anos de pousio e 12 anos de pousio. As áreas localizam-se todas na mesma encosta, com o mesmo tipo de solo e a mesma declividade.

Existem vários métodos para estimativa da condutividade hidráulica do solo: infiltrômetro de anel, infiltrômetro de aspersão, permeâmetro, infiltrômetro de tensão, infiltrômetro de pressão, infiltrômetro *mini disk* e outros.

Neste estudo foi utilizado o infiltrômetro *mini disk* da marca Decagon Devices, Modelo S (figura 3), por ser um equipamento de fácil manuseio e eficiente para medidas de condutividade hidráulica em pequenas profundidades. O infiltrômetro *mini disk* possui um tubo graduado superior que funciona como reservatório de alimentação para o fornecimento de água e outro reservatório tubular, possibilitando uma pressão constante menor ou igual à pressão atmosférica de fornecimento de água.

É possível fazer ensaios com no máximo 90 ml de água e durante as medições é necessários que se façam as anotações do nível de descida de água do tubo a cada 30 segundos, como recomendado no manual. Em cada área foram feitos um total de 4 ensaios para avaliação da condutividade hidráulica no solo com as mesmas condições de umidade, em torno de 28%, a qual foi medida pela secagem das amostras em estufa menos de 8 horas após as coletas .

Figura 3 – Infiltrômetro *Mini Disk*.



Fonte – Fachin, P. A (2015).

A condutividade hidráulica (K) foi calculada segundo o método proposto por Zhang em 1997, no qual é relacionada à condutividade hidráulica cumulativa (I) por tempo passado (t) segundo a função seguinte, onde C1 é o declive da curva da condutividade hidráulica cumulativa em função da raiz quadrada do tempo e C2 é a absorvidade do solo:

$$I = C_1 t + C_2 \sqrt{t}$$

A condutividade hidráulica pode ser calculada dividindo C1 por A (valor que relaciona os parâmetros de van Genuchten para um dado tipo de solo), a taxa de sucção (2 cm que é a indicada para a maioria dos solos), do infiltrômetro e o diâmetro do disco do infiltrômetro.

$$K = \frac{C_1}{A}$$

Para as análises estatísticas foi utilizado o *software* Bioestat. Foram realizadas análises descritivas (médias, desvio padrão, coeficiente de variação). Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), a comparação de médias foi feita pelo teste Tukey, a 5%.

Resultados e discussões

O resultados das análises físicas e químicas para caracterização do solo, estão representados na Tabela 1. Para a determinação da densidade, porosidade e densidade de partículas, coletou-se 6 amostras de forma aleatória com anel volumétrico em cada área e em laboratório o procedimento de análise utilizado foi o proposto por Embrapa (1997). As análises para determinação de teores de areia, silte, argila e análises químicas foram coletadas também 6 amostras de forma aleatória em cada área e enviadas para um laboratório credenciado.

Tabela 1 – Características do solo.

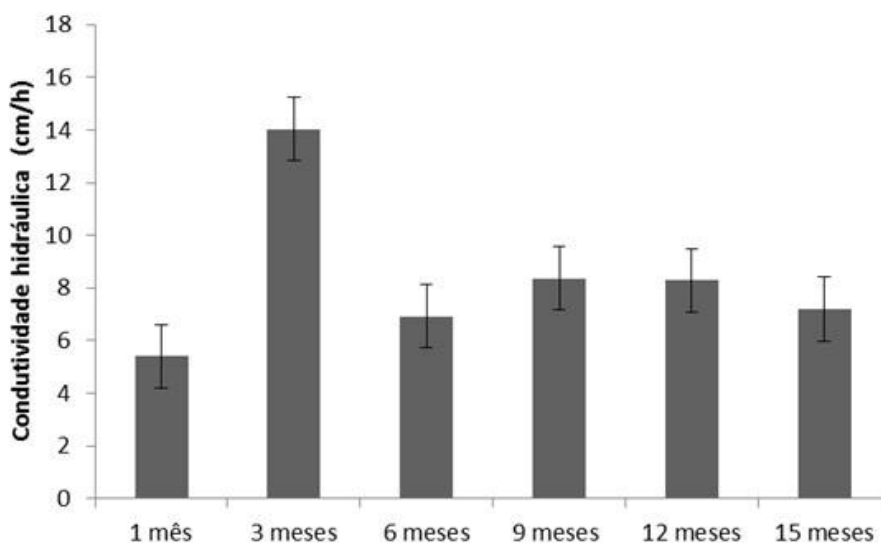
Cambissolo Húmico	Parâmetros do solo			
	Densidade de partículas (g/cm ³)	Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)
Profundidade (0–5 cm)	2,41	22,3	27,7	50,0
Densidade (0–5 cm)(g/cm ³)	0,93±0,11			
Porosidade total (0–5 cm) (%)	59±4,5			
pH (CaCl ₂)	4,2			
Matéria orgânica (g/dm ³)	45			
Capacidade de troca de cátions (cmol/dm ³)	13,9			

Quanto a profundidade em análise (0-5 cm) foi delimitado de acordo com trabalhos realizados por uma considerável demanda de autores que constataram índices de maior influência da temperatura nos 5 primeiros centímetros do solo, mais precisamente nos 3 primeiros centímetros, com um uma variação máxima de 150 ° C nas profundidades 5-10 cm e sem influência da temperatura abaixo de 10 cm.(CERTINI, 2005; DE BANO, 2000; DOERR et al., 1996; FARWIG et al., 2004; FOX et al., 2007; HUFFMAN ET AL., 2001; KETTERINGS et al., 2002).

Muitos parâmetros do solo apresentam variações nos períodos de posuio, que correspondem a regeneração da vegetação, pois o desenvolvimento radicular influencia tanto a parte estrutural quanto composicional do solo. Sendo a condutividade hidráulica dependente de outros parâmetros, como; densidade, porosidade, hidrofobicidade, capacidade de retenção de água e outros que são alterados com o desenvolvimento radicular, esta também apresentará variações no decorrer do posuio.

Os ensaios durante o monitoramento da curta escala temporal apresentaram variações significativas e um limite bem definido, pois o 3º mês pós-queimada apresentou a maior capacidade de condutividade hidráulica (14,04 cm/h), 38,5% maior que o 1º mês e 50,6% maior que o 6º mês. Já do 6º ao 15º mês todos apresentaram condutividades inferiores a 8,37 cm/h. Esse comportamento demonstra que o período que corresponde entre o 1º e o 3º mês de pousio ocorrem mudanças que potencializam a condutividade hidráulica (Gráfico 1).

Gráfico 1 – Condutividade hidráulica do solo em curtos intervalos de pousio.



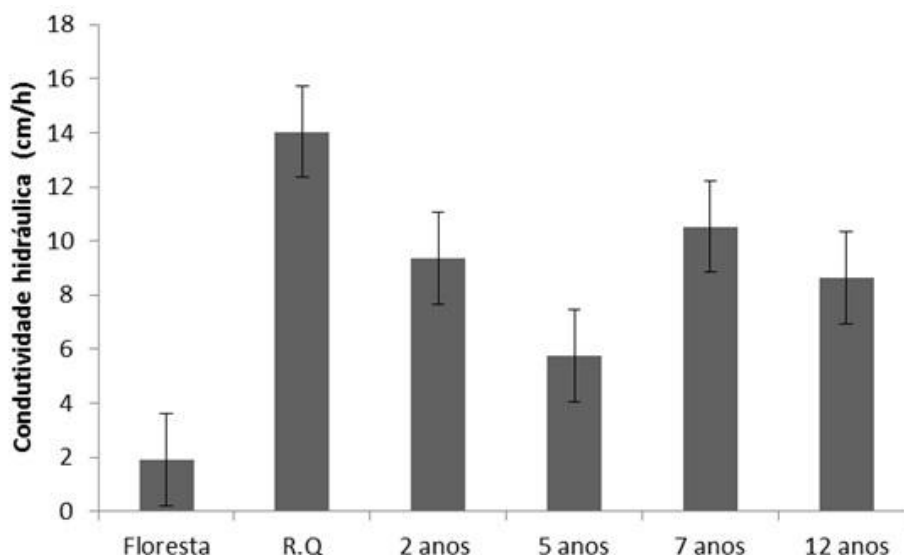
Pradas et al., (1994), em monitoramento de condutividade hidráulica para 2 invernos em solo de floresta queimada na Espanha, observou redução de 41,1% entre a queimada e a primeira chuva, aumento de 37,5% entre a primeira e a segunda chuva, e redução de 45,8% para os eventos seguintes.

Estas mudanças podem estar ligadas a fatores como: retirada das cinzas da superfície pelas primeiras chuvas que irá facilitar a entrada de água no solo, redução ou ausência de hidrofobicidade, retirada dos fragmentos sólidos que restaram da queimada nos poros de superfície pelas primeiras chuvas, e outros parâmetros físico-químicos como porosidade, capacidade de retenção de água, estabilidade de agregados, desidratação das argilas que podem variar nos meses iniciais após a queimada.

Fica claro que para este tipo de solo e manejo a condutividade hidráulica não sofre alterações significativas permanentes, e que este mecanismo sofre alteração apenas nos primeiros meses de pousio.

Com relação a larga escala temporal, assim como na curta escala, o 3º mês (área recém-queimada/R.Q) apresentou a maior capacidade de condutividade hidráulica (14 cm/h), 86,3% superior que a floresta nativa (área com menor índice 1,92 cm/h). Nas demais áreas, todas apresentaram-se superiores a floresta e inferiores a R.Q. Isto confirma o aumento da condutividade hidráulica no 3º mês de pousio, pois nos ensaios das duas escalas temporais os dados se apresentaram em torno de 14 cm/h e confirma a redução nos anos seguintes. No entanto nenhum dos anos a condutividade volta equivaler a da floresta nativa que se mostrou como a menor (Gráfico 2).

Gráfico 2 - Condutividade hidráulica do solo em longos intervalos de pousio.



A menor diferença entre áreas ocorreu na área 5 anos e na floresta, esta primeira sendo a segunda menor capacidade de condutividade hidráulica

Após a queimada observa-se o aumento na capacidade de condutividade hidráulica de água no solo e por seguinte um decréscimo até 5 anos, voltando ter aumento entre 5 e 12 anos de pousio. No entanto, depois da queimada todas as áreas passaram a reduzir a capacidade de condutividade hidráulica.

Fox et al., (2007); Martin & Moody (2001) em estudo em laboratório e em campo observaram reduções de 30% a 84% respectivamente na capacidade de condutividade hidráulica após a queimada, enquanto no presente estudo a taxa teve aumento de 84,6%.

Inbar et al., (2014), em estudo de condutividade hidráulica com chuva simulada de 80 mm com duração de 100 minutos em área com superfície não queimada, superfície aquecida e superfície queimada, constataram redução na área aquecida e queimada em relação a área não queimada, e aumento da condutividade no primeiro evento e redução nos eventos posteriores.

Nosso estudo constatou inicialmente o aumento da condutividade hidráulica, comportamento contrário do reportado em outros estudos onde o efeito do fogo reduziu a capacidade da condutividade hidráulica. Esta diferença pode estar ligada ao tipo de queimada e sua severidade, a textura dos solos, o tipo de vegetação queimada e outros fatores que irão apresentar comportamentos distintos para cada área e tipo de solo.

Com relação a grande variação de comportamento entre as áreas da larga escala temporal, o mecanismo que as afeta está provavelmente relacionado às transformações mineralogia do solo, já que essas transformações são dependentes do grau da temperatura que a queimada apresentou, e cada área em pousio foi queimada em anos distintos e não foram feitos acompanhamentos de severidade dos fogos durante as queimadas.

Conclusões

- 1) Neste estudo o solo inicialmente mostrou repelência à água no primeiro mês.
- 2) Nossos resultados indicaram um padrão diferente do verificado na literatura, pois logo no terceiro mês há uma perda significativa da repelência.
- 3) Nas duas escalas temporais o terceiro mês pós-queimada apresentou os maiores índices de condutividade hidráulica.
- 4) O estudo abre lacuna para novos trabalhos de correlação com outros parâmetros físico-químicos do solo.

Referências

BENAVIDES-SOLORIO, J; MACDONALD, L.H. Post-fire runoff and erosion from simulated rainfall on small plots, Colorado Front Range. **Hydrological Processes**. v. 15, p. 2931–2952, 2001.

- CERTINI, G. Effects of fire on properties of forest soils: a review. **Oecologia**, 143, p. 1-10, 2005.
- COMTE, I; DAVIDSON, R; LUCOTTE, M; CARVALHO, C. J. R; OLIVEIRA, F. A; SILVA, B. P; ROUSSEAU, G. X. Physicochemical properties of soils in the Brazilian Amazon following fire-free land preparation and slash-and-burn practices. **Agriculture, Ecosystems and Environment**. v. 156, p. 108– 115, 2010.
- DEBANO, L. F. The role of fire and soil heating on water repellency in wildland environments: a review. **Journal of Hydrology**. v. 231–232, p. 195–206, 2000.
- DOERR, S. H., RITSEMA, C. J., DEKKER, D. F. SCOTT, L. W. & CARTER, D. Water repellence of soils: new insights and emerging research needs. **Hydrological Processes**. 21, p. 2223–2228, 2007.
- DOERR, S. H., SHAKESBY, R. A. & WALSH, R. P.D. Soil hydrophobicity variations with depth and particle size fraction in burned and unburned Eucalyptus globulus and Pinus pinaster forest terrain in the Águeda Basin, Portugal. **Catena**, 27, 25-47, 1996.
- DRAGOVICH, D., MORRIS, R. Fire intensity, slopewash and bio-transfer of sediment in eucalypt forest, Australia. **Earth Surface Processes and Landforms**. v. 27 (12), p. 1309–1319, 2002.
- EMATER. (16 de junho de 2014) Agência de notícias do Paraná. Acesso em 25 de 06 de 2015- disponível em: www.aen.pr.gov.br/modules/noticias/article.php?storyid=70284&tit=Emater-reune produtores-de-feijao-em-Prudentopolis.
- EMBRAPA. **Manual de Métodos de Análise de Solo**, segunda ed. Centro Nacional de Pesquisa de Solos, Rio de Janeiro, 1997.
- FARWING, V.J., DOERR, S.H., BLAKE, W.H. & SHAKESBY, R.A. The effects of heating on mineral magnetic enhancement of soils: a case study using Australian soils. **Geophysical Research Abstracts**, n. 6, 2004.
- FOX, D. M; DARBOUX, F; CARREGA, P. Effects of fire-induced water repellency on aggregate stability, splash erosion, and saturated hydraulic conductivity for different size fractions. **Hydrological Processes**, v. 21, p. 2377–2384, 2007.
- GONG, X; LIU, Y; LI, Q. WEI, X; GUO, X; NIU, D; ZHANG, W; ZHANG, J; ZHANG, L. Sub-tropic degraded red soil restoration: Isoil organic carbon build-up limited by nutrients supply. **Forest Ecology and Management**. v. 300, p. 77–87, 2013.



HUFFMAN E. L; MACDONALD, L. H; STEDNICK, J.D. Strength and persistence of fire-induced soil hydrophobicity under ponderosa and lodgepole pine, Colorado Front Range. **Hydrological Process**, v.15, p. 2877–2892, 2001.

IAPAR. **Cartas climáticas do Paraná**. Instituto Agrônômico do Paraná, Londrina, 1994, v. 18.

INBAR, A.; LADO, M.; STERNBERG, M.; TENAU, H.; BEN-HUR, M. Forest fire effects on soil chemical and physicochemical properties, infiltration, runoff, and erosion in a semiarid Mediterranean region. **Geoderma**, v. 221–222, p. 131–138, 2014.

KETTERINGS Q. M; VAN NOORDWIJK, M; BIGHAM, J.M. Soil phosphorus availability after slash and burn fires of different intensities in rubber agroforests in Sumatra, Indonesia. **Agriculture Ecosystems & Environment**. vol.92(1), p.37-48, 2002.

MARTIN, D. A; MOODY, J. A. Comparison of soil infiltration rates in burned and unburned mountainous watersheds. **Hydrological Processes**. v. 15, p. 2893–2903, 2001.

MATAIX-SOLERA J, DOERR, S. H. Hydrophobicity and aggregate stability in calcareous topsoils from fire-affected pine forests in southeastern Spain. **Geoderma** 118:77–88, 2004.

PRADAS, M.; IMESON, A.; VAN MULLIGEN, E. The infiltration and runoff characteristics of burnt soils in Ne-Catalonia and the implications for erosion. In: SALA, M.; RUBIO, J. L. **Soil erosion and degradation as a consequence of forest fires**. Geoforma Ediciones Logroño. 1994.

SANTOS, L. J. C.; OKA-FIORI, C.; CANALI, N. E.; FIORI, A. P.; SILVEIRA, C. T. da; SILVA, J. M. F.; ROSS, J. L. S.. Mapeamento Geomorfológico do Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. Ano 7, n.2, Uberlândia: UFU, p.03-12, 2006.

SHAKESBY, R.A., CHAFER, C., DOERR, S.H., BLAKE, W.H., WALLBRINK, P., HUMPHREYS, G.S. & HARRINGTON, B.A. Fire severity, water repellency characteristics and hydrogeomorphological changes following the Christmas 2001 Sydney forest fires. **Australian Geographer**, 34(2), p. 147-175, 2003.

SHAKESBY, R. A. & DOERR, S. H. Wildfire as a hydrological and geomorphological agent. **Earth-Science Reviews**. 74, p. 269–307, 2006.

SOARES, R. V.; SANTOS, J. F. Perfil dos incêndios florestais no Brasil de 1994 à 1997. **Revista Floresta**. V. 32 (2), p. 219-239, 2002.



SPERA, S. T.; REATTO, A.; CORREIA, J. R.; SILVA, J. C. S. Características físicas de um latossolo vermelho-escuro no cerrado de planaltina - DF, submetido à ação do fogo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.9, p.1817-1824, 2000.

THOMAZ, E. L. Influência da temperatura no diâmetro e na estabilidade de agregados em chernossolo, Saskatchewan, Canadá. **Ciência del suelo** (Argentina), v. 29(2) p. 277-284, 2011.

THOMAZ, E. L.; FACHIN, P. A. Effects of heating on soil physical properties by using realistic peak temperature gradients. **Geoderma**. v. 230–231, p. 243–249, 2014.

ÚBEDA, X. & BERNIA, S. **The effect of wildfire intensity on soil aggregate stability in the Cadiretes Massif, NE Spain**. In: Geomorphological processes and human impacts in river basins (Proceedings of the International Conference Held at Solsona, Catalonia, Spain, May 2004), IAHS Publ. 299, p. 37-45, 2005.

YEMEFACK, M. ROSSITER, D. G.; JETTEN, V. G.; Empirical modelling of soil dynamics along a chronosequence of shifting cultivation systems in southern Cameroon. **Geoderma**. v. 133, p. 380– 397, 2006.

ZHANG, R.; **Determination of Soil Sorptivity and Hydraulic Conductivity from the Disk Infiltrimeter**, Soil Science Society, 61(4), 1024-1030, 1997.

ZHANG, M. Z; XU, J. M. Restoration of surface soil fertility of an eroded red soil in southern China. **Soil & Tillage Research**. v. 80, p.13–21, 2005.