

Variabilidade espacial dos atributos químicos do solo após queima de resíduo vegetal

Francisca Jéssica Gama Pinto

RESUMO - O presente estudo teve como objetivo analisar a variabilidade espacial dos atributos químicos do solo após queima de diferentes níveis de resíduos vegetais. A área experimental fica localizada no município de Pentecoste (CE) e abrange uma área de aproximadamente 2.300 m². As amostras de solo foram coletadas em duas camadas 0,0-0,10m e 0,10-0,20m de profundidade totalizando 48 pontos. Os pontos foram georreferenciados com auxílio de GPS modelo Garmin 76scx. Foram analisados os atributos químicos (K, Na, P, MO e pH). Realizou inicialmente a análise descritiva dos atributos químicos, e posteriormente a geoestatística para caracterizar as amostras e identificar a variabilidade espacial dos atributos químicos estudados. Os atributos químicos P, MO e pH obtiveram maiores teores após a queima dos resíduos, enquanto os atributos K e Na não obtiveram alterações significantes em relação aos tratamentos. A maioria dos dados se ajustou ao semivariograma de modelo esférico, seguido do exponencial. Os atributos químicos do solo apresentaram variabilidade espacial no solo após queima do resíduo.

Palavras-chave: Fogo; Manejo do Solo; Geoprocessamento; Semiárido

ABSTRACT. The present study aimed to analyze the spatial variability of soil chemical attributes after burning different levels of plant residues. The experimental area is located in the municipality of Pentecoste (CE) and covers an area of approximately 2,300 m². The soil samples were collected in two layers 0.0-0.10m and 0.10-0.20m depth, totaling 48 points. The points were geo-referenced with help of Garmin 76scx model GPS. The chemical attributes (K, Na, P, MO and pH) were analyzed. Firstly, the descriptive analysis of the chemical attributes was carried out, followed by the geostatistical analysis to characterize the samples and to identify the spatial variability of the chemical attributes studied. The chemical attributes P, MO and pH obtained higher contents after the burning of the residues, whereas the attributes K and Na did not obtain significant changes in relation to the treatments. Most of the data fit the spherical model semivariogram, followed by exponential. The chemical attributes of the soil presented spatial variability in the soil after burning the residue.

Keywords: Fire; Soil Management; Geoprocessing; Semi-arid

INTRODUÇÃO

O fogo da forma como tem sido utilizado no meio rural brasileiro, tem representado uma grande ameaça à integridade biológica dos ecossistemas (SANTOS, 2010). O solo ao ser atingido pela queima tem impactos agravantes na sua composição, deixando por muitas vezes o solo infértil para a agricultura. O fogo é um dos agentes com maior potencialidade de modificar drasticamente o ambiente e a paisagem, podendo gerar danos irreparáveis à flora e a fauna, provocando prejuízos tanto do ponto de vista econômico quanto ambiental (SILVA *et. al.*, 2011).

A ação do fogo pode ocasionar uma série de modificações na natureza física, química e biológica dos solos (REDIN *et.al*, 2011). Com relação às alterações químicas sobre esses efeitos, Rheinheimer *et al.* (2003) relata que, com a ação do fogo sobre o solo altera os teores de nutrientes, deixando-os, por muitas vezes, indisponíveis para as plantas.

De maneira geral, a queima da vegetação morta enriquece o solo da camada superficial, aumentando teores da maioria dos nutrientes, por catalisar o processo da mineralização (RHEINHEIMER *et al.*, 2003) deixando-os disponíveis nas cinzas. Nogueira *et al.* (2017) observaram um aumento dos teores dos nutrientes no solo pós fogo. Contudo, as disponibilidades desses nutrientes presentes nas cinzas ficam mais susceptíveis a lixiviação, resultando na perda de nutrientes.

O grau de aquecimento do solo durante a queima depende de diversos fatores, tais 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; e o grau de umidade vegetal que é importante porque materiais secos dispersam a combustão mais rapidamente (COSTA; RODRIGUES, 2015).

Diante deste cenário, pesquisas tem sido desenvolvida para melhor compreender os efeitos do fogo nos processos ecológicos, dentre estes destacam-se Sampaio *et al* (2003); Melo *et al.* (2006) e Potes *et al* (2010) os quais afirmam que a alta intensidade do fogo degrada quase toda a matéria orgânica e a maior parte dos nutrientes, reduzindo gradualmente o estoque de nutrientes do solo sem permitir a recomposição.

A busca por uma melhor compreensão da dinâmica do fogo e seu impacto no agroecossistema tem impulsionado o uso de geotecnologias que permitem analisar a

variabilidade espacial dos atributos químicos, físicos e biológicos do solo após fogo. Assim, a geoestatística tem sido aplicada como uma ferramenta de grande utilidade na ciência do solo para caracterizar e mapear a variação espacial de suas propriedades (BOTTEGA, 2013).

A geoestatística trata-se de um conjunto de técnicas aplicadas a variáveis regionalizadas, que definem a estrutura de dependência espacial de cada variável (MARINS; URIBE –OPAZO; JOHANN. (2008); ZANÃO JÚNIOR.; LANA .; GUIMARÃES. (2007), podendo ser usada para estudar a variabilidade espacial dos atributos do solo. Além disso, ainda proporciona meios para que sejam efetuados os respectivos mapeamentos da área estudada através da krigagem, uma vez que o modelo da dependência espacial seja conhecido por meio do semivariograma (SILVA *et al.*, 2010).

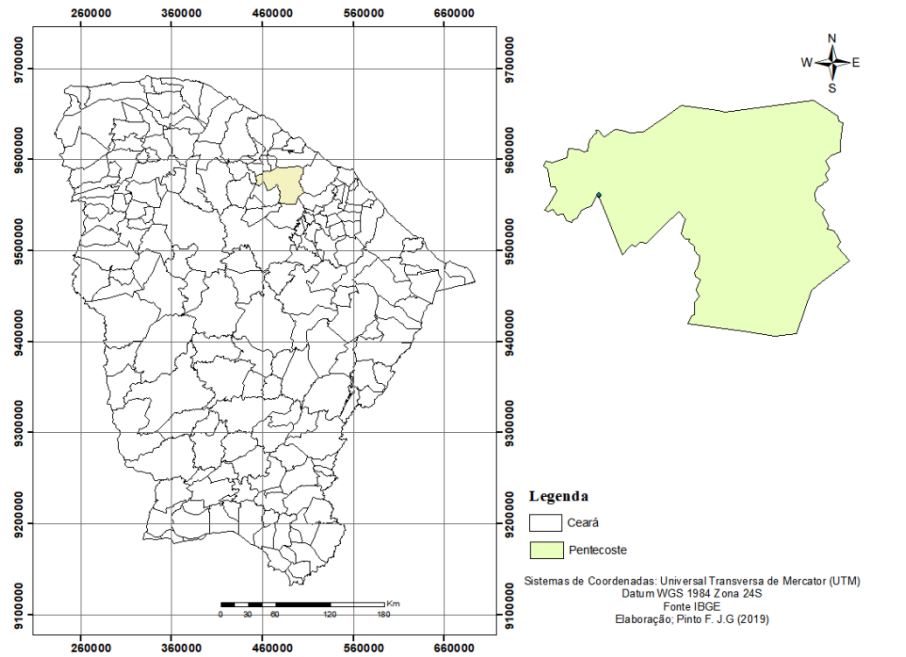
Assim, o objetivo desse estudo foi analisar a variabilidade espacial dos atributos químicos do solo após queima de diferentes níveis de resíduos vegetais.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de Estudo

A área de estudo está localizada no município de Pentecoste, cujas coordenadas são 3°47'S; 39°16'W. Pentecoste está localizado na região Norte Cearense, na macrorregião do Vale do Curu (Figura 1), sua vegetação é característica do bioma Caatinga, com predominância da vegetação de Arbustiva Densa e parcialmente com vegetação Complexo Vegetacional da Zona Litorânea e Floresta Mista Dicotillo-Palmacea. Pentecoste apresenta médios índices pluviométricos, cerca de 820 mm.ano-1, concentrados de janeiro a abril. A temperatura varia de 26 a 28 °C, com clima classificado como tropical quente semiárido, tropical quente úmido e tropical quente sub-úmido (IPECE, 2017).

Figura 1. Mapa de localização do município de Pentecoste no estado do Ceará.



O solo pertence ao grupo Planossolos Solódicos e Podzólicos Vermelho-Amarelo, segundo a classificação de solos da Embrapa (2013), sendo a textura predominante franco argilosa, com variações nos teores de argila.

Descrição das parcelas experimentais.

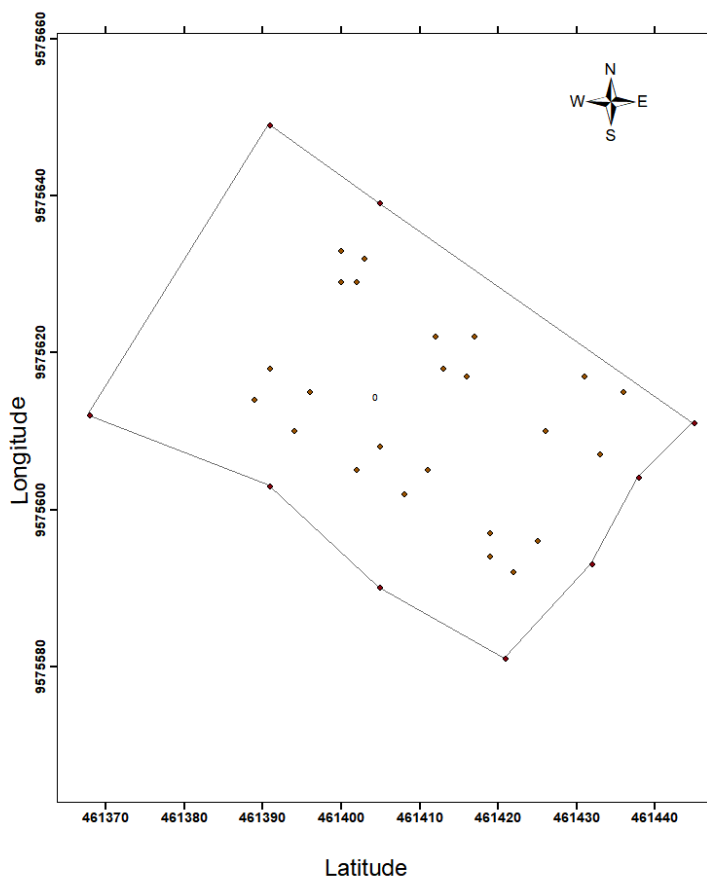
A área experimental é composta por 2.300 m², com vegetação predominante espontâneas do tipo Capim africano (*Eragrostis curvula*) e Leucena (*Leucaena leucocephala*). A área estava sem uso agrícola a quase 2 anos, predominando apenas as vegetações espontâneas.

No mês de Dezembro de 2018 a área foi preparada para a realização da queima, sendo dividida em 6 parcelas de 10 x 10 m, para a realização da queima do material vegetal existente na área. Foi realizado o aceiro e 5m para cada lado das parcelas.

Os tratamentos foram distribuídos por parcela, contendo em cada parcela uma altura de resíduos vegetais diferentes: T00 - Testemunha (sem queima); RV20- 20cm de resíduo vegetal; RV30 - 30 cm de resíduo vegetal; RV40 - 40 cm de resíduo vegetal; RV50 - 50cm de resíduo vegetal e RV60 - 60cm de resíduo vegetal. As alturas foram determinadas por meio do corte das espontaneas pertencentes a área.

Cada parcela foi queimada individualmente, no sentido contrário do vento para melhor controle do fogo. Após a queima definiu-se um grid regular, no qual quatro pontos por parcela, totalizando 24 pontos amostrais que foram materializados em cada parcela para obtenção do georreferenciados com o auxílio do GPS (Sistema de Posicionamento Global) modelo Garmin 76scx.

Figura 2. Localização dos pontos de coleta



Após as parcelas diminuírem as temperaturas, as amostras de solo foram coletadas com auxílio de uma cavadeira articulada (boca de lobo) nestes pontos georreferenciados nas camadas de 0,0 a 0,10 m e de 0,10 - 0,20 m, identificadas e submetidas a análise no Laboratório do Departamento de Ciências do Solo da Universidade Federal do Ceará.

Análise química do solo

Os atributos avaliados foram sódio (Na), potássio (K), fósforo (P), matéria orgânica (MO) e potencial hidrogeniônico (pH). O fósforo (P) disponível, K^+ e Na^+

trocáveis foram extraídos com o uso de 100 mL de solução extratora de Mehlich I (HCL 0,05M + H₂SO₄ 0,0125M) e 10 g de TFSA (Terra fina seca ao ar), agitados por 5 minutos, seguido de repouso por 12 horas de acordo com metodologia desenvolvida por Mehlich (1953) descrita pela EMBRAPA (2017). A determinação de P disponível foi feita por fotocolorimetria com comprimento de onda 660 nm, enquanto as K⁺ e Na⁺ trocáveis foram determinadas por fotometria de chama. A quantificação da MO foi pela via seca em mufla por incineração, a 5g de solo (TFSA) macerado e peneirado a 80 mesh, seguido por 24 horas a 65° na estufa.

Análise estatística

A análise descritiva e a análise de regressão foram realizadas pelo o programa Excel 2010 da Microsoft. A CV foi classificada segundo Ferreira (1991) em que 10% a 15% de CV como baixa e de precisão ótima, entre 15% e 20% como medio e precisao boa, 20% a 30% de CV alto com precisão regular, e CV com de 30% muito alto e com precisão muito ruim.

Com o objetivo de avaliar a variação espacial dos atributos, foram aplicados métodos geoestatísticos, com a utilização de modelos de semivariogramas dos atributos quimicos do solos estudados e aplicando a interpolação dos valores por krigagem ordinária. Utilizou-se o programa computacional GS+ (Gamma Design Software, LLC) (ROBERTSON, 2008), versão 7.0. Para a confecção dos mapas foi utilizado o software Surfer 8.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados referentes à analise descritiva dos atributos quimicos do solo nas camadas de 0,0 – 0,10 m e 0,10 m – 0,20 m são apresentados ,respectivamente, na tabela 1. O coeficiente de variação (CV), deve ser utilizado como parâmetro para avaliar os valores médios encontrados. Observou-se que os coeficientes de variação (CV%), nas duas profundidades, variaram de 2,044 a 45,83%. O atributo quimico K obteve maior CV com 45,83 %, enquanto o pH, obteve menor CV com 2,044 %.

De acordo com Ferreira (1991), os demais atributos encontram-se no intervalo de 25% a 45%, apresentando uma CV de alta a muito alta, e de precisão regular a ruim, nas duas profundidades. Segundo Zanão Junior (2007), menores CVs do pH em água,

podem ser explicados pela baixa concentração hidrogeniônica na solução do solo da área, e o menor CV da matéria orgânica, pela sua distribuição mais uniforme na área.

Os valores de todos os atributos avaliados, à exceção do K e do Na, não apresentaram grandes variações das médias, entre as duas camadas (0,0 – 0,10 m e 0,10 m – 0,20 m), demonstrando haver maior homogeneidade na distribuição desses atributos entre as camadas.

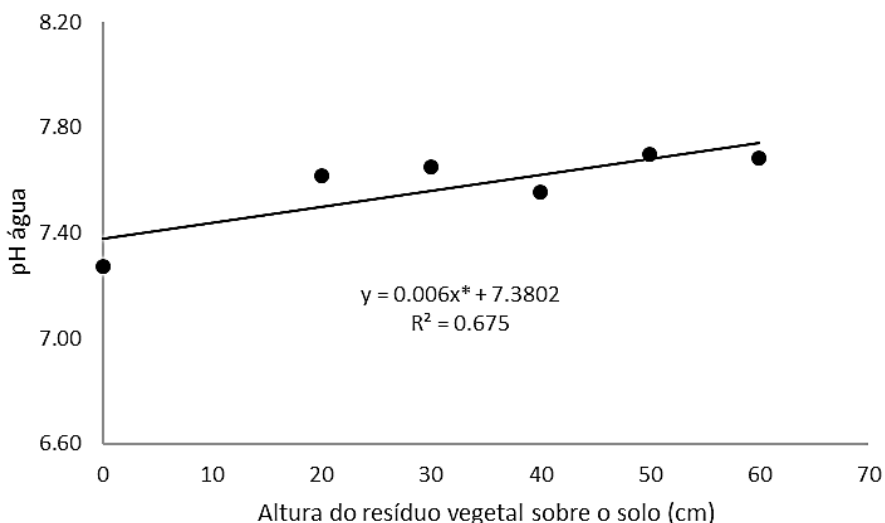
Tabela 1. Estatística descritiva dos atributos químicos do solo em duas profundidades

Camadas 0,0 – 0,10 m						
Atributos	Média	Mediana	Min*	Max*	S*	CV* (%)
pH	7,58	7,63	7,28	7,7	0,158	2,084
Na (Cmolc kg ⁻¹)	0,226	0,278	0,128	0,33	0,085	37,49
K (Cmolc kg ⁻¹)	1,28	1,328	0,733	1,61	0,370	28,97
P(mg kg ⁻¹)	44,42	43,75	29,75	67,25	13,49	30,37
M.O (g kg ⁻¹)	19,77	19,48	15,69	24,80	4,317	21,83
Camadas 0,10 m – 0,20 m						
Atributos	Média	Mediana	Min	Max	S	CV (%)
pH	7,55	7,61	7,28	7,69	0,155	2,044
Na (Cmolc kg ⁻¹)	0,398	0,419	0,23	0,49	0,105	26,28
K (Cmolc kg ⁻¹)	0,697	0,589	0,37	1,09	0,320	45,83
P(mg kg ⁻¹)	29	24,375	20,75	42	9,83	33,88
M.O (g kg ⁻¹)	15,25	14,14	11,87	21,34	3,900	25,59

*mínima; *máxima; * S – Desvio padrão; CV – Coeficiente de variação

A queima da vegetação morta aumenta os teores de nutrientes na camada superficial do solo, por acelerar o processo de mineralização (Rheinheimer, 2003). Entretanto, outros fatores podem intervir na disponibilidade desses nutrientes na solução do solo, como pH, umidade, temperatura, matéria orgânica e a presença de outros íons. Em relação ao pH, houve um pequeno acréscimo em seus teores após a queima nos diferentes níveis de resíduos vegetais (Figura 3).

Figura 3. Teores de pH após queima em Pentecoste – CE (2018)



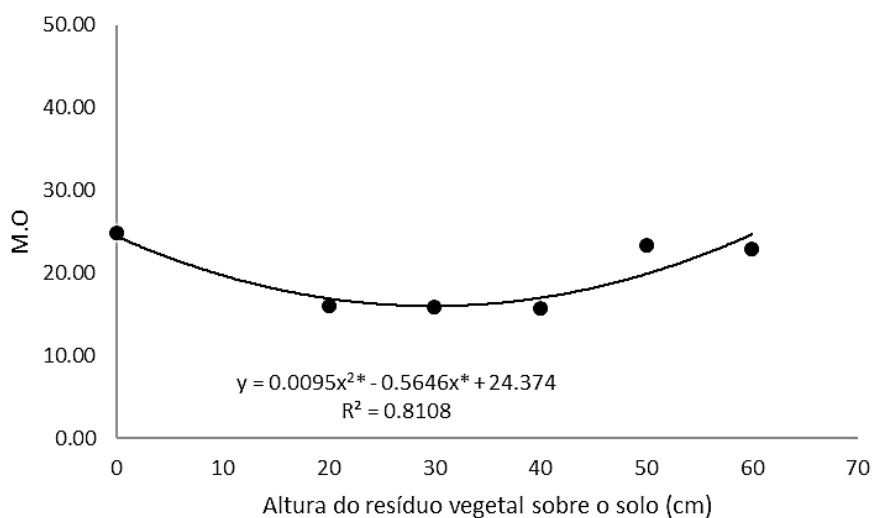
*significativo

Alguns autores como Silva et. al (2014); Zanão Junior et.al (2007), relatam alterações no pH após a queima, especialmente nas camadas mais superficiais, estando vinculada ao tipo do ambiente em que ocorreu a queima, a intensidade do fogo e o tipo de solo. Quando a matéria orgânica é queimada, muitas das substâncias nela contida são liberadas em forma de óxidos, permanecendo os carbonatos, que geralmente apresentam reação alcalina (BATISTA, 1999), que contribuem para alterações nos valores de pH.

A matéria orgânica, após a queima dos resíduos vegetais, apresenta alterações distintas em comparação à testemunha, nas alturas de 20, 30 e 40 cm, ocorreu uma queda nos seus teores, enquanto nas alturas de 50 e 60, observou-se um aumento de MOS (Figura 4).

O tipo de vegetação e as condições ambientais são fatores determinantes da quantidade e qualidade do material que cai no solo que integram sua heterogeneidade. Diante da heterogeneidade e complexibilidade funcional da MOS, torna-se necessárias abordagens que permitam avaliar a dinâmica dos componentes da MOS, vinculada as frações existentes (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006). Cada componente tem sua composição básica definida, desde compostos de material celular a complexos organominerais.

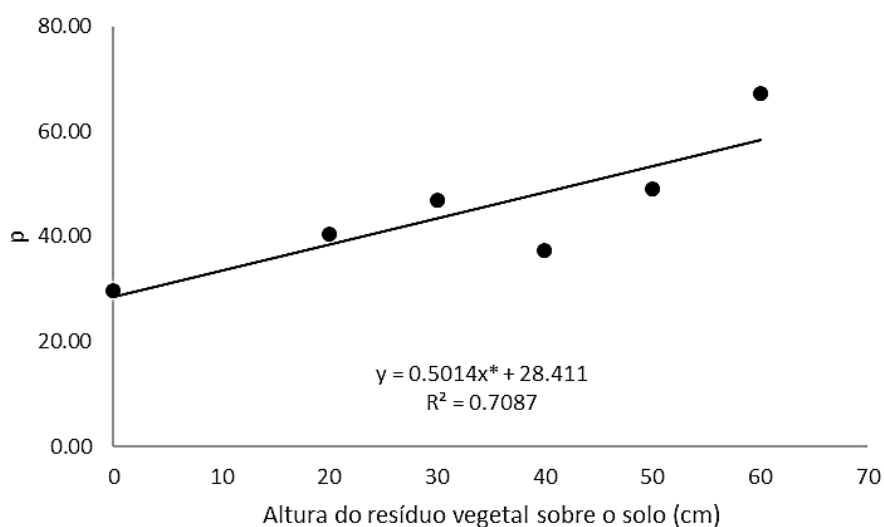
Figura 4. Teores de M.O após queima em Pentecoste – CE (2018)



*significativo

Observa-se, no teor de P no solo, um aumento na sua concentração após à queima, principalmente no tratamento com altura do resíduo de 60 cm (Figura 5), este aumento pode estar vinculado à formação das cinzas. No solo, 20% a 80% do P total encontra-se na forma orgânica (RAGHOTHAMA, 1999), que para se tornar disponível é preciso que microorganismos fracionem a matéria orgânica do solo em formas simples, liberando os ions de fosfato inorgânicos (fosforo disponível), (PRADO, 2008), desse modo, o fogo ao desestruturar a matéria orgânica presente no solo, favoreceu o aumento nos teores desse nutriente.

Figura 5. Teores de P após queima em Pentecoste – CE (2018)



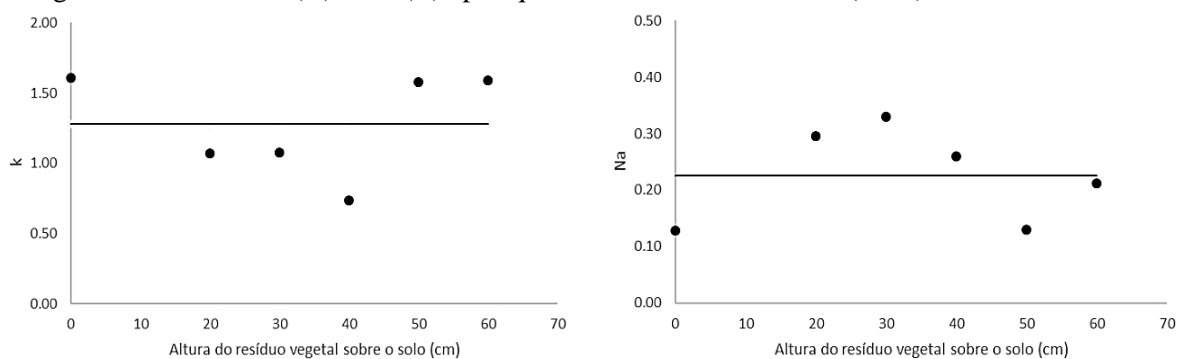
*significativo

Os teores de K e Na não apresentaram alterações relacionadas aos resíduos após a queima. (Figura 6). No solo, diversos fatores afetam a disponibilidade do K, como a temperatura, o umedecimento e secagem do solo, o teor de argila e o pH (próximo a 6,5) que tende a aumentar a sua disponibilidade (PRADO, 2006). É possível que, a heterogeneidade do solo junto com os diferentes graus de temperaturas, possam ter influenciado em teores distintos do K após a queima (Figura 6A).

Para os valores de Na, o que pode ser justificável para seu comportamento pela ineficiência do sódio como cátion ligante, quando comparado com cátions polivalentes como o Ca^{2+} , Al^{3+} e Fe^{3+} . O cátion ligante une tanto as argilas com cargas negativas permanentes a grupos funcionais da matéria orgânica quanto os ânions orgânicos às cargas variáveis das argilas, quando estas são positivamente carregadas sob condições ácidas. Sem estes cátions, a agregação nos solos é reduzida (SILVA, 2008).

Estudos sobre natureza das interações que ocorrem entre os sais solúveis e o Na trocável com os tipos de compostos orgânicos precisam ser incentivados e realizados, com vistas em verificar o potencial de uso de resíduos orgânicos em solos afetados por sais, bem como os efeitos destes sais na composição dos solos, contribuindo para o entendimento do comportamento físico e químico destes solos e para a implementação de técnicas de manejo com base científica (FREIRE; FREIRE, 2007).

Figura 6. Teores de K (A) e Na (B) após queima em Pentecoste – CE (2019)



Na Tabela 2 são apresentados os parâmetros dos variogramas ajustados para os modelos teóricos que melhor representam a variabilidade espacial dos atributos estudados nas duas profundidades. Os parâmetros apresentados são: modelo; alcance; soma de quadrados do resíduo e coeficiente de determinação (R^2); patamar (C_0+C) e efeito pepita (C_0).

Tabela 2. Parametros dos modelos teoricos de semivariância ajustados aos atributos quimicos do solo.

Profundidade 0,0 – 0,10 m					
Atributos	Modelo	Alcance (m)	R ² *	C0+C*	C0*
pH	Esf*	12,92	0,612	0,03270	0,00225
Na	Esf	10,89	0,060	0,01352	0,00001
K	Esf	6,93	0,147	0,32600	0,00100
P	Esf	6,63	0,220	423,4000	1,00000
MO	Exp*	49,24	0,258	46,5200	14,70000
Profundidade 0,10 m – 0,20 m					
pH	Esf	9,34	0,177	0,05020	0,00010
Na	Esf	3,57	0,079	0,07680	0,00590
K	Exp	6,22	0,310	0,13620	0,00010
P	Esf	12,74	0,247	198,10000	18,30000
MO	Exp	49,24	0,258	46,52000	14,70000

*Esférico (Esf); *Exponencial (Exp); soma de quadrados do resíduo e coeficiente de determinação (R²); patamar(C0+C) e efeito pepita (C0).

O maior coeficiente observado para o ajuste do modelo foi de 0,612 para o pH na profundidade 0 – 10cm, e o menor coeficiente foi de 0,060 para Na na profundidade 0 -10cm. O modelo que apresentou melhor ajuste para a semivariância empírica dos atributos químicos do solo foi o esférico. Todos os modelos foram selecionados após análise de variogramas.

O modelo esférico se apresentou como melhor representabilidade dentre os demais modelos, tendo apenas o atributo M.O com o modelo exponencial, os ajustes são determinados por meio da soma de quadrados do resíduo e coeficiente de determinação (R²). De acordo com Silva (2010), o modelo exponencial e o modelo esférico representam, respectivamente, média e baixa continuidade da variabilidade espacial. Estes ajustes podem ser explicados pela maior facilidade de alteração que o homem pode promover no solo, que está relacionada aos atributos químicos e aos atributos físicos associados à estrutura (grau de compactação, porosidade, agregação, etc.), que

variam em função do tipo de preparo do solo, tipo de cultivo e, principalmente, das práticas de fertilização.

O parametro patamar é o valor da semivariância correspondente ao seu alcance, já o parametro efeito pepita, revela a descontinuidade do semivariograma para distancias menores do que a menor distancia entre as observações (REICHARDI e TIMM, 2012). Os valores do efeito pepita (C0) estão próximos de zero em três atributos principais (pH, Na e K) nas duas profundidades, o que eleva a precisão de estimativas, por meio da krigagem, de valores em locais não medidos, uma vez que o C0 representa o componente da variabilidade espacial que não pode ser relacionado com uma causa específica (variabilidade ao acaso) e quanto menor seu valor, ou seja, quanto menor a variação ao acaso mais precisa é a estimativa (KAMIMURA *et al.*, 2013).

Os métodos geoestatísticos dependem diretamente do estudo da dependência espacial, através do semivariograma, parte principal na determinação do padrão de dependência espacial e do interpolador geoestatístico (krigagem) (HONGYU, 2012). Obtidos por meio dos ajustes dos semivariogramas, os mapas de krigagem, permitem identificar e delimitar áreas com maior ou menor variabilidade do solo (Figura 8 e 9.). Estão representados as regiões de abrangência da dependência espacial de cada atributo, em duas profundidades estudadas, na área de experimental após a queima dos residuos vegetais.

Os atributos K, Na e P, apresentam maiores picos no tratamento RV30, enquanto os demais atributos MO e pH, demostram maiores picos em diferentes tratamentos (Figura 8). Na Figura 9, os atributos obtiveram seus picos mais altos em diferentes tratamentos, predominando nos tratamentos de RV30 e RV20. Nesses mapas, pode-se observar a distribuição espacial de todos os atributos avaliados, a krigagem nada mais é que a interpolação das informações geradas pelo semivariograma. Neste caso, fica evidente que o uso da queima pode interferir na distribuição espacial dos atributos quimicos do solo.

Figura 8. Mapas de krigagem para os atributos químicos do solo (K, Na, P, MO e pH) na profundidade 0-10cm.

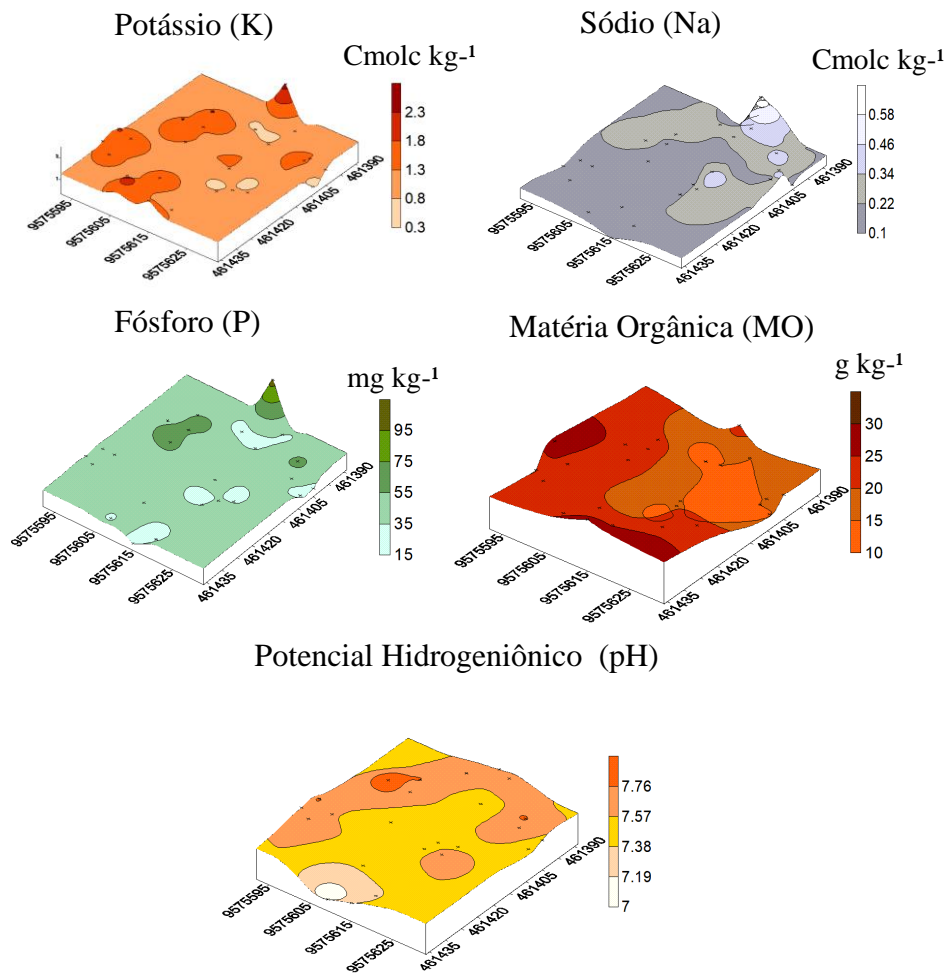
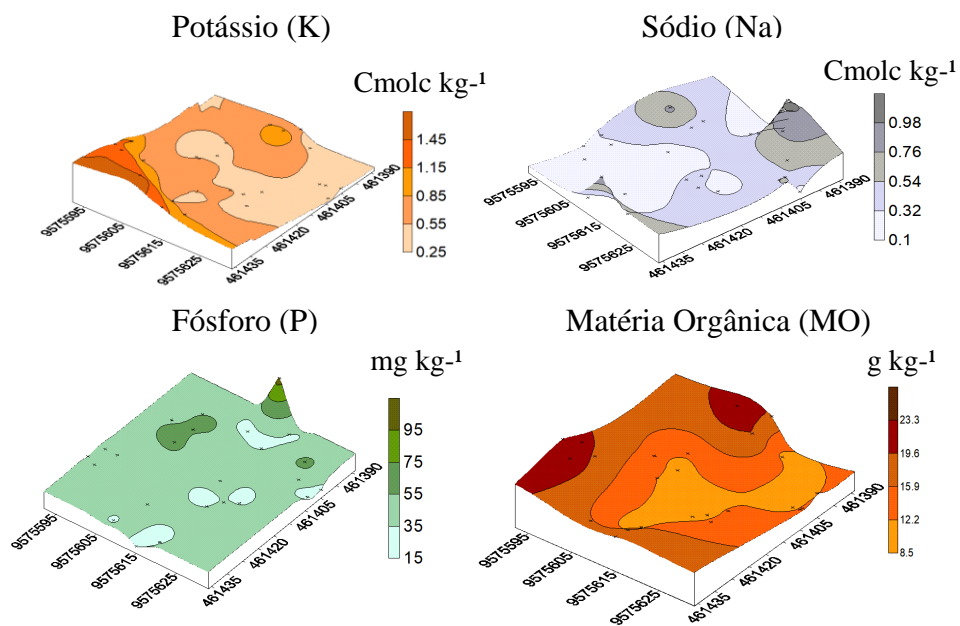
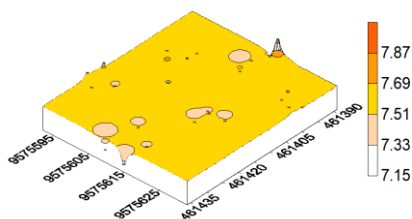


Figura 9. Mapas de krigagem para os atributos químicos do solo (K, Na, P, MO e pH) na profundidade 0,10 -0,20m.



Potencial Hidrogeniônico (pH)



Em concordância com Guedes Filho (2009), a estatística clássica permite avaliar possíveis variações entre os atributos, sem, contudo, considerar a posição espacial em que foi feita a coleta. É de grande relevância o conhecimento da variabilidade espacial dos atributos do solo, já que, assim, será possível buscar alternativas mais adequadas de manejo do solo a fim de minimizar os possíveis efeitos dessa variabilidade nas produtividades das culturas.

Se a distribuição espacial das medidas for observada e levada em consideração na análise, em muitos casos é possível até tirar vantagem da variabilidade espacial. Essa é outra forma de planejar experimentos, nova em agronomia mas que utiliza técnicas não recentes importadas da geoestatística e da análise de séries temporais e espaciais. (KLAUS e TIMM, 2012)

CONCLUSÕES

O uso da queima dos resíduos sobre o solo, realizado na área experimental, apresentaram variabilidade espacial dos atributos químicos do solo nas camadas de 0,0 – 0,10 m e 0,10 m – 0,20 m, obtendo melhor resultado para M.O.

;

REFERÊNCIAS

- BATISTA, A. C. et al. Efeito da queima controlada sobre algumas propriedades químicas do solo em um povoamento de *Pinus taeda* no município de Sengés - PR. **Floresta**, Paraná, v. 27, n. 2, p.59-70, Jun. 1999
- BOTTEGA, E. L. et al. Variabilidade espacial de atributos do solo em sistema de semeadura direta com rotação de culturas no cerrado brasileiro. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 44, n. 1, p.1-9, Mar- 2013.
- COSTA, Y. T.; RODRIGUES, S. C.. Efeito do fogo sobre vegetação e solo a partir de estudo experimental em ambiente de cerrado. **Revista do Departamento de Geografia**, Uberlândia, v. 30, n. 1, p.149-165, Mai - 2015. Disponível em: < <https://doi.org/10.11606/rdg.v30i0.101686>> Acesso em: 30 set. 2018.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema de classificação de solos, 2013.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de métodos de análise de solo, 2017.
- FERREIRA, R. R. M. et al. Estabilidade física de solo sob diferentes manejos de pastagem extensiva em cambissolo. **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, n. 3, p.531-538, Set. 2010.
- FERREIRA, P.V. **Estatística experimental aplicada à agronomia**. Maceió: Edufal, 1991
- GUEDES FILHO, O. Variabilidade espacial e temporal de mapas de colheita e atributos do solo em um sistema de semeadura direta. 2009. 97 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) -Instituto Agrônomo, CampinasSP, 2009.
- HONGYU, K. Seleção e ajuste de modelos espaciais de semivariograma aplicados a dados do pH do solo. Programa de Pós graduação em Estatística e Experimentação Agronômica - **Departamento de Ciência Exatas**, ESALQ/USP, 2012, 14p.
- IPECE – Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará, 2017.
- KAMIMURA, K. M. et al. Variabilidade espacial de atributos físicos de um latossolo vermelho-amarelo, sob lavoura cafeeira. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Lavras, v. 4, n. 37, p.877-888, Jun, 2013.
- MARINS, A. C; URIBE –OPAZO, M. A; JOHANN, J. A. Estimuladores New 1 e New 2 no estudo de dependencia espacial da produtividade da soja e atributos físicos do solo de uma area comercial. **Engenharia na agricultura**, Viçosa, v.16, n.1, p. 133-143, 2008.
- MELO, V. F. et al. Caracterização física, química e mineralógica de solos da colônia agrícola do Apiaú (Roraima, Amazônia), sob diferentes usos e após queima. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, n. 1, p. 1039-1050, jan./fev. 2006
- MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. Microbiologia e bioquímica do solo. Lavras: UFLA, 2006.
- NOGUEIRA, Rafaella da Silva et al. Efeito do fogo nos atributos químicos do solo em áreas de Caatinga, floresta estacional e decídua no semiárido brasileiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRONOMIA, 30., 2017, Fortaleza. **Anais...** . Fortaleza: Aeac, 2017. p. 1 - 6. Disponível em < http://www.cba-agronomia.com.br/XXX_CBA_2017/Grupo_4/323.pdf> Acesso em: 29 set. 2018.
- POTES, M. L. et al. 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, n. , p. 23-32, jan./fev. 2010.
- PRADO, R. de M.; Nutrição de Plantas. São Paulo: UNESP, 2008. 139 p.

RAGHOTHAMA, K. G. Phosphate acquisition. *Ann. Rev. Pl. Physiol Pl. Mol. Biol.*, v 50, p. 665-93, 1999.

REDIN, Marciel 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. Disponível em <<https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/3243>> Acesso em: 20 set. 2018

REICHARDT, K.; TIMM, L. C.; Variabilidade espacial e temporal dos atributos do SSPA. In REICHARDT, K.; TIMM, L. C.; Solo, Planta e Atmosfera. 2 ed. Barueri: Manole, 2012. p. 357 – 426.

RHEINHEIMER, D.S.; SANTOS, J.C.P.; FERNANDES, V.B.B.; MAFRA, A.L.; ALMEIDA, J.A. Modificações nos atributos químicos de solo sob campo nativo submetido à queima. **Ciência Rural**, v.33, p.49-55, 2003. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S010384782003000100008&script=sci_abstract&tlng=pt> Acesso em 23 set. 2018

SAMPAIO, F. A. R. et al. Balanço de nutrientes e da fitomassa em um Argissolo Amarelo sob floresta tropical amazônica após a queima e cultivo com arroz. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 6, p. 1161-1170, dez. 2003.

SANTOS, A. M. da S.. **Diagnóstico do uso do fogo em propriedades rurais nos limítrofes do município de Patos-PB**. 2010. 53 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Campina Grande, Patos - Pb, 2010. Disponível em <www.cstr.ufcg.edu.br/grad_eng_florest/mono_ef/mono_angeline.pdf> Acesso em: 28 set. 2018.

SILVA, S. A.; SOUZA LIMA, J. S.; XAVIER, A. C.; TEIXEIRA, M. M. Variabilidade espacial de atributos químicos de um Latossolo Vermelho-amarelo húmico cultivado com café. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. Viçosa, v. 34, n. 2, p. 15-22, 2010.

SILVA, R. F. DA.; SAIDELLES F. L. F.; VASCONCELLOS, N. J. S. de ; WEBBER, D. P.; MANASSERO, D. Impacto do fogo na comunidade da fauna edáfica em florestas de *Eucalyptus grandis* e *Pinus taeda*. **Revista Brasileira de Agrociência**. Pelotas, v. 17, n. 2-4, p.234-241. Abr/Jun, 2011. Disponível em:<<https://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/CAST/article/download/2054/1891>> Acesso em: 28 set. 2018.

SILVA, Valentim da et al. VARIÁVEIS DE ACIDEZ EM FUNÇÃO DA MINERALOGIA DA FRAÇÃO ARGILA DO SOLO. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Paraná, v. 33, n. 1, p.551-559, 2008

ZANÃO JÚNIOR, L. A.; LANA, R. M. Q.; GUIMARÃES, E. C. Variabilidade espacial do pH, teores de matéria orgânica e micronutrientes em profundidade em um Latossolo Vermelho sob semeadura direta. **Ciência Rural**, v. 37, n. 04, p. 1000- 1007, 2007.

