ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>

Interação dos atributos químicos do solo em área com floresta natural e com plantio de laranja (*Citrus sinensis* L. Osb.)

Luis Henrique Rodrigues Mendonça¹, Milton César Costa Campos², Raquel Manhuary de Araújo³, Elilson Gomes de Brito Filho^{4*}, Alan Ferreira Leite de Lima⁵, Fernando Gomes de Souza⁶, José Maurício da Cunha⁷, Valdir Moura⁸

¹Graduando em Agronomia, Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente, Universidade Federal do Amazonas, Rua Circular Municipal, 786, CEP 69800-000, Humaitá, Amazonas, (97) 3373-1832. luishenriquemendonca35@gmail.com. ²Doutor em Ciência do Solo, Docente do Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, 12 Rodovia, PB-079, CEP 58397-000, Areia, Paraíba, Brasil. (83) 3362-1700. mcesarsolos@gmail.com. ³Graduanda em Agronomia, Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente, Universidade Federal do Amazonas, Rua Circular Municipal, 786, CEP 69800-000, Humaitá, Amazonas, (97) 3373-1832. quel.araujo4320@gmail.com. ⁴Graduando em Agronomia no Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, 12 Rodovia, PB-079, CEP 58397-000, Areia, Paraíba, Brasil. (83) 3362-1700. bfsambiente@gmail.com (autor correspondente). ⁵Mestre em Agronomia Tropical, Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente, Universidade Federal do Amazonas, Rua Circular Municipal, 786, CEP 69800-000, Humaitá, Amazonas, (97) 3373-1832. ala_leite@hotmail.com. ⁶Doutor em Agronomia Tropical, Docente na Universidade Federal de Roraima, Av. Cap. Ene Garcês, 2413, CEP 69310-000, Boa Vista, Roraima, Brasil. nando_gs2@hotmail.com. ⁷Doutor em Física Ambiental, Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente, Universidade Federal do Amazonas, Rua Circular Municipal, 786, CEP 69800-000, Humaitá, Amazonas, (97) 3373-1832. maujmc@gmail.com. ⁸Docente no Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia, BR 435, km 63 (antiga RO 399, KM 05), CEP 76993-000, Colorado do Oeste, Rondônia, (69) 3341-7648. valdir.moura@ifro.edu.br.

Artigo recebido em 23/08/2020 e aceito em 14/09/2021

RESUMO

Na região amazônica é comum a conversão de ambiente natural para o de cultivo, com isso o solo permanece em constantes modificações. As atividades agrícolas podem incrementar a heterogeneidade do solo provocando alterações nos atributos químicos do solo, decorrente principalmente das atividades de manejo e cultivo. Essas mudanças são mensuráveis e contribuem para caracterizar, avaliar e acompanhar as alterações ocorrida utilizando ferramentas estatísticas. Assim o estudo da variabilidade espacial dos atributos químicos dos solos é particularmente importante especialmente em áreas onde o solo está submetido a diferentes manejos, visando reduzir os efeitos da variabilidade na produção das culturas em função de determinadas práticas de manejo. Dessa forma, este trabalho tem por objetivo avaliar a variabilidade espacial dos atributos químicos em área de floresta natural e com cultivo de laranja em Colorado do Oeste, Rondônia. Foram selecionadas duas áreas de estudo, a primeira sendo a área de floresta nativa e a segunda sob cultivo de laranja em de Colorado do Oeste, Rondônia. Em cada área foi delimitada uma malha com 1.260 m² (42 x 30 m), com 48 pontos e espaçamento regular entre pontos de 6 m. Nos pontos de cruzamento da malha foram coletadas amostras em três profundidades (0,00-0,05; 0,05-0,10 e 0,10-0,20 m), correspondente ao horizonte diagnóstico do solo, perfazendo uma somatória de 144 amostras por área, logo, um total de 288. Serão determinados dos atributos químicos de pH em água, acidez potencial, alumínio trocável, fósforo e potássio disponível, e carbono orgânico. Com a obtenção dos dados, estes foram avaliados por meio de estatística descrita com teste de médias e a realização da análise multivariada. Houve diferença entre as duas áreas, a substituição da vegetação nativa por sistema de cultivo, ocasionou alterações nos atributos químicos do solo. O uso das técnicas multivariadas mostrou-se eficiente na distinção dos ambientes estudados.

Palavras chave: Solos Amazônicos, Uso e manejo, Ocupação do solo.

Interaction of the chemical attributes of the soil in an area with natural forest and with planting of orange (*Citrus sinensis* L. Osb.)

ABSTRACT

In the Amazon region it is common to convert from a natural environment to that of cultivation, with this the soil remains in constant modifications. Agricultural activities can increase the heterogeneity of the soil causing changes in the chemical attributes of the soil, mainly due to management and cultivation activities. These changes are measurable and contribute to characterize, evaluate and monitor the changes that have occurred using statistical tools. Thus, the study of the spatial variability of the chemical attributes of soils is particularly important, especially in areas where the soil is subjected to different managements, in order to reduce the effects of variability in the production of crops due to certain management practices. Thus, this work aims to evaluate the spatial variability of chemical attributes in an area of natural forest and with orange cultivation in Colorado do Oeste, Rondônia. Two study areas were selected, the first being the native forest area and the second under orange cultivation in Colorado do Oeste, Rondônia. In each area, a mesh of 1,260 m² (42 x 30

m) was delimited, with 48 points and regular spacing between points of 6 m. At the crossing points of the grid, samples were collected at three depths (0.00-0.05; 0.05-0.10 and 0.10-0.20 m), corresponding to the soil diagnostic horizon, making a sum of 144 samples per area, therefore, a total of 288. The chemical attributes of pH in water, potential acidity, exchangeable aluminum, available phosphorus and potassium, and organic carbon will be determined. Once the data were obtained, they were evaluated using statistics described with the means test and the multivariate analysis. There was a difference between the two areas, the replacement of native vegetation by a cultivation system, caused changes in the chemical attributes of the soil. The use of multivariate techniques proved to be efficient in distinguishing the studied environments.

Keywords: Amazon soils, Use and management, Soil occupation.

Introdução

Todo solo apresenta uma heterogeneidade, seja ele natural ou em cultivo, essas alterações nos atributos do solo são resultantes dos seus processos de formação, além disso os atributos químicos apresentam uma equilibrada integração com a vegetação consequente de processos de ciclagem de nutrientes (Cardoso et al., 2011). No entanto essa variabilidade pode ser acelerada pela ação antrópica, através de modificações dos ambientes para mais diversas finalidades: pecuária, agricultura e fins de construção civil devido ao aumento populacional. O solo é um dos recursos afetados por conta dessas modificações, pois durante seu preparo são realizadas diversas atividades, seja com uso de maquinário, rotação de cultura ou pela aplicação de fertilizantes (Valente et al., 2019).

Na região amazônica uma prática muito comum é a conversão de ambientes naturais em área de cultivos, acarretando modificações no solo e consequentemente aumento da heterogeneidade (Silva et al., 2010). Diante disso, a de exploração dessa região devem ser minuciosamente planejadas, e conservação podendo ser aplicada desde o início do uso, para preservar o potencial produtivo do solo para as gerações futuras (Lopes, 2017).

Uma resposta sobre o grau de impacto ocorrido pode ser obtida através dos indicadores da qualidade do solo, a qual vão permitir caracterizar, avaliar e acompanhar as alterações ocorrida no ambiente, através do estudo dos seus diversos aspectos, dentre eles o químico (Reis et al., 2018).

Uma das soluções propostas para estudo do comportamento dos atributos químicos em função da conversão de floresta em áreas de manejo é por meio de utilização da estatística multivariada, sendo por ela possível descrever as relações de intra e interdependência nos sistemas agrícolas como

ambiente natural, assim como também a avaliação em profundidade (Meyer e Braga, 2019).

Apesar da grande importância dos métodos estatísticos multivariados para interpretações das variações dos atributos do solo, poucos são os trabalhos que fazem uso desta ferramenta, pois a maioria dos pesquisadores ainda adotam métodos estatísticos univariados (Pantoja et al., 2019). Com o uso da estatística multivariada é possível observar a diferença de comportamento dos atributos do solo em relação a sua área, além de proporcionar uma visão e diagnóstico do reflexo dos manejos no solo (Oliveira Júnior et al., 2019). Sendo assim, objetiva-se, verificar o impacto causado nos atributos químicos do solo em função da substituição da floresta em cultivada com laranja com uso de ferramentas estatísticas.

Material e métodos

As áreas que foram estudadas estão localizadas no município de Colorado do Oeste, Rondônia (figura 1), mais precisamente no campus do Instituto de Educação Ciências e Tecnologia do estado de Rondônia (IFRO) (13° 06' S; 60° 29' W). O clima da região é classificado em tropical quente e úmido, o relevo varia de ondulado a montanhoso (Brasil, 1978), os tipos de solos mais comuns na região são os Latossolos, Argissolos e Neossolos (IBGE, 2007; EMBRAPA, 2013).

Foram selecionadas duas áreas de estudos relativamente próximas, a primeira sendo a área de floresta natural e a segunda sendo a área de cultivo de Laranja (*Citrus sinensis* L. Osbeck), com 10 anos de implantação do pomar. Em cada área foi delimitada uma malha com 1.260 m² (42 x 30 m), com 48 pontos e espaçamento regular entre pontos de 6 m.

Figura 1. Localização da área do estudo. Mapa do Brasil, destacando o estado de Rondônia e a área de estudo no mapa do município de Colorado do Oeste – RO.

Nos pontos de cruzamento da malha foram coletadas amostras em três profundidades (0,00-0,05; 0,05-0,10 e 0,10-0,20 m), perfazendo uma somatória de 144 amostras por área, 288 amostras totais. Todos os pontos das áreas foram identificados e marcados com um equipamento de GPS, de ambas as áreas.

Após a coleta das amostras, foram secas a sombras e posteriormente peneiradas utilizando peneira de 2,00 mm, para então serem feitas as análises de seus atributos químicos. O pH em água foi feito utilizando a solução de 1;2,5, ou seja, 10 g de solo para 25 ml de água. A acidez potencial ($H^+ + Al^{3+}$) foi extraída utilizando solução tamponada de acetado de cálcio (0,5 mol/l) a pH 7, o indicador utilizado foi a fenolftaleína (1%) e o titulador sendo o hidróxido de sódio (0,025 mol/l). Já o Alumínio trocável (Al^{3+}) foi extraído utilizando solução de cloreto de potássio (KCl 1 mol/l), o indicador utilizado foi o azul de bromotimol e o titulador sendo o hidróxido de sódio (NaOH 0,025 mol/l) (Teixeira et al., 2017).

Para determinação do carbono orgânico via úmida, foi utilizada 0,25 g de solos sendo adicionados 10 ml de dicromato de potássio (0,0667 mol/l) e colocado na chapa aquecedora até atingir ponto fervura, após atingir ponto de fervura, foi retirado e posto a esfriar, na solução já fria foi adicionado 80 ml de água destilado e em seguida 2 ml de ácido o-fosfórico (1 mol) e 3 gotas de difenilamina (1%), a titulação foi feita com sulfato

ferro amoniacal (0,05 mol/l) (Walkley e Black, 1934; Yeomans e Bremner, 1988). O fósforo (P) e o potássio (K) foram extraídos por Mehlich-1, determinando-se o K^+ por fotometria de chama e o P^+ por espectrofotometria no UV visível (Teixeira et al., 2017).

Após obtenção dos dados esses foram analisados por meio de estatística descritiva, sendo determinados os parâmetros de média, mediana, coeficiente de variação, assimetria, curtose, máximo, mínimo, além dos dados serem submetido a um teste de normalidade, segundo kolmogorov-smirnov a 5% de probabilidade, e em seguida as médias foram comparadas por meio do teste de t student, afins de diferenciação dos atributos nos ambientes, feito no programa estatístico IBM SPSS.

A estatística multivariada é uma ferramenta eficiente na análise simultânea de muitas variáveis (Aquino et al., 2016), que pode ajudar na tomada de decisão sobre o uso e manejo adequado do solo, com base nas variações dos atributos do solo (Oliveira et al., 2015b; Aquino et al., 2016). Foi realizada a análise fatorial dos componentes principais (ACP), aos quais foram efetuadas a fim de encontrar significância estatística dos conjuntos dos atributos do solo que mais discriminam os ambientes, com relação as duas áreas em estudo, obtendo como resposta quais atributos que mais sofrem mudança pela ação antrópica.

Resultados e discussão

Os resultados da análise descritiva para os atributos químicos do solo das áreas de Floresta e Citrus estão representados nas tabelas 1, 2 e 3, das profundidades 0,00-0,05 m, 0,05-0,10 m, 0,10-0,20 m respectivamente. A variabilidade dos atributos químicos pode ser classificada em função do seu coeficiente de variação (CV). E de acordo com a classificação de Warrick e Nielsen (1980), observa-se que os valores do CV% apresentaram média variação (12%-60%) na maioria dos atributos, com exceção do pH, que apresentou baixa variação ($CV < 12\%$) em todas as profundidades nas duas áreas, e do COT que apresentou alta variação ($CV > 60\%$) na profundidade de 0,10-0,20 m da área de Floresta. Resultados semelhantes sobre o coeficiente de variação do pH também foram encontrados por Viana et al. (2016). Um coeficiente menor que 35% pode ser utilizada como representativa da série de onde foi adquirida, pois a série é homogênea e a média tem significado. Se for maior que 35%, a série é heterogênea e a média não tem muito significado, e se for maior que 65% a série é muito heterogênea e a média não tem nenhum significado (Nogueira, 2007).

Em relação à média e mediana, nem todos os valores estão próximos. Na primeira profundidade da área de Floresta, apenas o Al^{3+} e K^+ apresentaram valores próximos, e o pH, H^+ e Al^{3+} e K^+ também apresentaram valores próximos na área de Citrus. Já na área de Floresta na segunda profundidade, os valores de média e mediana que se aproximaram foram dos atributos pH e Al^{3+} , e na área de Citrus foram Al^{3+} e K^+ . Os atributos Al^{3+} , H^+ e K^+ foram os que apresentaram valores próximos na terceira profundidade da área de Floresta, enquanto na área de Citrus, foram o pH, H^+ e K^+ . A proximidade das medidas de tendência central indica uma distribuição simétrica dos dados.

Ainda analisando as médias das duas áreas nas três profundidades, observou-se que a área de floresta apresenta maiores valores dos atributos químicos, com exceção do P que apresenta valores maiores nas três profundidades de Citrus, e do K^+ na primeira (0,00-0,05 m) e terceira profundidade (0,10-0,20 m), além do COT que na última profundidade também apresentou valores maiores do que na área de Floresta. Alterações ocasionados pela ação antrópica com o uso da agricultura, acaba que modificando os atributos do solo (Zaninetti et al., 2016).

A assimetria e a curtose apresentaram valores próximos de 0 na maioria dos atributos, que

também indicam uma distribuição normal dos dados, apesar de haver distribuições assimétricas. E de acordo com Laércio et al. (2011), os coeficientes de curtose podem ser aceitos entre +2 e -2. Os resultados do teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov, com exceção do Al^{3+} em todas as profundidades das duas áreas, do pH na profundidade 0,00-0,05 m na área de Citrus, e do COT na profundidade de 0,10-0,20 m também da área de Citrus, todos os outros atributos químicos apresentaram normalidade, ao nível de 5% de probabilidade.

De acordo com o teste de média realizado (t student) para cada profundidade (Figura 2), há diferenças significativas das médias do pH em todas as profundidades comparando as duas áreas. Resultados distintos foram encontrados por Campos et al. (2010), que não apresentaram diferenças estatísticas nos valores de pH entre os ambientes. A área de Floresta apresenta os maiores valores desse atributo do que a área de Citrus, porém, os dois estão entre 6,0 e 6,5. Essa diferença nos índices de pH no ambiente cultivado em relação à área de floresta é decorrente ao manejo que essas áreas sofreram ao longo dos anos de uso, tais como práticas de calagem e adubações periódicas (Mantovanelli, 2015).

O Al^{3+} apresentou diferenças significativas nas duas primeiras profundidades (Figura 2), mas na profundidade de 0,10-0,20 m não apresentou diferença entre as médias da área de Floresta e Citrus. Os maiores valores foram encontrados na área de floresta, corroborando com Campos et al. (2011) que observaram maiores teores de Al^{3+} em áreas com vegetação de cerrado, em comparação às áreas manejadas, devido a não adubação e correção do solo. Na primeira profundidade da área de Floresta, a média passou de 0,5, enquanto nas outras profundidades de Floresta e da área de Citrus ficaram entre 0,1 e 0,2.

Também houve diferença significativa do H^+ e Al^{3+} entre as duas áreas (Figura 2), onde a área de Floresta apresentou valores elevados para a acidez potencial, e o maior valor foi observado na terceira profundidade. Na região Amazônica, a toxidez por Al^{3+} é frequente. Resultados semelhantes foram encontrados por Campos et al. (2012). Em áreas de floresta há maior quantidade de H^+ disponível na solução do solo o que caracteriza uma acidez elevada (Freitas et al., 2015). A área cultivada apresentou valores menores devido à manejos para a correção da acidez do solo como a calagem e adubação (Martins et al., 2015)

Tabela 1. Estatística descritiva da profundidade de 0,00-0,05 m do pH em água, alumínio trocável (Al^{3+}), acidez potencial ($\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$), potássio (K^+), fósforo (P), carbono orgânico total (COT) nas áreas de Floresta e Citrus em Colorado do Oeste-RO.

Parâmetros	pH	Al^{3+}	$\text{H} + \text{Al}^{3+}$	K^+	P	COT
	H_2O		$\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$		mg kg^{-1}	g kg^{-1}
Floresta						
Máximo	7,00	0,29	11,70	0,29	22,46	44,11
Mínimo	5,46	0,10	5,22	0,01	3,36	3,43
Média	6,26	0,17	8,51	0,12	11,12	27,63
Mediana	6,34	0,19	8,30	0,11	10,10	29,43
¹ CV%	5,90	31,51	16,86	59,58	44,21	35,47
Assimetria	-0,28	-0,01	0,10	0,49	0,71	-0,51
Curtose	0,50	-0,09	0,07	-0,66	-0,05	-0,21
² KS	0,10*	0,36 ^{ns}	0,12*	0,11*	0,10*	0,12*
Citrus						
Máximo	6,96	0,29	4,74	0,35	45,91	26,48
Mínimo	5,14	0,10	2,37	0,04	7,69	10,68
Média	6,02	0,15	3,45	0,16	19,53	17,96
Mediana	6,04	0,10	3,48	0,16	18,53	17,71
¹ CV%	6,48	41,29	14,47	48,32	43,56	19,91
Assimetria	0,31	0,75	0,20	0,62	1,27	0,50
Curtose	0,02	-0,41	0,55	-0,38	1,74	-0,03
² KS	0,77 ^{ns}	0,33 ^{ns}	0,15*	0,12*	0,12*	0,10*

¹CV: coeficiente de variação; ²K-S: teste de normalidade Kolmogorov-Smirnov, significativo a 5% de probabilidade;

Tabela 2. Estatística descritiva da profundidade de 0,05-0,10 m do pH em água, alumínio trocável (Al^{3+}), acidez potencial ($\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$), potássio (K^+), fósforo (P), carbono orgânico total (COT) nas áreas de Floresta e Citrus em Colorado do Oeste-RO.

Parâmetros	pH	Al^{3+}	$\text{H} + \text{Al}^{3+}$	K^+	P	COT
	H_2O		$\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$		mg kg^{-1}	g kg^{-1}
Floresta						
Máximo	7,12	0,29	9,48	0,27	9,92	34,97
Mínimo	5,71	0,09	5,37	0,04	0,85	5,26
Média	6,49	0,16	7,23	0,11	4,26	19,11
Mediana	6,49	0,16	7,03	0,97	3,98	20,51
¹ CV%	4,78	43,83	13,40	51,31	42,67	42,69
Assimetria	-0,18	0,71	0,48	1,07	1,02	0,05
Curtose	0,18	-0,57	-0,49	0,28	1,57	-0,93
² KS	0,10*	0,29 ^{ns}	0,15*	0,14*	0,07*	0,09*
Citrus						
Máximo	6,76	0,29	8,69	0,19	46,45	16,97
Mínimo	5,76	0,09	1,58	0,03	8,41	8,44
Média	6,20	0,13	4,24	0,08	17,36	12,48
Mediana	6,15	0,10	4,03	0,07	14,10	12,66
¹ CV%	3,04	36,81	45,51	48,70	48,60	15,13
Assimetria	0,62	1,44	0,62	1,00	1,75	-0,26
Curtose	0,83	0,67	-0,55	0,37	3,28	0,10
² KS	0,12*	0,37 ^{ns}	0,12*	0,17*	0,15*	0,11*

¹CV: coeficiente de variação; ²K-S: teste de normalidade Kolmogorov-Smirnov, significativo a 5% de probabilidade;

Tabela 3. Estatística descritiva da profundidade de 0,10-0,20 m do pH em água, alumínio trocável (Al^{3+}), acidez potencial ($\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$), potássio (K^+), fósforo (P), carbono orgânico total (COT) nas áreas de Floresta e Citrus em Colorado do Oeste-RO.

Parâmetros	pH	Al^{3+}	$\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$	K^+	P	COT
	H_2O		$\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$		mg kg^{-1}	g kg^{-1}
Floresta						
Máximo	7,17	0,28	13,59	0,20	5,09	30,60
Mínimo	5,92	0,09	5,84	0,03	0,98	2,85
Média	6,46	0,14	9,66	0,08	2,70	13,50
Mediana	6,51	0,12	9,64	0,07	2,53	11,82
$^1\text{CV}\%$	4,64	42,85	22,98	37,50	37,03	64,29
Assimetria	0,03	0,84	0,10	1,13	0,46	0,64
Curtose	-0,38	-0,12	-1,24	1,01	-0,70	-0,81
^2KS	0,09*	0,25 ^{ns}	0,14*	0,12*	0,14*	0,13*
Citrus						
Máximo	6,96	0,28	4,74	0,35	45,90	26,48
Mínimo	5,14	0,09	2,37	0,04	7,68	10,67
Média	6,01	0,14	3,45	0,16	19,62	17,96
Mediana	6,03	0,09	3,47	0,15	18,53	17,71
$^1\text{CV}\%$	6,32	42,85	14,20	48,30	43,55	19,91
Assimetria	0,31	0,75	0,19	1,27	1,27	0,50
Curtose	0,02	-0,41	0,54	1,74	1,74	-0,03
^2KS	0,07*	0,24 ^{ns}	0,11*	0,27 ^{ns}	0,19*	0,23 ^{ns}

^1CV : coeficiente de variação; $^2\text{K-S}$: teste de normalidade Kolmogorov-Smirnov, significativo a 5% de probabilidade;

Figura 2. Teste de média (t student) dos atributos químicos nas áreas de Floresta e Citrus em Colorado do Oeste-RO. Médias de mesma letra não diferem estatisticamente (t student < 0,05).

Em relação ao K^+ , que também apresentou diferença significativa nas duas primeiras profundidades, é possível observar que os valores foram relativamente baixos, e na primeira profundidade (0,00-0,05 m), a área de Citrus apresentou maiores valores em comparação com a área de Floresta. A profundidade de 0,10-0,20 m apresentou valores baixos também, porém, não houve diferença significativa entre as duas áreas, corroborando assim com resultados encontrados por Souza (2018). Esse elemento é considerado com maior mobilidade no solo, e de acordo com Silva et al. (2010), os baixos teores de K^+ encontrados nos solos estudados, podem estar ligados à fácil lixiviação deste elemento pela água da chuva.

A área de Citrus apresentou maiores valores de P em relação à Floresta, em todas as profundidades. Resultados contrários foram observados por Souza (2018), que encontraram valores de P mais elevados em área de Floresta. Na área de citrus, o fósforo aumenta principalmente devido a adubação, e também devido a decomposição da matéria orgânica. Houve diferença significativa entre as duas áreas em todas as profundidades.

O carbono orgânico também apresentou diferenças significativas, os maiores valores foram encontrados em superfície (0,00-0,05 m), fato

comum na região Amazônica, e com o aumento da profundidade há decréscimo desse atributo, corroborando com Campos et al. (2012) e Mantovanelli et al. (2015). A área de Citrus apresentou menores valores do que a área de Floresta. No ambiente de floresta, os teores mais elevados de COT são decorrentes do maior aporte de resíduos vegetais e da não perturbação do sistema, além da influência dos aspectos climáticos, e do manejo adotado (Campos et al., 2013). No solo sob cultivo, os menores teores de carbono orgânico total encontrados, pode ser decorrente também do mau manejo do solo.

A análise de componentes principais (ACP) foi aplicada visando verificar a relação entre os atributos do solo e os dois ambientes estudados. Foram considerados os dois primeiros componentes Fator 1 e Fator 2, pois estes conseguem reter cumulativamente a quantidade suficiente da informação total contida no conjunto das variáveis originais (Campos et al. 2010). A ACP (Figura 3) apresentou resultados significativos para as profundidades de 0,00-0,05, 0,05-0,10 e 0,10-0,20 m respectivamente ($KMO = 0,605, 0,635$ e $0,500$) para as variáveis avaliadas, mostrando adequação à construção dos Componentes Principais (CPs), possibilitando reduzir 6 variáveis originais em dois fatores.

Figura 3. Análise de componentes principais dos atributos químicos nas áreas de Floresta e Citrus, em Colorado Oeste-RO.

Em relação ao percentual de variância explicado pelas CPs, verifica-se que na profundidade 0,00-0,05 m, os dois fatores foram responsáveis por 67,89% da variância total, sendo 41,91% na CP1 e 25,98% na CP2. Resultados semelhantes foram encontrados por Mantovanelli et al. (2015). O CP1 é responsável pelas variáveis P e K+, já o CP2 é responsável pelo pH, H+Al e COT. As variáveis P e K+ apresentaram valores positivos no CP1, isso indica que os atributos que apresentaram os mesmos sinais, possuem correlação direta, enquanto os que possuem sinais opostos, tem uma correlação inversa. No CP2, o H+Al, COT e pH apresentaram valores positivos também. Foi verificado a formação nítida de dois grupos para a profundidade 0,00-0,05m, ao observamos o plano fatorial, sendo o primeiro formado pela floresta que é discriminado pelo H+Al, COT e pH. E o segundo formado pelo citrus que é caracterizado pelo K+ e P.

Na profundidade de 0,05-0,10 m os dois fatores foram responsáveis por explicar 57,20% da variância explicativa. O CP1 explicou 39,05%, sendo responsável pelo Al3+, COT, H+Al e P, que apresentaram valores positivos, com exceção do P, que apresentou valor negativo. Já o CP2 explicou 18,15%, sendo responsável pelo K+ e pH, que também apresentaram valores positivos. Também houve formação de dois grupos, um grupo sendo formado pela floresta que é discriminado pelo K+, pH, H+Al, COT e Al3+, já o segundo grupo que é discriminado pelo P, foi formado pelo citrus.

Na terceira profundidade (0,10-0,20 m), verifica-se que os dois fatores são responsáveis por 72,92% da variância total, com o CP1 responsável por 43,62%, e pelas variáveis H+Al e P, e o CP2 responsável por 29,30%, e pelas variáveis pH e K+, ambos apresentaram valores positivos. No CP1, a variável P apresentou valores positivos, enquanto o H+Al apresentou valores negativos, ou seja, estão correlacionados negativamente. Através do plano fatorial, observa-se a formação de dois grupos, igualmente às outras profundidades, com um grupo sendo formado pela floresta, sendo discriminado pelo pH, K+ e H+Al, e o segundo formado pelo citrus, que é discriminado pelo P. Em todas as profundidades, o grupo do citrus possuiu os maiores teores de fósforo, principalmente devido a adubação. Os teores mais elevados de P disponível nos solos com citrus justificam-se pelo uso de adubações fosfatadas nesses sistemas agrícolas, em que há uma agricultura mais tecnificada, com uso de insumos (Adelani et al., 2020).

Nas três profundidades, a área de manejo diferiu da área de floresta. Os valores baixos de nutrientes no solo cultivado com laranja devem-se à grande exportação pelos frutos e à facilidade de

saída do sistema por arraste, devido ao declive (Matheis et al., 2020)

A floresta apresentou os maiores resultados, provavelmente, em consequência da maior lixiviação promovida pelo intenso regime hídrico associado às melhores condições de drenagem (Almeida et al., 2020). Entretanto devido os solos amazônicos serem ácidos naturalmente é necessário a adoção de práticas corretivas e melhoria no suprimento de nutrientes (Pantoja et al., 2019). Resultados encontrados por Freitas et al. (2015) que também utilizou a estatística multivariada para avaliar atributos de um Latossolo vermelho submetido a diferentes manejos, confirmam que a substituição da floresta por sistemas de cultivo, pode favorecer alterações nos atributos químicos do solo.

Conclusões

A substituição da floresta por sistemas de cultivo proporcionou alterações que podem favorecer os atributos químicos do solo.

A área de floresta apresentou maior acidez, e mais teores de carbono orgânico, porém, a área de citrus apresentou menor acidez e maiores teores de fósforo, devido ao manejo, como calagem e adubação.

A análise multivariada mostrou-se uma ferramenta útil no estudo das relações entre os atributos químicos e os ambientes estudados, e para identificar os nutrientes que apresentam maior alteração após o processo de conversão floresta/cultivos agrícolas.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao apoio da CAPES, FAPEAM e CNPq.

Referências

- Aquino, R. E., Campos, M. C. C., Soares, M. D. R., Oliveira, I. A., Franciscon, U., Silva, D. M. P., Cunha, J. M., 2016. Chemical soil attributes evaluated by multivariate techniques and geostatistics in the area with agroforestry and sugarcane in Humaitá, AM, Brasil. *Bioscience Journal* 32, 61-72.
- Brasil. 1978. Ministério das Minas e Energia. Projeto Radambrasil - Folha SB. 20, Purus. Rio de Janeiro, 1-561.
- Campos, L. P., Leite, L. F. C., Maciel, G. A., Brasil, E. L., Freitas I. B., 2013. Estoques e frações de carbono orgânico em Latossolo Amarelo submetido a diferentes sistemas de manejo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* [online], 48, 204-312.

- Campos, M. C. C., Ribeiro, M. R., Souza Júnior, V. S., Ribeiro Filho, M. R., Almeida, M. C., 2012. Toposequência de solos na transição campos naturais-floresta na região de Humaitá, Amazonas. *Acta Amazonica* 42, 387-398.
- Campos, M. C. C., Ribeiro, M. R., Souza Júnior, V. S., Ribeiro Filho, M. R., Oliveira, I. A., 2010. Interferências dos pedoambientes nos atributos do solo em uma toposequência de transição Campos/Floresta. *Revista Ciência Agronômica* 41, 527-535.
- Cardoso, E. L., Silva, M. L. N., Curi, N., Ferreira, M. M., Freitas, D. A. F. D., 2011. Soil chemical and physical quality under natural tree vegetation and pasture in the Pantanal wetlands, South of Mato Grosso, Brazil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 35, 613-622.
- Cavalcante, E. G. S. Alves, M. C., Pereira, G. T., Souza, Z. M. D., 2007. Variabilidade espacial de MO, P, K e CTC do solo sob diferentes usos e manejos. *Ciência Rural*, 37, 394-400.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária, 2013. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 3.ed. revisada e ampliada. Brasília. 353p.
- Freitas L., Casagrande, J. C., Oliveira, I. A., Campos, M. C. C., Silva, L. S., 2015. Técnicas multivariadas na avaliação de atributos de um Latossolo vermelho submetido a diferentes manejos. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias (Agrária)* 10, 17-23.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2007. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. Manual Técnico de Pedologia 2.ed. Rio de Janeiro.
- Laércio, A. C., Meurer, I., Junior, C. A. S., Cavalieri, K. M. V., Santos, C. F. B., 2011. Dependência espacial dos atributos físicos de três classes de solos cultivados com cana-de-açúcar sob colheita mecanizada. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 15, 940-949.
- Lopes, S. A. S. S., Franco, A. D. J., Mello, A. H., Oliveira, G. F., 2017. Caracterização morfológica de perfis de solo de um estabelecimento agrícola familiar do assentamento pimenteira, São João do Araguaia-PA. *Revista Agroecossistemas* 9, 189-198.
- Mantovanelli, B. C., Silva, D. A. P., Campos, M. C. C., Gomes, R. P., Soares, M. D. R., Santos, L. A. C., 2015. Avaliação dos atributos do solo sob diferentes usos na região de Humaitá, Amazonas. *Revista Ciências Agrárias* 58, 122-130.
- Martins, E. C. A., Peluzio, J. M., Oliveira Junior, W. P., Tsai, S. M., Navarrete, A. A., Morais, P. B., 2015. Alterações dos atributos físico-químicos da camada superficial do solo em resposta à agricultura com soja na várzea do Tocantins. *Biota Amazônia* 5, 56-62.
- Nogueira, M. C. S., 2007. Experimentação agrônoma I. Piracicaba: Universidade de São Paulo, 463p.
- Oliveira, L. B. T., Santos, A. C., Lima, J. S., Neves Neto, D. N., 2015b. Variabilidade espacial das respostas produtivas e morfológicas do capim-Marandu em função dos atributos químicos e topográficos. *Revista Brasileira Saúde Produção Animal* 16, 772-783.
- Pantoja, J. C. M., Campos, M. C. C., Lima, A. F. L., Cunha, J. M. D., Simões, E. L., Oliveira, I. A. D., Silva, L. S., 2019. Multivariate analysis in the evaluation of soil attributes in areas under different uses in the region of Humaitá, AM. *Revista Ambiente & Água* 14, 1-16.
- Reis, A. S., 2018. Atributos físicos e químicos do solo sob diferentes sistemas de manejo em áreas de ecótono Cerrado–Amazônia. Dissertação (mestrado). Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Universidade Federal de Tocantins - UFT, Gurupi.
- Robertson, G. P., 2004. GS+: Geostatistics for the environmental sciences - GS+ User's Guide. Plainwell: Gamma Design Software, 152 p.
- STATSOFT Inc 7.0. Statistica (data analysis software system). USA.
- Silva, S. A., Lima, J. S. L., De Souza, G. S., De Oliveira, R. B., Silva, A. F., 2010. Variabilidade espacial do fósforo e das frações granulométricas de um Latossolo Vermelho Amarelo. *Revista Ciência Agronômica* 41, 1-8.
- Souza, F. G. 2018. Atributos do solo, estoque de carbono e erodibilidade em áreas sob diferentes usos no assentamento são francisco, canutama, amazonas. 171 p. Tese (Doutorado). Manaus, UFAM.
- Teixeira, P.C., Donagemma, G.K., Fontana, A. Teixeira, W.G., 2017. Manual de métodos de análise de solo. 3.ed. revista e atualizada. EMBRAPA, Brasília. 573p.
- Viana, S. F., Campos, M. C. C., Cunha, J. M., Nascimento, W. B., Júnior, A. F. M., 2016. Variabilidade espacial dos atributos químicos em terra preta de índio cultivada na região de Novo Aripuanã, AM. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável* 11, 53-58.
- Walkley, A. Black, I., 1934. An examination of the degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science* 37, 29-38.

- Warrick, A. W., Nielsen, D. R., 1980. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: Hillel, D. (ed). Applications of soil physics. New York: Academic Press, 385p.
- Yeomans, J.C., Bremner, J.M., 1988. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. Communication in Soil Science and Plant Analysis 19. 10-21.
- Zaninetti, R. A., Moreira, A., Moraes, L. A. C., 2016. Atributos físicos, químicos e biológicos de Latossolo Amarelo na conversão de floresta primária para seringais na Amazônia. Pesquisa Agropecuária Brasileira 51, 1061-1068.
- Valente, G. F., da Silva, J. N., da Silva Pinto, D. R., & Galvão, J. R. 2019. Resistência mecânica à penetração em sistemas de manejo do solo. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, 14, 140-145.
- Meyer, L. F. F., & Braga, M. J. 2019. Tipologia do uso agrícola do solo no estado do Pará: Uma aplicação de métodos de análise multivariada. Revista de Economia e Sociologia Rural, 39, 69-92.
- Pantoja, J. C. M., Campos, M. C. C., Lima, A. F. L. D., Cunha, J. M. D., Simões, E. L., Oliveira, I. A. D., & Silva, L. S. 2019. Análise multivariada na avaliação de atributos do solo em áreas sob diferentes usos na região de Humaitá, AM. Revista Ambiente & Água, 14, 1-16.
- Oliveira Júnior, A. I. D., Mendonça, L. A. R., Fontenele, S. D. B., Araújo, A. O., & Brito, M. G. D. S. L. 2019. Estatística multivariada aplicada na caracterização ambiental de solos em região semiárida. Revista Caatinga, 32, 200-210.
- Almeida, L. L., de Carvalho, L. L. P. P., dos Santos, P. S., Felizzola, J. F., & Pacheco, N. A. 2020. Nitrogênio e Carbono espaço-temporais dissolvidos na precipitação e lixiviado da serrapilheira em duas microbacias Amazônicas. Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais, 11, 602-618.
- Adelani, D. O., Ariyo, O. C., & Emmanuel, J. O. 2020. Effects of leaf litters of selected nitrogen fixing trees on the growth of Citrus tangelo, JW seedlings. Journal of Forestry Research and Management, 17, 109-120.
- Matheis, H. A. S. M., De Azevedo, F. A., & Victória Filho, R. I. C. A. R. D. O. 2020. Adubação verde no manejo de plantas daninhas na cultura de citros. Citrus Research & Technology, 27, 101-110.