

VIAS DE FORMAÇÃO E CLASSES DE AGREGADOS EM ÁREAS SOB FLORESTA E PASTAGEM EM AREIA, PB

FORMATION PATHWAYS AND AGGREGATE CLASSES IN AREAS UNDER FOREST AND PASTURE IN AREIA, PB

DOI: 10.31072/rcf.v13i2.1109

Milton César Costa Campos 

Doutor em Agronomia. Universidade Federal da Paraíba – UFPB.
E-mail: mcesarsolos@gmail.com

Amanda Cristina dos S. Sousa 

Graduanda em Agronomia pela Universidade Federal da Paraíba – UFPB.
E-mail: amandasousa1275@gmail.com

Marcela Raiane Simão Carneiro 

Graduada em Agronomia pela Universidade Federal da Paraíba – UFPB.
E-mail: marcela.carneiro@academico.ufpb.br

Elilson Gomes de Brito Filho 

Graduado em Agronomia pela Universidade Federal da Paraíba – UFPB.
E-mail: bfsambiente@gmail.com

Joáilson de Brito Silva 

Graduando em Agronomia pela Universidade Federal da Paraíba - UFPB.
E-mail: joalisonbrito2018@gmail.com

Robson Vinício dos Santos 

Graduando em Agronomia pela Universidade Federal da Paraíba - UFPB.
E-mail: robson4651@hotmail.com

Submetido: 11 maio 2022

Aprovado: 10 jun. 2022

Publicado: 31 out. 2022

E-mail para correspondência:

mcesarsolos@gmail.com

Este é um trabalho de acesso aberto e distribuído sob os Termos da *Creative Commons Attribution License*. A licença permite o uso, a distribuição e a reprodução irrestrita, em qualquer meio, desde que creditado as fontes originais.

Imagem: StockPhotos (Todos os direitos reservados).



Open Access

Resumo: Os agregados do solo são determinados pela união de partículas primárias de origem orgânica e/ou mineral, estes de acordo com sua gênese podem ser biogênicos, fisiogênicos e intermediários intensamente influenciados pelo manejo. O objetivo deste trabalho foi identificar as vias de formação de agregados biogênicos, intermediários e fisiogênicos e determinar as classes de agregados em áreas sob floresta e pastagem em Areia, PB. Selecionou-se duas áreas sob floresta e pastagem, com base no relevo escolheu-se os três segmentos de vertente padrão (topo, meia encosta e sopé) em cada uma das áreas. Abriu-se minitrincheiras na camada de 0,00-0,20 m, e foram coletadas amostras de solos com estrutura preservada em forma de torrão para determinação das vias de formação e quantificação dos agregados do solo, bem como determinada a textura do solo. De posse dos dados realizou-se análises estatística descritiva e análise de variância e testes de médias dos atributos utilizando Tukey a 5% de probabilidade utilizando o software estatístico Sisvar. Houve domínio da classe de agregados > 2,00 mm nos ambientes de floresta e pastagem independente dos segmentos de vertente estudados (topo, meia encosta e sopé). Verificou-se que os ambientes (floresta e pastagem) apresentaram distintas composições relativas dos agregados ao longo das duas topossequências estudadas. Observou-se predomínio dos agregados biogênicos e fisiogênicos independente dos ambientes (floresta e pastagem) e segmentos de vertentes (topo, meia encosta e sopé) estudados.

Palavras-chave: Agregação do solo; manejo do solo; atributos físicos.

Abstract: Soil aggregates are determined by the union of primary particles of organic and/or mineral origin, these, according to their genesis, can be biogenic, physiogenic and intermediate intensely influenced by management. The objective of this work was to identify the formation pathways of biogenic, intermediate and physiogenic aggregates and to determine the aggregate classes in areas under forest and pasture in Areia, PB. Two areas were selected under forest and pasture, based on the relief, the three standard slope segments (top, mid-slope and foothill) were chosen in each of the areas. Mini trenches were opened in the 0.00-0.20 m layer, and soil samples with preserved clod-shaped structure were collected to determine the formation pathways and quantification of soil aggregates, as well as to determine the soil texture. With the data in hand, descriptive statistical analysis and analysis of variance were carried out, as well as tests of means of attributes using Tukey at 5% probability using the statistical software Sisvar. There was dominance of the class of aggregates > 2.00 mm in the forest and pasture environments, regardless of the slope segments studied (top, mid-slope and foothills). It was verified that the environments (forest and pasture) presented different relative compositions of the aggregates along the two studied toposequences. There was a predominance of biogenic and physiogenic aggregates regardless of the environments (forest and pasture) and slope segments (top, mid-slope, and foothills) studied.

Keywords: Soil aggregation; soil management; physical attributes.

Introdução

Os agregados do solo são determinados pela união de partículas primárias de origem orgânica e/ou mineral (areia, silte e argila) composta por processos físicos, químicos e biológicos que determinam as propriedades emergentes de toda a estrutura de um solo ⁽¹⁾. Este fator é responsável pela otimização do funcionamento e manutenção das propriedades fundamentais que definem um sistema complexo e vasto. O fenômeno de agregação não exerce efeito direto somente sob a porosidade, permeabilidade, taxa de infiltração, retenção de água e aeração do solo, mas também sob toda a dinâmica relacionada ao sequestro de carbono, retenção de nutrientes e fluxo de microrganismos sendo, nesse contexto, características essenciais para as relações que preservem o bem-estar ambiental ^(2, 3).

Para diferenciar as estruturas dos agregados do solo de acordo com a sua gênese, utiliza-se como parâmetros as vias de formação do mesmo, que são classificadas nos chamados de biogênicos e os outros de fisiogênicos considerando os padrões morfológicos das partículas de solo ⁽⁴⁾. Assim os agregados biogênicos são oriundos da excreção feita pela macrofauna que têm a alimentação a base de matéria orgânica, no que pode contribuir para a proteção física da própria matéria orgânica e contém potencial para ser indicador de qualidade do solo.

Enquanto os agregados fisiogênicos, são aqueles que estão relacionados a aproximação de partículas unitárias que possuem os formatos prismáticos ou angulares, nesse caso possuindo o poder de ação sob agentes cimentantes como os óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio e o húmus. Por outro lado, quando não se observa uma clara distinção entre essas duas vias supracitadas, os agregados são considerados intermediários ⁽⁵⁾.

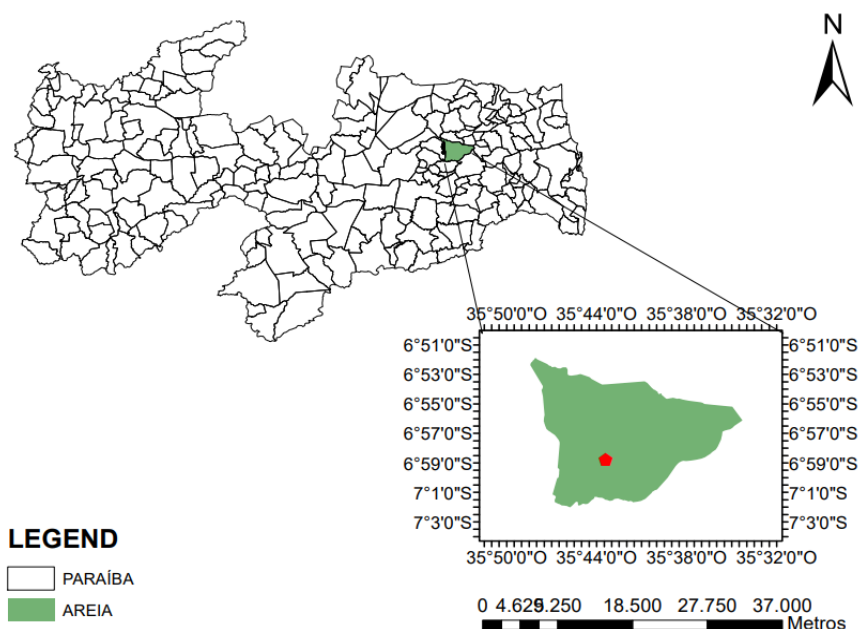
Dessa forma, estudos têm sido desenvolvidos com enfoque nos diferentes tipos de agregados e sistemas produtivos para ampliar o conhecimento sob o uso da matéria orgânica e, conseqüentemente, das estruturas de composição da agregação do solo, que podem ser influenciadas por raízes e o manejo da área ⁽⁵⁾. Contudo, alguns pontos atuam com ação significativa à essa dinâmica, destacando as substâncias húmicas, principalmente os ácidos húmicos, que demonstram efeito benéfico na estabilidade dos agregados do solo.

Como base no acima citados, o objetivo deste trabalho foi identificar as vias de formação de agregados biogênicos, intermediários e fisiogênicos e determinar as classes de agregados em áreas sob floresta e pastagem em Areia, PB.

Metodologia

O estudo foi realizado em uma área nas imediações do sítio Furnas, às margens da rodovia PB 07 no sentido Remígio, município de Areia, PB, sob as coordenadas geográficas 6°58'35,63" S e - 35°73'17,57" W, (Figura 1) e com sua altitude média de 620 m. O relevo da região caracterizando -se como ondulado a forte ondulado (8-45%) por quase toda a sua extensão um predomínio de relevo plano a suave ondulado, divergindo com superfície com desnivelamentos pequenos e alguns monte e/ou elevação com declives suaves entre 0 à 8% (6).

Figura 1. Mapa de localização das áreas de estudo em Areia, PB.



Fonte: Dos autores (2022).

De acordo com a geologia, a área de estudo foi localizada sobre o complexo São Caetano que exibe rocha dominante o gnaisse, tendo domínio mineralógico, muscovita-biotita sob gnaisse, de granulação média a fina e gradações para biotita gnaisse homogêneo. Os solos presentes na região são os Argissolos Vermelho-Amarelos e Vermelhos (7). A vegetação padrão desta região é a floresta ombrófila aberta, uma composição típica da faixa litorânea, mas também encontrada nos brejos de altitude, em cotas da ordem de 600 m. O clima da região, segundo a classificação de Köppen-Geiger, atualizado por Alvares *et al.* (8), possui clima do tipo "As" (tropical com chuvas de inverno), respalda com estudos desenvolvidos por

Alvares *et al.* ⁽⁸⁾, com precipitação média variando, aproximadamente, entre 1300 mm/ano à 1600 mm/ano e temperatura variável entre 22°C e 30°C.

Foram selecionadas topossequências em Areia, Paraíba uma sob um fragmento florestal nativo e outra sob pastagem, em seguida foi estabelecido um caminhamento, seguindo o “espigão” da vertente no sentido do caimento mais suave do declive, partindo-se do topo até a área de sopé. Ao longo do caminhamento foram realizadas mensurações das altitudes para a confecção do perfil altimétrico. Conforme o modelo de Dalrymple *et al.* ⁽⁹⁾, foram identificados os segmentos da vertente, com base, principalmente, na variação da declividade do terreno. Foram abertas cinco minitrincheiras na camada de 0,00-0,20 m, e coletadas amostras nos diferentes segmentos de vertentes identificados como: topo, meia encosta e sopé de deposição, nas topossequências sob floresta e pastagem.

Em cada ponto foram coletadas amostras com estrutura preservada em forma de torrão para determinação das vias de formação e quantificação dos agregados do solo. As amostras foram secas à sombra, obtendo assim, a terra seca fina ao ar (TSFA) e levemente destorroadas, de forma manual, passando as mesmas em peneira de 9,51 mm de diâmetro de malha, separando-se o material retido na peneira de 4,76 mm para as análises relativas à estabilidade de agregados. Já as amostras retidas na peneira de 2,00 mm foram utilizadas para análise de textura do solo.

A análise de textura foi realizada pelo método da pipeta, utilizando solução de NaOH 0,1 N como dispersante químico e agitação mecânica em aparato de alta rotação por 15 min, a fração argila foi separada por sedimentação, a areia por tamisação e o silte foi calculado pela diferença ⁽¹⁰⁾.

A determinação relativa, em massa, de cada tipo de agregado foi definida por a pesagem de 100g de agregado, a partir de cada segmento de vertente estudado. Para a separação dos agregados, foram utilizadas lupas binocular para observa-las e separá-las a mão conforme estabelecido por Bullock *et al.* ⁽¹¹⁾. A separação dos agregados foi feita por meio de padrões morfológicos, da seguinte forma: agregados fisiogênicos, identificados por apresentarem formas angulares; biogênicos, apresentam formas arredondadas resultantes da passagem pelo trato intestinal dos indivíduos da macrofauna do solo, ou identificados pela visualização de raízes; e intermediários, caracterizados por possuírem formas indefinidas. Esses agregados podem ter passado pela via biogênica de formação, mas tiveram perda da forma arredondada pelo envelhecimento ou pela via fisiogênica.

A indicação da estabilidade dos agregados do solo foi realizada pelo método de peneiramento úmido. A separação e estabilidade dos agregados foram determinados segundo Kemper e Chepil ⁽¹²⁾, com modificações nas seguintes classes de diâmetro: 4,76-2,0 mm; 2,0-1,0 mm; 1,0-0,50 mm; 0,50-0,25 mm; 0,25-0,125; 0,125-0,063 mm.

Os agregados provenientes da peneira de 4,76 mm foram colocados em contato com a água sobre a peneira de 2,0 mm e submetidos à agitação vertical em aparelho Yoder (modelo SOLOTEST) por 15 min e com 32 oscilações por minuto. O material retido em cada classe das peneiras foi colocado em estufa a 105 °C por um período de 24 horas, em seguida foram mensuradas as respectivas massas em balança digital semi-analítica. Os resultados foram expressos em porcentagem dos agregados retidos em cada uma das classes das peneiras para > 2 mm, 2-1 mm e < 1 mm.

Após a determinação dos agregados e distribuição relativa dos agregados fisiogênicos, intermediários e biogênicos, foi realizada análise estatística descritiva, sendo calculados: média, variância, máximo, mínimo, desvio padrão e o coeficiente de variação e teste de normalidade Shapiro Wilk. De modo que o coeficiente de variação (CV%) foi avaliado conforme classificação proposta por Warrick e Nielsen ⁽¹³⁾, que classifica variáveis do solo como: CV < 12%, 12 < CV < 60%, e CV > 60% para baixa, média e alta variabilidade, respectivamente. Posteriormente foi realizada a análise de variância (ANOVA) e, seguidamente, comparou-se as médias dos atributos, testado com método de Tukey a 5% de probabilidade utilizando o *software* estatístico Sisvar.

Resultados e Discussões

A caracterização da textura dos solos estudados é apresentada na Tabela 1. Verificou-se predomínio da fração areia, seguido da fração argila e silte em todos os segmentos de vertente e ambientes floresta nativa e pastagem, estes resultados provavelmente refletem a natureza do material de origem.

Tabela 1. Caracterização textural dos solos em diferentes segmentos de vertente sob floresta e pastagem em Areia, PB

Segmento de Vertente	Areia	Silte g.kg ⁻¹	Argila
Área de Floresta			
Topo	785,6	69,6	144,8
Meia Encosta	553,4	175,4	271,2
Sopé	825,8	68,4b	174,2

	Área de Pastagem		
Topo	704,2	112,1	183,7
Meia Encosta	732,4	125,9	141,7
Sopé	761,8	111,5	126,7

Fonte: Dos autores (2022).

Os resultados das classes de agregado nos diferentes segmentos de vertentes em ambiente de floresta encontram-se na Tabela 2. Foi possível notar que a classe de agregados >2,00 mm, apresentou percentualmente os maiores conteúdos quando comparados as demais classes, não apresentando diferença estatística significativa entre os segmentos de vertente estudos (topo, meia encosta e sopé), apenas um leve predomínio médio no topo e sopé da topossequência. Por outro lado, a classe de agregado entre 2,00-1,00 mm apresentou os menores valores percentuais, um pequeno aumento no sopé, não apresentando diferença estatística entre eles. E finalmente, a agregados < 1,00 apresentou valores intermediários entre as duas outras classes de agregados, entretanto constatou-se maiores conteúdos no sopé seguido da meia encosta e topo. Esse padrão de agregação assemelha-se aos encontrados por Saygin *et al.* ⁽¹⁴⁾ em estudo visando estimar a qualidade e as condições das propriedades físicas do solo na Turquia.

Tabela 2. Classes de agregados em diferentes segmentos sob ambiente de floresta em Areia, PB.

Estatística Descritiva	>2,00	2,00-1,00	<1,00
	%		
Topo			
Média	66,87a	4,59a	7,48b
Variância	90,54	2,46	5,66
Dp	9,51	1,56	2,37
CV (%)	14,22	34,11	31,80
Max	82,18	6,93	11,30
Min	56,33	3,13	5,28
Assimetria	0,76	0,55	0,83
Curtose	2,56	1,92	2,37
S-W	0,49	0,52	0,43
Meia Encosta			
Média	59,13a	3,13a	10,30ab
Variância	122,18	2,91	40,39
Dp	11,05	1,70	6,35
CV (%)	11,75	54,42	61,65
Max	76,20	5,55	18,48
Min	47,33	0,90	2,23
Assimetria	0,64	0,15	-0,04

Curtose	2,21	2,18	1,75
S-W	0,73	0,98	0,87
Sopé			
Média	66,51a	6,63a	13,97a
Variância	114,96	18,64	60,69
Dp	10,72	4,31	7,79
CV (%)	16,11	65,10	55,74
Max	81,15	12,83	23,25
Min	54,45	1,90	3,75
Assimetria	0,17	0,43	-0,06
Curtose	1,73	1,84	1,68
S-W	0,71	0,79	0,84

DP: desvio padrão; CV: coeficiente de variação (%); S-W: teste de normalidade de Shapiro Wilk.

*Significativo a 5% de probabilidade. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Fonte: Dos autores (2022).

Foi possível notar uma maior variância e desvio padrão dos dados no segmento de meia encosta para a classe de agregados $> 2,00$, seguido do sopé para as classes de tamanhos de agregados entre $2,00-1,00$ e $< 1,00$ (Tabela 2). Em relação ao coeficiente de variação (CV %) verificou-se que no topo da paisagem todas as classes de tamanho de agregados estudadas apresentaram CV % com moderada variabilidade conforme classificação proposta por Warrick e Nielsen ⁽¹³⁾. O sopé exibiu CV% com moderada variabilidade para as classes de tamanho de agregados $> 2,00$ e $< 1,00$ mm e alto CV% para a classe de tamanho entre $2,00-1,00$ mm. Já a meia encosta apresentou CV's erráticos para as classes de tamanho de agregados estudadas (Tabela 2), provavelmente associada à sua maior instabilidade. Esse comportamento é refletido pela natureza do material de origem, a topografia na qual a área está inserida, destacando que os parâmetros de relevo mais rebaixado evidenciam fragilidades a alterações estruturais dos agregados ⁽¹⁵⁾.

Os resultados das classes de agregados na área de pastagem são apresentados na Tabela 3. Observou-se que os agregados de classe de tamanho $> 2,00$ mm apresentaram maiores percentuais no topo da topossequência, seguindo pela meia encosta e sopé, inclusive diferindo estatisticamente entre si. Enquanto que as classes de tamanho entre $2,00-1,00$ mm não exibiram diferenças entre si, quando comparados os três segmentos de vertente estudados. Por outro lado, a classe de tamanho de agregados $< 1,00$ mm mostrou percentuais decrescente do sopé, meia encosta e topo (Tabela 3).

Tabela 3. Classes de agregados em diferentes segmentos sob ambiente de pastagem em Areia, PB.

Estatística Descritiva	>2,00	2,00-1,00	<1,00
	%		
Topo			
Média	83,59 a	7,71a	17,06 bc
Variância	51,00	28,28	49,41
Dp	7,14	5,31	7,02
CV (%)	8,54	68,99	41,18
Max	95,58	16,10	22,10
Min	76,80	1,60	5,25
Assimetria	1,04	0,65	-1,12
Curtose	2,75	2,49	2,64
S-W	0,22	0,60	0,05
Meia Encosta			
Média	74,25 ab	5,58a	20,50 b
Variância	53,39	10,49	77,53
Dp	7,30	3,23	8,80
CV (%)	9,84	57,96	42,95
Max	82,58	10,88	31,35
Min	63,20	2,35	7,70
Assimetria	-0,53	0,88	-0,33
Curtose	2,18	2,57	2,13
S-W	0,83	0,39	0,91
Sopé			
Média	48,77b	8,76a	27,12 ab
Variância	68,43	0,90	73,85
Dp	8,27	0,95	8,59
CV (%)	16,96	10,87	31,68
Max	57,53	10,08	40,55
Min	38,05	7,48	16,88
Assimetria	-0,08	0,05	0,58
Curtose	1,54	2,18	2,49
S-W	0,52	0,98	0,63

DP: desvio padrão; CV: coeficiente de variação (%); S-W: teste de normalidade de Shapiro Wilk.

*Significativo a 5% de probabilidade. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Fonte: Dos autores (2022).

Observou-se que o segmento de vertente de sopé apresentou maior variância e desvio padrão para a classe de agregados > 2,00 mm quando comparado aos demais segmentos estudados (Tabela 3) provavelmente por ser uma área de acúmulo de sedimentos oriundos dos outros segmentos a montante. A classe de tamanho de agregados entre 2,00-

1,00 mm por sua vez teve maior variância e desvio padrão dos dados no topo da paisagem indicando da remoção dessas partículas para ambientes de menores cotas. Enquanto que a classe de agregados < 1,00 tiveram esses parâmetros superiores na meia encosta (Tabela 3).

O coeficiente de variação (%) foi classificado segundo proposta por Warrick e Nielsen ⁽¹³⁾ entre baixa e média variabilidade dos dados ($CV < 12\%$, $12 < CV < 60\%$) para todas as classes de tamanho de agregados e em todos os segmentos de vertente estudados (topo, meia encosta e sopé), exceto na classe de agregados entre 2,00-1,00 mm do topo que apresentou alto $CV \% > 60\%$. Esse comportamento desuniforme dos agregados do solo deve-se provavelmente a processos dinâmicos oriundos da cobertura vegetal da área, nesse caso tornando-o mais vulnerável a forças externas como as gotas de chuva e o escoamento superficial vindo a potencializar o processo de erosão e lixiviação; afetando componentes essenciais da estrutura do solo como a aeração, infiltração de água, crescimento de raízes e toda a porosidade do solo ⁽¹⁶⁾.

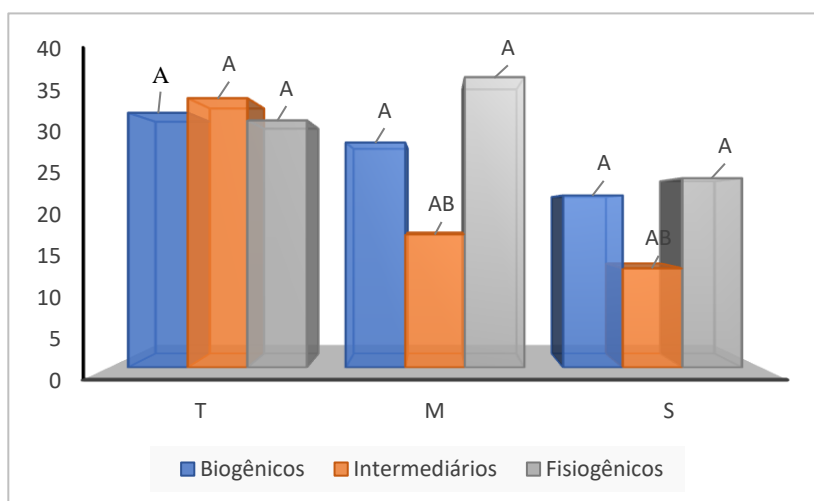
Em relação aos coeficientes de assimetria e curtose, verifica-se que todas as classes de tamanho de agregados (>2,00; 2,00-1,00; <1,00) em todos os segmentos de vertente estudados (topo, meia encosta e sopé) apresentaram valores positivos de curtose e coeficientes de assimetria com valores próximos à zero ⁽¹⁷⁾ estes resultados indicam normalidade dos dados. Acrescenta-se ainda que todos os atributos avaliados no estudo apresentaram normalidade pelo teste de Shapiro Wilk.

Os resultados obtidos do teste de média para avaliar a composição dos agregados biogênicos, intermediários e fisiogênicos são apresentados na Figura 2 e 3. Verifica-se que os ambientes apresentaram comportamento distintos em relação a composição relativa dos agregados ao longo das duas topossequências estudadas (Figura 2 e 3). Houve predomínio dos agregados biogênicos e fisiogênicos independente dos ambientes (floresta e pastagem) e segmentos de vertentes (topo, meia encosta e sopé) estudados, diferindo do estudo desenvolvido por Rossi *et al.* ⁽⁵⁾ que estudou via de formação agregados em solos sob sistemas de manejo agroecológico. Em trabalho desenvolvido por Silva Neto *et al.* ⁽¹⁸⁾ não foi possível observar diferenças quanto à quantidade relativa de agregados biogênicos, intermediários e fisiogênicos em áreas sob diferentes coberturas vegetais.

Observando especificadamente o ambiente de floresta, verifica-se que os agregados biogênicos e fisiogênicos apresentam maiores proporções relativas em todos os segmentos de vertente (topo, meia encosta e sopé) em estudo (Figura 2 e 3). Já o ambiente de pastagem

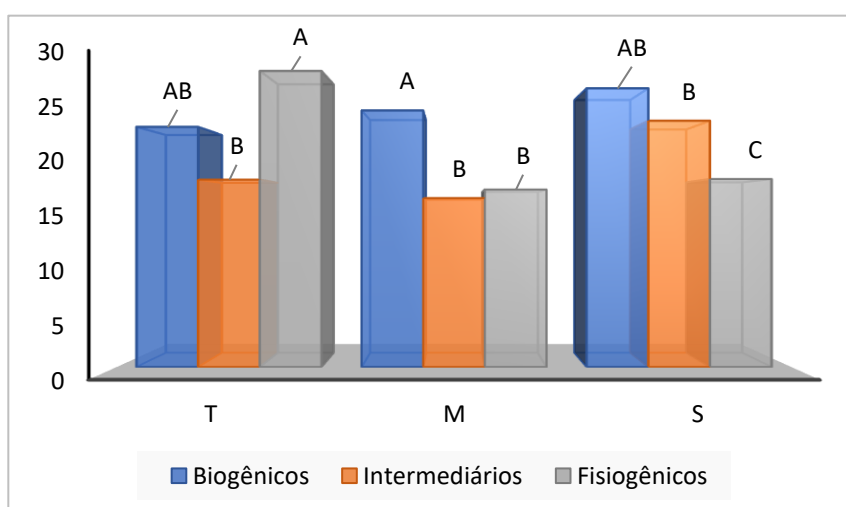
apresenta comportamento semelhante ao ambiente de floresta, porém difere no sopé, em que as proporções relativas dos agregados intermediários e biogênicos são maiores que os agregados fisiogênicos (Figura 2 e 3). Esses resultados podem estar associados às características do sopé da paisagem que é um ambiente de acumulo de materiais de natureza diversas, o que pode dificultar o processo de estruturação e formação dos agregados.

Figura 2. Percentagem média de agregados biogênicos, intermediários e fisiogênicos em ambientes de floresta em Areia, PB. T = topo, M = meia encosta, S = sopé



Fonte: Dos autores (2022).

Figura 3. Percentagem média de agregados biogênicos, intermediários e fisiogênicos em ambientes de pastagem em Areia, PB. T = topo, M = meia encosta, S = sopé



Fonte: Dos autores (2022).

Considerações Finais

Houve domínio da classe de agregados > 2,00 mm nos ambientes de floresta e pastagem independente dos segmentos de vertente estudados (topo, meia encosta e sopé).

Verificou-se que os ambientes (floresta e pastagem) apresentaram distintas composições relativas dos agregados ao longo das duas topossequências estudadas

Observou-se predomínio dos agregados biogênicos e fisiogênicos independente dos ambientes (floresta e pastagem) e segmentos de vertentes (topo, meia encosta e sopé) estudados.

Referências

1. Júnior CAM, Loss A, Junior ES, Giumbelli LD, Pinho D, Abreu L, Lourenzi CR, Comin JJ, Brunetto G. Caracterização física de agregados do solo submetido a 10 anos de aplicação de dejetos suínos. *Rev. Cienc. Agr, San Juan de Pasto*. 2019 Jan-Jun;36(1): 422. doi: 10.22267/rcia.193601.100
2. Kampf N & Curi N. *Caracterização do Solo*. In: *Pedologia: Fundamentos/ Joao Carlos Ker* (ed). Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo; 2012. 343 p.
3. Loss A, Pereira M, Costa E, Beutler S. Soil fertility, physical and chemical organic matter fractions, natural ¹³C and ¹⁵N abundance in biogenic and physicogenic aggregates in areas under different land use systems. *Soil Research*. 2014 Sep;52(7): 685-97. doi: 10.1071/SR14045
4. Loss A, Lourenzi CR, Mergen Junior CA, Santos Junior E, Benedet L, Pereira M, Piccolo MC, Brunetto G, Lovato P, Comin J. Carbon, nitrogen and natural abundance of ¹³C and ¹⁵N in biogenic and physicogenic aggregates in a soil with 10 years of pig manure application. *Soil & Tillage Research*. 2017 166:52-58. doi: 10.1016/j.still.2016.10.007
5. Rossi CQ, Pereira MG, Moura OVT, Almeida APC. Vias de formação, estabilidade e características químicas de agregados em solos sob sistemas de manejo agroecológico. *Pesq Agropec Bras, Brasília*. 2016 Sep;51(9): 1677-85. DOI: 10.1590/S0100-204X2016000700068
6. EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Rio de Janeiro (RJ): Súmula 10. Reunião Técnica de Levantamento de Solos; 1979. 83 p.
7. Andrade LA, Machado CCC. Diagnóstico geoambiental integrado do município de Areia, Paraíba, como subsídio para o planejamento e gestão ambiental. Produto I. Relatório Técnico [Internet]; 2018 [citado em 22 fev 2022]. Disponível em:

<https://drive.google.com/file/d/1ADTeJNG8ZQtwU086v3JzOtmWZVjABtgo/view?usp=sharing>

8. Alvares CA, Stape JL, Sentelhas PC, Gonçalves JLM, Sparovek G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*. 2013 Dec;22(6): 711–28. doi:10.1127/0941-2948/2013/0507
9. Dalrymple JB. et al. The hypothetical nine-unit landsurface model. *Geomorphology*. 1968 12(1): 60-76.
10. Teixeira PC, Donagema GK, Fontana A, Teixeira WG. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro, 3ª ed. revista e ampliada. – Brasília, DF: Embrapa; 2017. 573 p.
11. Bullock P, Federoff N, Jongerius A, Stoops G, Tursina T. Handbook for soil thin section description. Albrighon: Waine Research; 1985. 152 p.
12. Kemper WD, Chepil WS. Size distribution of aggregates. In: Black CA, Evans DD, White JL, Ensminger LE, Clark FE, eds. *Methods of soil analysis – Physical and mineralogical properties, including statistics of measurement and sampling*. Madison, American Society of Agronomy. (Agronomy Series, 9); 1965. 499-10 p.
13. Warrick A.W. and Nielsen D.R. Spatial Variability of Soil Physical Properties in the Field. In: Hillel, D., Ed., *Applications of Soil Physics*, Academic Press, New York; 1980. 344 p. doi: 10.1016/B978-0-12-348580-9.50018-3
14. Saygin SD, Erpul G, Basaran M. Comparison of aggregate stability measurement methods for clay-rich soils in asatepe catchment of Turkey. *Land Degrad. Develop*. 2015 Mar;28(1): 199-06. doi: 10.1002/ldr.2383
15. Soares MDR, Campos MCC, Cunha JM, Mantovanelli BC, Oliveira IA, Brito Filho EG, Leite AFL. Variabilidade espacial da estabilidade dos agregados e matéria orgânica do solo em terra preta arqueológica sob pastagem. *Gaia Scientia*. 2018 Apr-Jun;12(2): 125-33. doi: 10.22478/ufpb.1981-1268.2018v12n2.34416.
16. Fachin PA, Gonçalves EVJ, Thomaz EL. Comparação entre dois modelos de Agitador de Yoder na avaliação de estabilidade de agregados de solo. *Rev Brasileira de Geografia Física*. 2019 May;12(2): 697-04. doi:10.26848/rbgf.v12.2.p697-704
17. Alho LC, Campos MCC, Mantovanelli BC, Silva DMP, Souza ZM, Cunha JM, Soares MDR. Physical and geospatial attributes of inceptisols and ultisols under native vegetation in Humaitá, AM, Brazil. *Bioscience Journal*. 2016 Mar-Apr;32(2): 422-30. doi:10.14393/BJ-v32n2a2016-32656
18. Silva Neto L F, Silva IF, Inda AV, Nascimento PC, Bortolon L. Atributos físicos e químicos de agregados pedogênicos e de coprólitos de minhocas em diferentes classes de solos da Paraíba. *Ciência e Agrotecnologia*. 2010 Dec;34(6): 1365-71. doi: 10.1590/S1413-70542010000600002