



INSTITUTO FEDERAL DE ALAGOAS
CAMPUS MARECHAL DEODORO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM GESTÃO AMBIENTAL

AYANNA ARAUJO SILVA

**AGREGADOS DO SOLO E ÍNDICES DE AGREGAÇÃO EM ÁREAS
DE VEGETAÇÃO NATIVA, AGRICULTURA E PASTAGEM NO
SEMIÁRIDO DE ALAGOAS**

MARECHAL DEODORO, AL

2022

AYANNA ARAUJO SILVA

AGREGADOS DO SOLO E ÍNDICES DE AGREGAÇÃO EM ÁREAS DE VEGETAÇÃO
NATIVA, AGRICULTURA E PASTAGEM NO SEMIÁRIDO DE ALAGOAS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do Curso Superior Tecnológico
em Gestão Ambiental do Instituto Federal de
Alagoas - IFAL, Campus Marechal Deodoro,
como requisito parcial para obtenção do título
de Tecnólogo em Gestão Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Stoécio Malta Ferreira
Maia

MARECHAL DEODORO, AL

2022



**Dados Internacionais de Catalogação na
Publicação
Instituto Federal de Alagoas
Campus Marechal Deodoro
Biblioteca Dorival Apratto**

S586a

Silva, Ayanna Araujo.

Agregados do solo e índice de agregação em áreas de vegetação nativa, agricultura e pastagem no semiárido de Alagoas / Ayanna Araujo Silva. – 2022.

48 f. : il., color.

1,45 megabytes (PDF)

Inclui bibliografia e figuras.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Gestão Ambiental) – Instituto Federal de Alagoas, *Campus* Marechal Deodoro, Marechal Deodoro, 2022.

Orientador: Prof. Dr. Stoécio Malta Ferreira Maia.

1. Caatinga. 2. Cultivo convencional. 3. Qualidade do solo. I. Título. II. Maia, Stoécio Malta Ferreira .

CDD:363.7

**Maria Jôse Nascimento Leite Machado
Bibliotecária – CRB 4/2125**

AYANNA ARAUJO SILVA

AGREGADOS DO SOLO E ÍNDICES DE AGREGAÇÃO EM ÁREAS DE VEGETAÇÃO
NATIVA, AGRICULTURA E PASTAGEM NO SEMIÁRIDO DE ALAGOAS

Trabalho de Conclusão de curso apresentado à
Coordenação do Curso Superior Tecnológico
em Gestão Ambiental do Instituto Federal de
Alagoas – IFAL, Campus Marechal Deodoro,
como requisito parcial para obtenção do título
de Tecnólogo em Gestão Ambiental.

Aprovado em: 06 de junho de 2022.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Stoécio Malta Ferreira Maia (Orientador)
Instituto Federal de Alagoas – IFAL

Prof. Dr. Altanys Silva Calheiros
Instituto Federal de Alagoas – IFAL

Prof. Dr. Aldair de Souza Medeiros
Universidade Federal do Maranhão – UFMA

DEDICATÓRIA

*À minha família e amigos,
especialmente ao meu esposo, Fábio,
minha mãe, Albani, (In memoriam),
tio Astrogildo (In memoriam) e
minha avó Astrogilda (In memoriam).*

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Senhor, pela força de todos os dias, e que sem Ele nada disso seria possível, e por ser o meu refúgio e a minha fortaleza diária, apesar de muitos momentos de perdas ele estava/está sempre comigo me passando forças para continuar.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Stoécio Malta Ferreira Maia, pelas correções e incentivos, paciência e sobre tudo por acreditar no meu potencial.

Ao Prof. Dr. Aldair de Souza Medeiros, pelo suporte no desenvolvimento da pesquisa e por toda a ajuda na co-orientação e nas análises desse trabalho.

Aos técnicos, Barbara e Ricardo, pela orientação no laboratório de Gestão Ambiental do Instituto Federal de Alagoas – Campus de Marechal Deodoro (IFAL-MD).

As meninas, graduadas em Gestão Ambiental, Adriane Mikaele e Josinete Leite, por me ajudarem e me estimularem no desenvolvimento desse trabalho, e ao José Cícero que foi meu parceiro nos trabalhos em dupla.

A minha família pelo suporte, e em especial ao meu esposo Fábio Alves dos Santos que sempre acordava cedo para me levar todos os dias ao ponto de ônibus às 5h.

E aos meus amigos de trabalho, Aline e Meraldo por me encorajar no momento mais difícil da minha vida, onde todos os dias eu pensava em desistir de tudo.

A todos, muito OBRIGADA!

*Busca lã e linho e trabalha de boa vontade como suas
mãos. Enganosa é a beleza e vã a formosura, mas a
mulher que teme ao Senhor, essa sim será louvado.*

(PROVÉRBIOS 31 – 13:30)

RESUMO

A expansão das atividades agropecuárias com manejo convencional na região semiárida do Brasil associado com as características intrínsecas do solo dessa região, pode influenciar de forma direta ou indireta a agregação do solo e, conseqüentemente, o armazenamento de carbono orgânico no solo (COS). Desse modo, o objetivo com o este trabalho foi avaliar os impactos promovidos pelos sistemas convencionais de uso da terra (agricultura e pastagem) sobre a estabilidade dos agregados de diferentes tipos de solos nos municípios de Traipu e Santana do Ipanema, localizados no semiárido do estado de Alagoas. Foram coletadas amostras de solo nos municípios de Traipu e Santana do Ipanema. No total foram amostradas quatro áreas. Em cada uma das áreas foram coletadas amostras em três trincheiras (repetições) em diferentes profundidades. A análise de estabilidade de agregados em água foi realizada utilizando o equipamento agitador de Yoder, e posteriormente, foram calculados os índices de agregação do solo: diâmetro médio ponderado, diâmetro médio geométrico, índice de estabilidade e índice de instabilidade. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) pelo teste F. As diferenças entre as médias foram testadas mediante o teste de Tukey ($p < 0,05$). Os resultados demonstraram que o sistema de pastagem com menos tempo (4 anos) apresentaram menores quantidades de macroagregados (diâmetro $> 2,00$ mm), e maiores distribuição de mesoagregados (diâmetro de 2,00 e 0,25mm) e microagregados (diâmetro $< 0,25$ mm) em comparação a mata nativa e as demais pastagens. Os valores do IS revelaram que o sistema agrícola com 47 apresenta condições físicas do solo mais próximo da sua forma natural nas camadas mais profundas do solo.

Palavras chaves: Caatinga, Cultivo convencional, Qualidade do Solo.

ABSTRACT

The expansion of agricultural activities with conventional management in the semi-arid region of Brazil, associated with the intrinsic characteristics of the soil in this region, can directly or indirectly influence soil aggregation and, consequently, the storage of soil organic carbon (COS). Thus, the objective of this work was to evaluate the impacts promoted by conventional land use systems (agriculture and pasture) on the stability of aggregates of different types of soils in the municipalities of Traipu and Santana do Ipanema, located in the semi-arid region of the state. From Alagoas. Soil samples were collected in the municipalities of Traipu and Santana do Ipanema. In total, four areas were sampled. In each of the areas, samples were collected in three trenches (replications) at different depths. The stability analysis of aggregates in water was performed using Yoder's agitator equipment, and later, the soil aggregation indices were calculated: weighted average diameter, geometric average diameter, stability index and instability index. The results obtained were submitted to analysis of variance (ANOVA) using the F test. Differences between the means were tested using the Tukey test ($p < 0.05$). The results showed that the pasture system with less time (4 years) presented smaller amounts of macroaggregates (diameter > 2.00 mm), and greater distribution of mesoaggregates (diameter of 2.00 and 0.25 mm) and microaggregates (diameter < 0.25 mm) compared to native forest and other pastures. The IS values revealed that the agricultural system with 47 presents physical conditions of the soil closer to its natural form in the deeper layers of the soil.

Keywords: Caatinga, Conventional tillage, Soil quality.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** - Localização da região semiárida brasileira..... 17
- Figura 2** - Localização dos municípios Traipu e Santana do Ipanema no estado de Alagoas 24
- Figura 3** - Aparelho Yoder - Agitador vertical..... 27
- Figura 4** - Distribuição relativa de agregados estáveis em água em sistemas agrícolas e vegetação nativa no município de Santana do Ipanema – AL, em diferentes camadas do solo. VN – vegetação nativa de Caatinga; A2 – sistema agrícola com 2 anos de conversão; A38 – sistema agrícola com 38 anos de uso da terra. Macroagregados - agregados com diâmetro > 2,00 mm; mesoagregados - agregados com diâmetros entre 2,00 e 0,25 mm; e microagregados - agregados com diâmetro <0,25 mm. Letras iguais maiúsculas entre os sistemas e minúsculas entre as camadas de solo para a mesma classe de agregados do solo não diferem a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey..... 29
- Figura 5** - Distribuição relativa de agregados estáveis em água em sistemas agrícolas e vegetação nativa no município de do Ipanema – AL, em diferentes camadas do solo. VN – vegetação nativa de Caatinga; A47 – sistema agrícola com 47 anos de conversão. Macroagregados agregados com diâmetro > 2,00 mm; mesoagregados - agregados com diâmetros entre 2,00 e 0,25 mm; e microagregados - agregados com diâmetro <0,25 mm. Letras iguais maiúsculas entre os sistemas e minúsculas entre as camadas de solo para a mesma classe de agregados do solo não diferem a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey 31
- Figura 6** - Distribuição relativa de agregados estáveis em água em sistemas pastagem e vegetação nativa no município de Traipu – AL, em diferentes camadas do solo. VN – vegetação nativa de Caatinga; P4 – pastagem com 4 anos. Macroagregados - agregados com diâmetro > 2,00 mm; mesoagregados - agregados com junção dos diâmetros entre 2,00 e 0,25 mm; e microagregados - agregados com diâmetro <0,25. Letras iguais maiúsculas entre os sistemas e minúsculas entre as camadas de solo para a mesma classe de agregados do solo não diferem a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey..... 35
- Figura 7** - Distribuição relativa de agregados estáveis em água em sistemas pastagem e vegetação nativa no município de Traipu-AL, em diferentes camadas do solo. VN – vegetação nativa de Caatinga; P10 – pastagem com 10 anos; P20 – pastagem com 20 anos. Macroagregados - agregados com diâmetro > 2,00 mm; mesoagregados - agregados com junção dos diâmetros entre 2,00 e 0,25 mm; e microagregados - agregados com diâmetro <0,25. Letras iguais maiúsculas entre os sistemas e minúsculas entre as camadas de solo para a mesma classe de agregados do solo não diferem a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. 37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Localização das áreas estudadas.....	25
Tabela 2. Valores médios do diâmetro médio ponderado (DMP), diâmetro médio geométrico (DMG), índice de estabilidade de agregados (IEA) e índice de sensibilidade (IS) dos sistemas de cultivo e vegetação nativa, e profundidades avaliadas no município de Santana do Ipanema – AL.....	33
Tabela 3 - Valores médios do diâmetro médio ponderado (DMP), diâmetro médio geométrico (DMG), índice de estabilidade de agregados (IEA) e índice de sensibilidade (IS) dos sistemas de cultivo e profundidades avaliadas no município de Santana do Ipanema - AL.....	34
Tabela 4 - Valores médios do diâmetro médio ponderado (DMP), diâmetro médio geométrico (DMG), índice de estabilidade de agregados (IEA) e índice de sensibilidade (IS) dos sistemas de pastagem e profundidades avaliadas no município de Traipu – AL.....	37
Tabela 5 - Valores médios do diâmetro médio ponderado (DMP), diâmetro médio geométrico (DMG), índice de estabilidade de agregados (IEA) e índice de sensibilidade (IS) dos sistemas de pastagem e profundidades avaliadas no município de Traipu – AL.....	39

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A2	Agricultura com 2 anos de uso
A38	Agricultura com 38 anos de uso
A47	Agricultura com 47 anos de uso
COS	Carbono orgânico do solo
DMG	Diâmetro Médio Geométrico
DMP	Diâmetro Médio Ponderado
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IEA	Índice de Estabilidade dos Agregados
IS	Índice de Sensibilidade
MOS	Matéria Orgânica do solo
P10	Pastagem com 10 anos
P20	Pastagem com 20 anos
P4	Pastagem com 4 anos
SPC	Sistema de Plantio convencional
SPD	Sistema de Plantio Direto
VM	Vegetação Nativa

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. OBJETIVOS	16
2.1 Geral	16
2.2 Específicos	16
3. REVISÃO DE LITERATURA	17
3.1 Região semiárida brasileira	17
3.3 Agregação do solo	21
4. MATERIAL E MÉTODOS	24
4.1 Localização e descrição das áreas experimentais	24
4.2 Amostragem de solo	26
4.3 Estabilidade dos agregados em água	26
4.4 Classificação dos agregados	27
4.4.1 DMP, DMG, IEA e IS	27
4.5 Correção de areia nos agregados do solo	28
4.6 Análises estatísticas	28
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
5.1 Efeitos da agricultura convencional na agregação do solo	29
5.2 Efeitos da pastagem na agregação do solo	35
6. CONCLUSÃO	40
REFERÊNCIAS	41

1. INTRODUÇÃO

O semiárido brasileiro foi redefinido em uma área de aproximadamente 1.323.975,4 km² (ARAÚJO et al, 2020), sendo o bioma Caatinga o que predomina nesta região brasileira (de ARAÚJO FILHO, 2011). Esse bioma abrange os estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Piauí, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia, Maranhão e o norte de Minas Gerais (ARAÚJO et al., 2020). As áreas de clima semiárido são caracterizadas pela insuficiência e irregularidade de chuvas, com elevadas temperaturas e altas taxas de evapotranspiração que influenciam a paisagem predominante (SILVA et al., 2020). A remoção indiscriminada da vegetação nativa, vem ocasionando a redução do estoque de biomassa vegetal e, conseqüentemente, da cobertura dos solos (VIRGENS et al., 2017).

Portanto somando-se essas condições edafoclimáticas ao desmatamento, têm-se então, uma condição pouco favorável para formação do solo, ou seja, acaba sendo menor a ação de intemperismo nas rochas para a formação do solo, resultando em solos não tão profundos com evidências de fragmentos rochosos, assim, mais de 80% dos solos da Caatinga são rasos e de baixa fertilidade e drenagem com concentrações excessivas de sódio trocável (ARAÚJO et al. 2020). Os elementos climáticos mais importantes no intemperismo são precipitação pluvial e temperatura, os quais determinam a natureza e a velocidade das reações químicas nas rochas e definem a formação dos solos (BECKER; BURIOL; STRECK, 2012).

O solo é o recurso natural de fundamental importância para à economia e produção de alimentos para a atual e futuras gerações (FACHIN; GONÇALVES JUNIOR; THOMAZ, 2019). Um solo bem estruturado tem relação com a formação da agregação, que é um conjunto de partículas primárias (argila, silte, areia) do solo que se aderem uma as outras mais fortemente do que a outras partículas circunvizinhas (KEMPER & ROSEANAU, 1986). A agregação não pode ser considerada uma mera reação física, química ou biológica, mas sim o reflexo da interação de todas as forças atuantes no solo. Ela pode ser considerada um indicador confiável da saúde, condição geral e qualidade do solo (PECHE FILHO, 2018).

A crescente expansão das atividades agropecuárias e seu tipo de manejo na região semiárida do Brasil, com as características intrínsecas do solo, tem levado a questionamentos da qualidade dos sistemas de manejo do solo em uso. Esta prática de mudanças no uso da terra vem aumentando a degradação, e interferindo diretamente na formação dos agregados do solo. No semiárido alagoano as atividades predominantes são a agricultura e a pastagem (IBGE, 2017).

De acordo com o, Censo Agropecuário (IBGE, 2017), houve um aumento de 3,31% de estabelecimentos rurais no semiárido brasileiro, por essa razão, cerca de 1,83 milhões de estabelecimentos rurais ocupam 36,2% do semiárido brasileiro.

De forma geral, no semiárido brasileiro a agricultura é desenvolvida a custas de um desmatamento indiscriminado, queimadas e períodos de pousio inadequados (MAIA et al., 2006), predominando nesta região a agricultura convencional e pecuária extensiva por pequenos produtores (agricultura familiar), condição que acaba por dificultar o desenvolvimento sustentável da região (ALVES et al., 2014), o que conseqüentemente aumenta a degradação das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo.

Neste sentido, a distribuição e estabilidade dos agregados do solo são importantes indicadores da qualidade física do solo, geralmente, refletem o impacto do uso e manejo da terra na agregação do solo (CASTRO FILHO et al., 2002), os agregados do solo podem ser classificados quanto ao tamanho, de acordo com a teoria da hierarquização de agregados (TISDALL & OADES, 1982). Muitos estudos (COSTA JUNIOR et al., 2011; LOSS et al., 2020) classificam os agregados apenas como sendo macroagregados (> 2 mm), mesoagregados (entre 2 e 0,25 mm) e microagregados ($< 0,25$ mm).

De acordo com de Maria et al. (2007) a estabilidade dos agregados pode ser utilizada como indicador da degradação ou recuperação da qualidade do solo, pois o manejo inadequado tende a promover a perda da estrutura original do solo, fracionando os agregados em unidades menores (microagregados). Segundo Santos et al. (2021), as diferentes práticas de manejo podem influenciar de forma direta ou indireta a agregação e, conseqüentemente, o armazenamento de carbono orgânico no solo (COS), que reflete no ciclo de formação dos agregados.

Portanto, é extremamente importante a realização de estudos que avaliem o impacto dos sistemas agropecuários (agricultura e pastagem) manejados de forma convencionais sobre a estabilidade dos agregados do solo, sobretudo em ambientes semiáridos, devido a fragilidade natural dos solos imposta pelos fatores climáticos nessas regiões. Essa análise pode ser feita por meio da avaliação da distribuição das classes de agregados e dos índices de agregação do solo: Diâmetro Médio Ponderado (DMP), Diâmetro Médio Geométrico (DMG), Índice de Estabilidade dos Agregados (IEA) e Índice de Sensibilidade (IS).

OBJETIVOS

2.1 Geral

Avaliar os impactos promovidos pelos sistemas convencionais de uso da terra (agricultura e pastagem) sobre a estabilidade dos agregados em diferentes tipos de solos nos municípios de Traipu e Santana do Ipanema, localizados no semiárido do estado de Alagoas.

2.2 Específicos

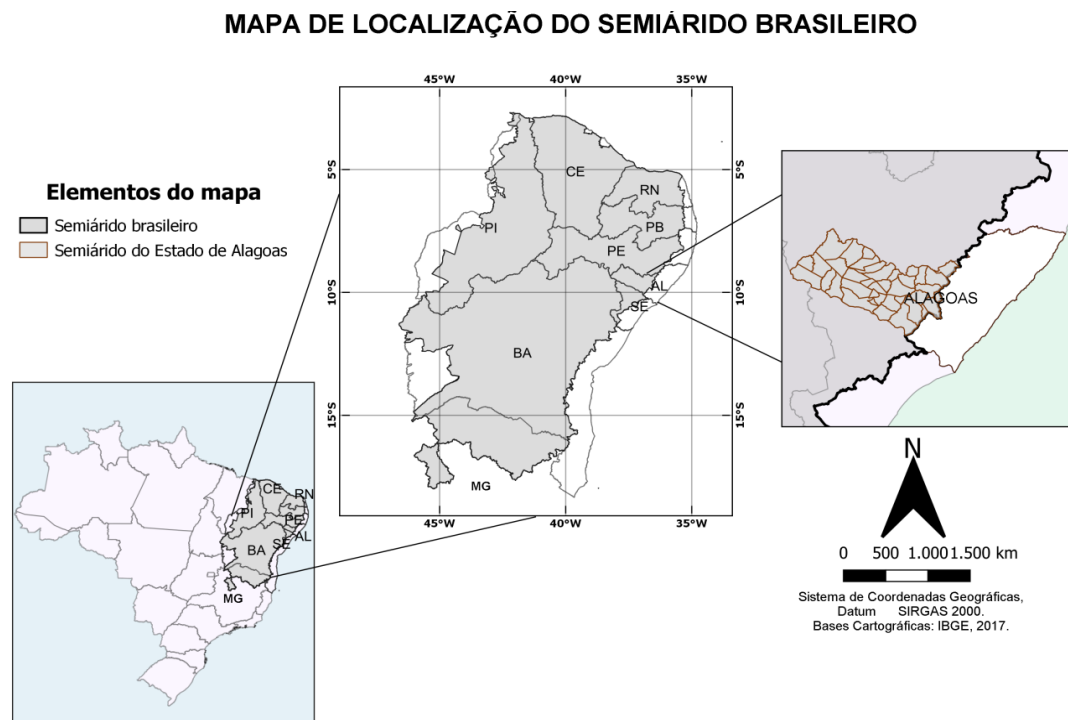
- Determinar os percentuais das diferentes classes de agregados nas áreas de vegetação nativa, agricultura e pastagem;
- Calcular os índices de agregação do solo: diâmetro médio ponderado (DMP), diâmetro médio geométrico (DMG), índice de estabilidade de agregados (IEA) e índice de sensibilidade (IS).
- Avaliar o efeito da profundidade do solo sobre a estabilidade dos agregados nas diferentes áreas de uso da terra.
- Avaliar o efeito do tempo sobre a estabilidade dos agregados do solo nas áreas de agricultura e pastagem.

2. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Região semiárida brasileira

O Semiárido brasileiro (Figura 1) estende-se pelos estados da região do Nordeste, sendo eles Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia, mais uma porção do norte de Minas Gerais, tendo uma área total de 1.323.975,4 km² (ARAÚJO et al, 2020).

Figura 1 - Localização da região semiárida brasileira.



Fonte: Autora (2022).

Segundo Lapola et al. (2014) o semiárido da região Nordeste do Brasil é caracterizado pelo bioma Caatinga, que é o único bioma exclusivamente brasileiro, ou seja, grande parte do seu patrimônio biológico não pode ser encontrada em nenhum outro lugar do planeta (MAIA et al., 2007), o qual possui aproximadamente 844.000 km² e representa 10,1% do território nacional (IBGE, 2004; ARAUJO, 2020).

O bioma Caatinga estende-se por praticamente todo o estado do Ceará (100%), Rio Grande do Norte (95%), Paraíba (92%), Pernambuco (83%), Piauí (63%), Bahia (54%), Alagoas (48%) e Sergipe (49%), além de pequenas porções em Minas Gerais (2%) e Maranhão (1%) (ARAUJO et al, 2020).

O clima predominante nessa região brasileira é o Tropical semiárido e os índices pluviométricos são extremamente variados, de 240 a 1.500 mm ano⁻¹ (UNFCCC, 2021). A Caatinga também recebe diversas nomações populares para as diferentes formações vegetais do bioma, como sertão, agreste, cariri, seridó, carrasco etc (ARAÚJO FILHO, 2013). De acordo com Silva et al. (2010) a Caatinga é considerada um dos biomas brasileiros mais ameaçados, ainda, insuficientemente conhecido, porém, sabe-se que seus danos são irreversíveis.

Especificamente no estado de Alagoas, os dados mostram que 45,3% do território alagoano, o equivalente a uma área de 1,25 milhões de hectares se encontra na porção semiárida, concentrando 37% dos municípios e aproximadamente 28,8% da população Alagoana. Estes dados conferem ao semiárido alagoano a maior densidade demográfica entre todos os estados que possuem semiárido, com um valor de 71,6 habitantes por km² (MEDEIROS et al., 2012).

A vegetação predominante nesse bioma abrange uma diversidade de árvores e arbustos espinhosos ou não, com particularidades xerófitas e armazenando água em suas estruturas como forma de nesses locais, denotando uma floresta tropical seca (COSTA; ARAÚJO; LIMA-VERDE, 2007). A cobertura do solo da Caatinga encontra-se bastante modificada, devido ao seu manejo inadequado e aos processos de extração nesta região (BARROS, 2020). Portanto, a Caatinga pode ser considerada como um dos biomas mais ameaçados, devido às perturbações antrópicas sofridas. Assim, Bertoni & Lombardi Netto (2010) relatam que o uso do solo como cultivo convencional e as pastagens tendem alterar a estrutura do solo e aumentar a vulnerabilidade para a erosão.

3.2 Mudanças de uso e manejo da terra no semiárido brasileiro

Ao longo dos anos, a vegetação da Caatinga vem sendo impactada pelas variadas atividades antrópicas (VITÓRIAS et al., 2015). Estas atividades são realizadas sem planejamento e de forma insustentável, o que acelera e intensifica o processo de degradação do bioma Caatinga. Estima-se que 60% do semiárido está coberto com vegetação de Caatinga, em fisionomias de vegetação fechada (mais densa) e sem cortes, e vegetação mais aberta, com algum grau de antropização (SANTOS, 2020).

Os sistemas de uso da terra são caracterizados por grandes mudanças espaciais e temporais, como cobertura de vegetação nativa em uma vasta área agregada sendo substituída a cada ano por uma multiplicidade de pequenas lavouras ou parcelas de pastagem, que são exploradas por alguns anos, então abandonadas por longos períodos de tempo (SAMPAIO & COSTA, 2011).

De acordo com Araujo et al., (2020) os impactos da mudança do clima sobre o setor agropecuário surgem como um fator de risco à segurança alimentar, dos pequeno agricultores. Como aponta o Censo Agropecuária Alagoas de 2017, o nordeste alagoano teve uma redução de 22,61% de hectares quando comparamos com os dados dos anos de 2006 e 2017, período da seca mais intensas que afetaram mais de 80% do municípios que abrangem o bioma Catinga (ARAUJO et al., 2020).

A maneira como o homem interfere na natureza reflete em diversas alterações na superfície terrestre, portanto, à medida que essas mudanças se intensificam a preocupação com o meio ambiente aumenta (SILVA & ROSA, 2016). No semiárido, os sistemas agrícolas em sua maioria, fazem uso do fogo como instrumento de retirada da vegetação nativa para implantação da nova cultura (SANTOS, 2020). Esta região ainda sofre com a queima de resíduos sólidos, pois algumas das regiões do semiárido não possui coleta seletiva dos resíduos, então a prática da queima tanto da vegetação como dos resíduos é muito comum, lembrando que a queima aumenta o CO₂ na atmosfera e conseqüentemente contribui para o efeito estufa.

Ressalta-se, que o agricultor familiar nordestino, no geral, não tem assistência técnica, ou a assistência técnica é deficiente, que os inviabilizam no acesso a tecnologias mais adequadas e adaptadas às condições da região, degradam as suas áreas devido à prática de limpeza do solo que como citado anteriormente, geralmente, é feita através das queimadas (SALVIANO, 2021).

De acordo com Maia et al. (2006), o cenário da agricultura no semiárido é associada a diversos fatores, tais como, desmatamento indiscriminado e queima da vegetação nativa, e

períodos inadequados de pousio. Na agricultura alagoana, o sistema do preparo do solo predominante na região com 69% ainda é o sistema de plantio convencional (SPC), as demais são cultivo direto na palha com 3%, cultivo mínimo 28% (IBGE, 2017).

O plantio convencional utiliza o desmatamento e queima da vegetação nativa, revolvimento do solo tanto para o cultivo de apenas um tipo de cultura (monocultura) ou consorciado, como para o controle de plantas daninhas, na maioria das vezes usando a tração animal, atividade muito utilizada por pequenos agricultores que cresceu 21% comparado há 20 anos (IBGE, 2017).

O sistema agrícola que prevalece nesta região é a agricultura de sequeiro, formado por pequenos agricultores familiares, que geralmente cultivam lavouras de subsistência com queima de mata nativa. Segundo Vezzani e Mielniczuk (2011), o uso agrícola convencional e a baixa adição de resíduos contribuem para a quebra dos agregados, impondo mudanças drásticas ao componente importante para estabilização do solo.

De acordo com Bortoleti Junior et al. (2015) o plantio convencional tem como objetivo básico fornecer boas condições para o plantio, emergência da cultura e eliminação de plantas daninhas. Esta prática consiste normalmente pelo revolvimento da camada superficial (0-20 cm). O revolvimento do solo geralmente ocorre por meio de arados, grades e enxada rotativa, causando a ruptura dos agregados do solo maiores em menores, o que conseqüentemente, ocasiona a degradação física, química e biológica do solo (LOSS et al., 2015). O revolvimento favorece ainda o processo de erosão, diminuindo a fertilidade devido à perda por lixiviação e reduz o carbono orgânico do solo (COS).

Outro sistema de uso da terra muito importante no semiárido brasileiro é a atividade da pecuária (bovino, caprino e ovinos). Conforme o Censo Agropecuário Alagoas (IBGE, 2017), as áreas utilização das terras (ha) no estado são de pastagens (natural e plantadas) destaca-se quando comparamos com dados há 10 anos a redução foi de 6,52% na produção pecuária em relação aos dados de 2017 (IBGE, 2006). Podendo destacar que a prática de pastagem natural, que corresponde uma pastagem não plantada, que é utilizada para o pastejo de animais já existentes no estabelecimento, essa redução ocorre pelo pouco uso de tecnologia, como manejo rotacional de rebanho que acaba acarretando na produtividade de alimentos para o próprio pasto e conseqüentemente para baixa lotação devido a degradação.

No Brasil, as pastagens representam a principal forma de antropização e, conforme Schulz et al. (2016), o sobrepastoreio é a principal forma de degradação ambiental na pecuária. De acordo com estimativas do último Censo Agropecuário Brasileiro (IBGE, 2017), a área total

de pastagens (naturais e plantadas) no Brasil é de 159,5 milhões de hectares. Contudo, Dias-Filho (2014), estima que no país há cerca de 100 milhões de hectares com nível de degradação forte ou moderado, sendo que essa situação é mais grave na região Nordeste. No estado de Alagoas, as pastagens (naturais e plantadas) ocupam uma área de aproximadamente 816.836 mil ha.

No semiárido nordestino a produção de animais segue sendo uma atividade fundamental no segmento agropecuário (ALVES et al., 2014). Dias Filho (2014) relata que na região Nordeste, 73,6% das áreas de pasto apresentam taxa de lotação de até 0,4 unidade animal por hectare, o que significa que podem ser classificadas como pastagens degradadas com nível de degradação forte ou muito forte. Segundo Nascimento Junior et al. (2014), superpastejo está ligado à degradação, consistindo na quebra do equilíbrio entre a reciclagem de nutrientes acumulado de resíduo vegetal e o crescimento de forrageira.

Segundo Alves et al. (2014) a utilização de pastagens como principal fonte de alimento para o rebanho é uma das principais características dos sistemas pecuários brasileiros. Nesse sentido, as mudanças no uso da terra são frequentemente associadas ao rápido declínio dos serviços ambientais de um ecossistema, como por exemplo, a redução do carbono do solo (MAIA et al., 2015). Desse modo, com aumento das áreas de agricultura e pastagem no semiárido, conseqüentemente, diminui a área de vegetação nativa. De acordo com Pereira e Silva Junior (2018), soma-se a dificuldade de acesso a financiamento do produtor rural como fator limitante ao desenvolvimento rural, além disso, as secas periódicas no semiárido nordestino provocam perdas nas atividades agrícolas e pecuária da região.

3.3 Agregação do solo

Os agregados do solo proporcionam maior proteção física da matéria orgânica do solo (MOS) aos organismos decompositores (ÁLVARO FUENTES et al., 2008). Os agregados são estruturas formadas pela união de partículas primárias (argila, silte, areia e matéria orgânica) que se unem por uma força mecânica e continuam unidas por uma ação de um agente cimentante da origem mineral ou orgânica (BRONICK & LAL, 2005). A agregação é responsável diretamente por atributos físicos do solo como estrutura, porosidade e densidade (ROSSETI et al. 2014), sendo fundamental na proteção da MOS, e conseqüentemente, uma peça-chave na proteção física do COS.

Deste modo, a formação dos agregados do solo ocorre por duas etapas: a primeira, ocorre por aproximação e arranjo das partículas (gravidade, raízes, ação da fauna). A segunda etapa

acontece por estabilização dos agentes cimentantes (matéria orgânica, fungos, bactérias, dejetos de minhoca), que se agrupam formando os macroagregados, sendo definido como processo de formação do solo.

Portanto, os agregados do solo, podem se iniciar pelas partículas individuais formados por núcleos (aglomeração) $< 2 \mu\text{m}$ como argila, óxidos e matéria orgânica e quando unidos formam os submicroagregados, constituídos de partículas individuais e agentes ligantes $< 20 \mu\text{m}$. Os microagregados são constituídos de partículas individuais e aglomeradas dos submicroagregados, tendo suas estruturas unidas por pêlos radiculares, hifas de fungo, raízes e substâncias produzida por microrganismos $< 250 \mu\text{m}$. Quanto os macroagregados bem estruturados, são compostos por muitos microagregados unidos principalmente por hifas de fungos e raízes $> 250 \mu\text{m}$. O tipo de vegetação também pode interferir na agregação do solo, por exemplo, as gramíneas são mais eficientes em aumentar e manter a estabilidade do que as leguminosas (CARPENEDO & MIELNICZUK, 1990).

De acordo com Salton et al., (2008) as pastagens bem manejadas, preservam grande volume de raízes nas primeiras camadas do solo, que ajuda a formar mais agregados, já para Ferreira et al. (2020) cita a importância de um sistema de plantio direto (SPD) sem revolvimento e com a manutenção de MOS para promover o aumento do teor de COT e consequentemente o estoque de carbono no solo, no ponto de vista de Falcão et al. (2020) sistema de plantio convencional (SPC) reduzem o estoque de carbono e a estruturação do solo.

A agregação do solo tem sido utilizada como um indicador de qualidade física do solo, por ser muito sensível às alterações e manejos adotados (SILVA NETO et al., 2016; FERNANDES et al., 2017; BARROS et al., 2018). De acordo com Melloni et al. (2013), os microrganismos do solo atuam diretamente na formação e estabilidade dos agregados no solo, portanto, são influenciados pelas condições ambientais e edáficas. Esses autores ainda afirmam que o ambiente solo é um grande habitat de microrganismo e, nesse contexto, a comunidade microbiana tem papel fundamental nos processos edáficos (abióticos e bióticos) como formação e estabilidade de agregados.

A estabilidade dos agregados é uma medida de resistência dos agregados à ação exercida pela água da chuva (TEIXEIRA, 2007). Dessa forma, a estrutura do solo, geralmente avaliada pela distribuição e estabilidade dos agregados, tem sido proposta como um importante indicador da qualidade do mesmo (SIX et al., 2000; SALTON et al., 2008). Neste sentido, conforme Teixeira (2007) quando o solo é descoberto fica sem sua proteção natural aos impactos das chuvas e, quando a estabilidade dos agregados é baixa facilmente ocorre a ruptura dos mesmos,

dando início ao processo de erosão. A degradação dos agregados causa ao solo diminuição das condições favoráveis ao desenvolvimento vegetal e o predispõe ao aumento da erosão hídrica (COUTINHO et al., 2010). A estabilidade de agregados é diretamente afetada pelo clima e pelo manejo do solo, fatores climáticos como precipitação, congelamento, descongelamento, secagem, e fatores de manejo como cultivo, colheita e sistemas de gerenciamento de resíduos determinam a formação e estabilidade de agregados (FACHIN; GONÇALVES JUNIOR; THOMAZ, 2019).

A estabilidade de agregados do solo caracteriza a resistência que eles oferecem à ruptura causada por agentes externos, ou seja, ação mecânica ou ação hídrica, sendo a agregação do solo de grande importância para produção agrícola, uma vez que está relacionada com a aeração do solo, desenvolvimento radicular, suprimento de nutrientes, resistência mecânica do solo à penetração, retenção e armazenamento de água (MARIA et al., 2007). De acordo com Castro Filho et al. (1998), a determinação do tamanho dos agregados e do estado de agregação do solo pode ser realizada utilizando três índices que são: diâmetro médio ponderado (DMP), diâmetro médio geométrico (DMG) e o índice de estabilidade de agregados (IEA).

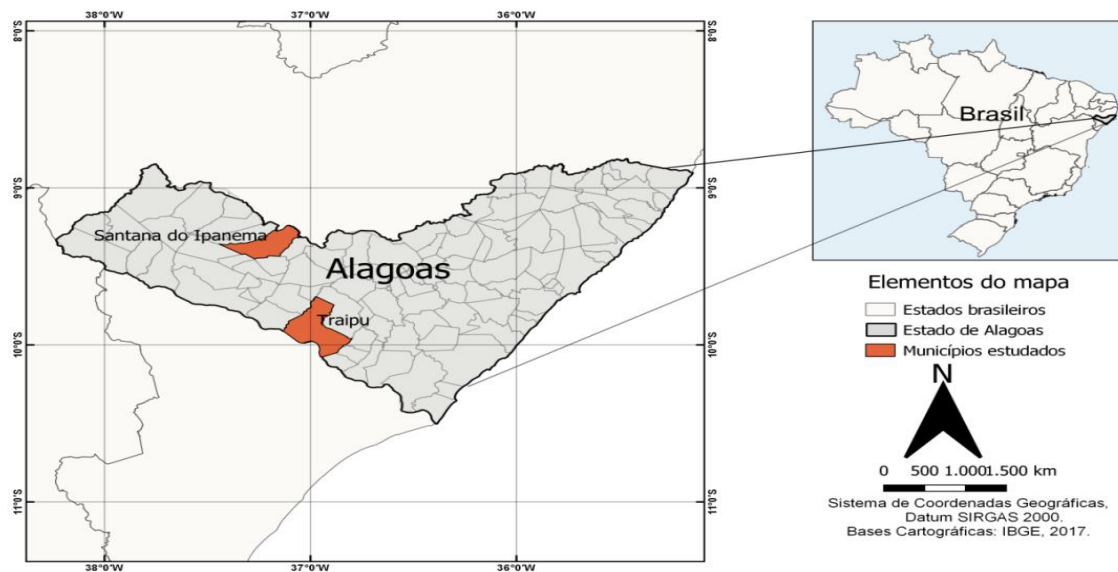
Neste sentido, Vasconcelos et al. (2010) relatam que o DMP representa a porcentagem de agregados estáveis na classe de maior diâmetro. Bertol et al. (2004) afirmam que esse índice representa a estabilidade da estrutura do solo à ação da desagregação exercida pela água, podendo indicar o grau de susceptibilidade do solo a erosão hídrica. Barreto et al. (2014) resumem o DMG como uma estimativa do tamanho da classe de agregados de maior ocorrência dentro do sistema de cultivo avaliado. Por fim, o IEA consiste em uma medida de agregação total do solo, sem considerar apenas a distribuição por classes de agregados. Sendo assim, quanto maior a quantidade de agregados < 0,25 mm, menor será o IEA (IBIAPINA et al., 2014). No entanto, além desses índices, em outros estudos também é utilizado o índice de sensibilidade (IS), em que quanto maior o valor do IS, mais próximo o solo estará de sua condição natural (BOLINDER et al., 1999).

3. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 localização e descrição das áreas experimentais

O estudo foi conduzido na região semiárida do estado de Alagoas, nos municípios de Traipu (-9°58'15,8138" S; -37°0'21,6205" W) e Santana do Ipanema (-9°22'20,2238" S; 37°14'43,4652" W) (Figura 2). Conforme a classificação climática, esses municípios são caracterizados como BSh (KÖPPEN, 1984), clima de estepe local, com temperatura média anual de 25 °C e precipitação média anual de 600 a 700 mm (IBGE, 2013).

Figura 2 - Localização dos municípios Traipu e Santana do Ipanema no estado de Alagoas (AL).



Fonte: Autora (2022).

Em cada município foram coletadas amostras de solo em áreas de vegetação nativa, agricultura e pastagem. Os detalhes de cada área estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Localização das áreas estudadas.

Traipu/AL		
Área 1 - Fazenda Asa Branca, parte baixa		
Áreas:	Localizada	Classificação do solo
Vegetação Nativa (VN)	09°55'31,8" S e 37°03'14,6" W, com a altitude de 133m	Planossolo
Pastagem com 10 anos (P10)	09°55'33,8" S e 37°03'17,1" W, com a altitude de 137m	
Pastagem com 20 anos (P20)	09°55'34,8" S e 37°03'17,1" W, com a altitude de 138m	
Área 2 - Fazendas Asa Branca, parte alta		
Vegetação Nativa (VN)	09°54'41,0" S e 37°01'50,9" W, com a altitude de 157m	Neossolo Litólico
Pastagem com 4 anos (P4)	09°54'41,5" S e 37°01'49,7" W, com a altitude de 157m	
Santana Do Ipanema/AL		
Área 1 - Estação Experimental da EMATER		
Áreas:	Localizada	Classificação do solo
Vegetação Nativa (VN)	09°24'11,6" S e 37°14'12,8" W, com a altitude de 239m	
Agricultura com 47 anos (A47)	09°24'12,3" S e 37°14'22,2" W, com a altitude de 233m	
Área 2 - Fazenda São Salvador		Planossolo
Vegetação Nativa (VN)	09°21'50,6" S e 37°17'52,3" W, com a altitude de 372m	
Agricultura com 2 anos (A2)	09°21'51,7" S e 37°17'53,8" W, com a altitude de 376m	
Agricultura com 38 anos (A38)	09°21'50,7" S e 37°17'54,6" W, com a altitude de 373m	

Fonte: Autora (2022).

No município de Traipu, em todas as áreas de pastagem (P10, P20 e P4), a vegetação nativa foi desmatada por máquinas agrícolas, queimada e em seguida feito aração e plantio do capim pangola (*Digitaria decumbens*), essas áreas são utilizadas apenas como pastagem.

As áreas agrícolas no município de Santana do Ipanema, apresentam manejo diferente. Por exemplo, a área com 2 anos de uso (A2) foi desmatada com trator de esteira, queimada e arada para o cultivo de milho e feijão. Já na área com 38 anos de uso (A38) o desmatamento da vegetação nativa ocorreu manualmente, sendo queimada e realizada aração. Esta área foi cultivada por 2 anos e permanecendo em pousio por igual período, sendo usada também com pastagem para animais bovinos e caprinos após as colheitas. As principais culturas produzidas nessa área são milho e feijão. A área vegetação nativa

usada como referência dessas áreas agrícolas possui 30 anos de preservação, porte médio baixo, também destinada a pastejo animal.

A área com 47 anos de uso (A47) pertencente à estação experimental do Instituto de Inovação para o Desenvolvimento Rural Sustentável de Alagoas (EMATER-AL), a qual foi desmatada convencionalmente, inicialmente foi cultivada com algodão, após um período de cultivo (não foi informado exatamente quanto), passou 10 anos usados como pastagem para caprinos e nos últimos 20 anos são utilizados para o plantio de milho e feijão. A vegetação nativa dessa área é preservada pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA).

4.2 Amostragem de solo

Em cada uma das áreas (vegetação nativa, agricultura e pastagens) foram coletadas as amostras de solo em três mini perfis de solo dispostos em um quadrado de ~ 100 x 100 m para a distribuição das trincheiras. No solo classificado como Planossolo as amostras foram coletadas nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-30, 30-50 cm, enquanto no Neossolo Litólico por se tratar de um solo raso, as profundidades de coleta foram 0-10, 10-20, 20-30, e 30-40 cm. As amostras foram identificadas e armazenadas em sacos plásticos, totalizando assim 120 amostras. Em seguida todas as amostras foram secas ao ar por 48 horas e posteriormente passadas por peneira de 4 mm de diâmetro de malha (EMBRAPA, 1997), para retirada de galhos, raízes, pedras, etc.

4.3 Estabilidade dos agregados em água

Para a avaliação da distribuição de agregados estáveis em água foi utilizado o método descrito pela Embrapa (1997), o qual utiliza as seguintes classes de diâmetros: 4,76-2,0 mm, 2,0-1,0 mm, 1,0-0,50 mm, 0,50-0,25 mm e < 0,25mm; e as amostras foram submetidas à agitação vertical no aparelho Yooder (Figura 3).

Figura 3 - Aparelho Yoder - Agitador vertical.



Fonte: Autora (2022).

4.4 Classificação dos agregados

A classificação dos agregados foi realizada conforme metodologia proposta por Costa Junior et al. (2012), sendo avaliada a distribuição em três classes de agregados: macroagregados (diâmetro $>2,00$ mm), mesoagregados, ou seja, junção dos agregados nos diâmetros entre 2,00 e 0,25 mm) e microagregados (diâmetro entre 0,25 e 0,05 mm). Os valores obtidos no peneiramento foram usados para cálculo dos diâmetros.

4.4.1 DMP, DMG, IEA e IS

Com os dados de massa seca de cada classe de agregados, foi calculado o diâmetro médio ponderado (DMP) equação (1), diâmetro médio geométrico (DMG) equação (2) e índice de estabilidade de agregados (IEA) equação (3), de acordo com as seguintes equações (LOSS et al., 2014). Já o índice de sensibilidade (IS) equação (4), foi determinado conforme Bolinder et al. (1999).

$$DMP = \sum_{i=1}^n (x_i \cdot w_i) \quad (1)$$

Em que: w_i = proporção de cada/ classe em relação ao total; x_i = diâmetro médio das classes (mm).

$$DMG = \text{EXP} \frac{\sum_{i=1}^n w_p \cdot \log x_i}{\sum_{i=1}^n w_p} \quad (2)$$

Em que: w_p = peso dos agregados de cada classe (g); x_i = diâmetro médio das classes.

$$IEA = \frac{WDS - w_{p25} - sand}{WDS - Sand} \quad (3)$$

Em que: w_{p25} = peso seco dos agregados da classe <0.25 mm; PAS = peso da amostra seca. Para o cálculo de IEA foi descontada a areia de acordo com Castro Filho et al. (1998).

$$IS = \frac{DMP_T}{DMP_o} \quad (4)$$

Em que IS= índice de sensibilidade; DMP_T = valor do DMP do solo de cada sistema agropecuário, e DMP_o = valor do DMP do solo na cobertura original (vegetação nativa).

4.5 Correção de areia nos agregados do solo

A correção de areia foi realizada para cada classe de tamanho do agregado. A correção da quantidade de areia foi realizada conforme metodologia proposta pela Embrapa (1997).

4.6 Análises estatísticas

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) pelo teste de F. As diferenças entre as médias foram analisadas mediante o teste de Tukey ($p < 0,05$). Para estas análises foi utilizado o programa estatístico SISVAR.

entre as camadas de solo para a mesma classe de agregados do solo não diferem a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Observa-se na Figura 4 que a distribuição de macroagregados em todas as profundidades do sistema A2 foram superiores a A38 exceto a camada de 30-50 cm, esse comportamento pode estar ligado ao tempo do uso, com tendência de quanto menor for o uso da terra, mais alto será a porcentagem de agregados maiores. Resultados semelhantes foram encontrados por Vezzani e Mielniczuk (2011), que observaram aumento significativo dos macroagregados e pequena redução de microagregados

Analisando a classe de mesoagregados, observa-se que na profundidade superficial do solo entre 0-10 cm, apresentou maior distribuição de mesoagregados nos tratamentos A2 e A38 quando comparamos com VN, e na profundidade 10-20 cm foi maior apenas no tratamento A38. Vezzani e Mielniczuk (2011) observaram que a degradação da estrutura do solo já se inicia pela conversão da vegetação nativa em lavoura com a redução de macroagregados e aumento dos microagregados.

Por sua vez, os microagregados apresentaram os maiores valores no sistema A38, em todas as profundidades, porém, não diferem estatisticamente da A2 e VN. Vezzani e Mielniczuk (2011) afirmam que a redução drástica da macroagregação ($> 0,25$ mm) no sistema agrícola, é provocada pela quebra mecânica dos agregados e à redução da matéria orgânica em decorrência do intenso revolvimento do solo, quando ocorre a diminuição de macroagregados, aumenta a proporção de microagregados, conforme observado neste estudo no tratamento A38 sendo superior aos tratamentos VN e A2.

De acordo com os dados apresentados na Figura 5, observa-se que o sistema agrícola com 47 anos de implantação apresentou diferenças estatisticamente significativas entre as classes de macroagregados, mesoagregados e microagregados em relação à área de vegetação nativa (VN). O sistema agrícola (A47) levou ao aumento dos macroagregados nas camadas 10-20 e 20-30cm e redução na camada de 0-10 cm ($p < 0,05$), em relação a vegetação nativa. O revolvimento intensivo por muitos anos no preparo convencional além de destruir os agregados, elimina os resíduos vegetais presente na superfície do solo (LOSS et al., 2014). Vale ressaltar que o sistema A47 passou por período de aproximadamente 10 anos sob pastagem de caprinos, e posteriormente foi usada como área agrícola, portanto, com a prática de revolver o solo para descompactação, conseqüentemente houve a quebra dos macroagregados.

Os resultados de mesoagregados no tratamento A47 foi diferente estatisticamente apenas para a profundidade 30-50 cm e um aumento na camada 0-10 cm, contudo, teve uma redução

nas demais profundidades. Quando comparamos a distribuição com VN, podemos observar que na profundidade 0-10 cm a distribuição foi muito inferior no sistema A47, isso estar relacionando a distribuição dos agregados, que chegou a 78% de macroagregados na VN apenas na profundidade 0-10 cm, resultando na baixa redução de distribuição de mesoagregados e microagregados na camada superficial.

Os maiores valores dos microagregados ocorreram nas profundidades 0-10, 20-30 e 30-50 cm, exceto 10-20 cm no tratamento A47 quando comparado a VN, Costa Jr. et al., (2012), encontraram padrão similares na distribuição de microagregados para o sistema de plantio convencional.

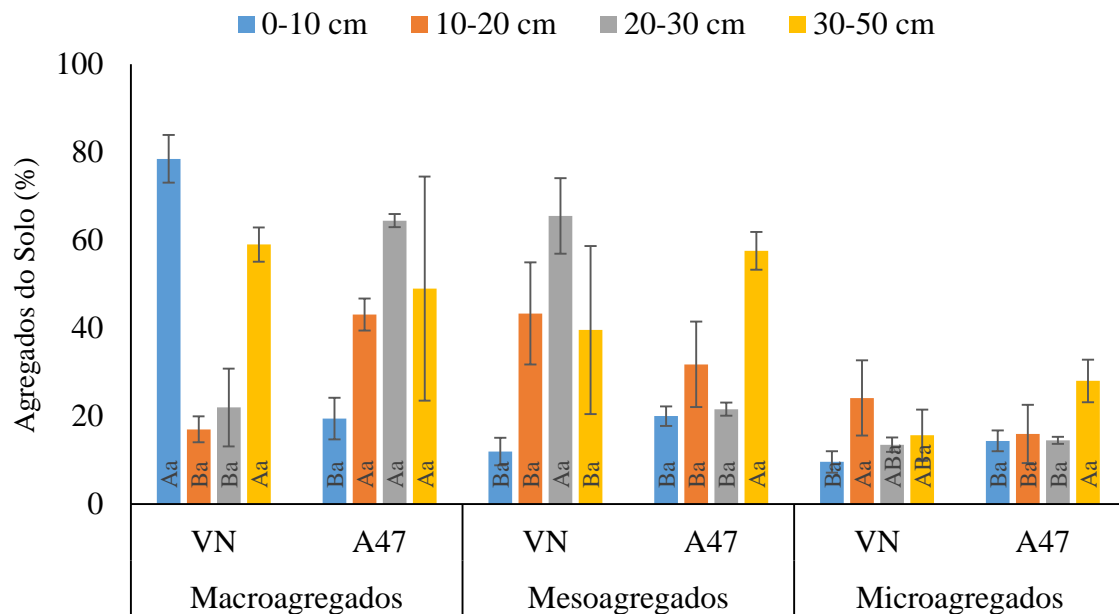


Figura 5. Distribuição relativa de agregados estáveis em água em sistemas agrícolas e vegetação nativa no município de do Ipanema – AL, em diferentes camadas do solo. VN – vegetação nativa de Caatinga; A47 – sistema agrícola com 47 anos de conversão. Macroagregados agregados com diâmetro > 2,00 mm; mesoagregados - agregados com diâmetros entre 2,00 e 0,25 mm; e microagregados - agregados com diâmetro < 0,25 mm. Letras iguais maiúsculas entre os sistemas e minúsculas entre as camadas de solo para a mesma classe de agregados do solo não diferem a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

Quanto aos índices de agregação (DMP, DMG, IEA e IS), observou-se no presente trabalho que a área agrícola com 38 anos (A38) apresentou os menores valores de DMP e DMG, em todas as profundidades avaliadas. No sistema A2 os valores aumentaram ou foram semelhantes quando comparados aos dados da VN. A área de VN na profundidade de 20-30 cm apresentou menor índice de DMP e DMG quando comparado a A2 (Tabela 2). De acordo com

Costa Jr. et al. (2012), solos manejados com sucessão de cultivos apresentam maiores quantidades de mesoagregados e microagregados e conseqüentemente, menores valores de DMP e DMG, devido a ruptura dos macroagregados.

O IEA teve um aumento significativo de 32% no sistema de A38 anos na profundidade de 0-10 cm quando comparado a VN, foi observado até a camada 10-20 cm os maiores valores IEA nesse sistema de uso da terra. Quanto ao IS, não foi observado influência das profundidades sobre esse índice, mas destaca-se os maiores valores de IS para A2 quando comparados com A38. Diante dos resultados nota-se que quanto menor o período de preparo do solo com práticas convencionais de revolvimento do solo (aração e gradagem), os valores de IS estão mais próximo ao das condições naturais.

Tabela 2. Valores médios do diâmetro médio ponderado (DMP), diâmetro médio geométrico (DMG), índice de estabilidade de agregados (IEA) e índice de sensibilidade (IS) dos sistemas de cultivo e vegetação nativa, e profundidades avaliadas no município de Santana do Ipanema – AL.

Prof. (cm)	VN			A2				A38			
	Diâmetro (mm)		Índice (%)	Diâmetro (mm)		Índices (%)		Diâmetro (mm)		Índice (%)	
	DMP	DMG	EIA	DMP	DMG	EIA	IS	DMP	DMG	EIA	IS
0-10	2,01 Aa	1,66 Aa	47,72 Ab	2,24 Aa	1,63 Aa	54,12 Aa	1,71 Aa	1,81 Aa	1,57 Aa	63,02 Aa	1,19 Aa
10-20	2,34 Aa	1,60 Aba	67,3 Aba	2,41 Aa	1,63 Aa	57,69 Aa	1,05 Aa	1,75 Aa	1,56 Aa	68,89 Aa	0,74 Aa
20-30	1,72 Aa	1,53 Ab	76,65 Aa	2,12 Aa	1,60 Aa	67,40 Aa	1,29 Aa	1,61 Aa	1,52 Aa	72,22 Aa	0,95 Aa
30-50	2,13 Aa	1,58 Aba	69,14 Aba	2,11 Aa	1,58 Aa	68,56 Aa	1,04 Aa	2,16 Aa	1,62 Aa	58,06 Aa	1,06 Aa

VN – vegetação nativa de Caatinga; A2 – sistema agrícola com 2 anos de conversão; A38 – sistema agrícola com 38 anos de uso da terra. Letras iguais maiúsculas entre os sistemas e minúsculas entre as camadas de solo não diferem a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Observa-se na Tabela 3 que o diâmetro médio ponderado (DMP) não apresentou diferença estatística entre os sistemas, apenas na camada superficial do solo (0-10 cm), sendo observado nessa camada, o menor valor no sistema com 47 anos de cultivo (A47). O diâmetro médio geométrico (DMG) e o índice de estabilidade de agregados (IEA) não diferiram estatisticamente entre os sistemas avaliados. As profundidades não afetaram de forma significativa o IS no sistema A47. Resultados inferiores foram encontrados por Fontana et al. (2010), e justificam que o efeito do sistema de preparo convencional reflete sobre a estrutura do solo devido ao revolvimento.

O IEA apresentou diferença entre o tempo de uso, sendo semelhante para o solo da profundidade 0-10 cm no sistema agrícola A47 e na VN, o resultado superior foi observado na profundidade 10-20 cm, mas na profundidade 20-30 e 30-50 cm os resultados foram inferiores quando comparamos a VN. Resultado semelhante foi observado por Loss et al. (2014), que verificaram menores valores aos índices de estabilidade de agregados estáveis para o sistema convencional nas camadas superficial (0-10 cm).

As Tabelas 2 e 3 mostram os IS, e observa-se que a área A47 apresentou menor valor na superfície do solo (0-10 cm), já nas demais profundidades apresentou maiores valores em relação os sistemas A2 e A38. Avaliando-se as áreas A2 e A38 que são áreas vizinhas (mesma fazenda), mas com tempo de uso da terra diferentes, verifica-se que a área com menor tempo de uso (A2) apresenta valores da agregação do solo mais próximos das condições naturais nas profundidades 0-10, 10 – 20, 20 -30 cm.

Tabela 3 - Valores médios do diâmetro médio ponderado (DMP), diâmetro médio geométrico (DMG), índice de estabilidade de agregados (IEA) e índice de sensibilidade (IS) dos sistemas de cultivo e profundidades avaliadas no município de Santana do Ipanema - AL.

Prof. (cm)	VN			A47			
	Diâmetro (mm)		Índice (%)	Diâmetro (mm)		Índice (%)	
	DMP	DMG	EIA	DMP	DMG	EIA	IS
0-10	2,79 Aa	1,66 Aa	55,38 Aa	1,63 Aa	1,59 Aa	55,01 Aa	0,59 a
10-20	1,29 Aa	1,57 Aa	58,18 Aa	2,14 Aa	1,58 Aa	68,75 Aa	1,92 a
20-30	1,76 Aa	1,53 Aa	75,05 Aa	1,90 Aa	1,54 Aa	68,33 Aa	1,27 a
30-50	1,89 Aa	1,56 Aa	71,03 Aa	1,64 Aa	1,56 Aa	63,89 Aa	1,13 a

VN – vegetação nativa de Caatinga; A47 – sistema agrícola com 47 anos de conversão. Letras iguais maiúsculas entre os sistemas e minúsculas entre as camadas de solo não diferem a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

5.2 Efeitos da pastagem na agregação do solo

No sistema de pastagem com 4 anos (P4) de implantação, pode-se observar que na profundidade superficial do solo (0-10 cm) houve diferença significativa na classe de macroagregados em relação a VN, entretanto nas profundidades 20-30 e 30-40 cm os valores foram semelhantes estatisticamente. De acordo com Deneff & Six (2005) e Salton et al. (2008) além da força mecânica que estabilizam os agregados do solo, há também a capacidade da pastagem de manter a agregação por meio do efeito do crescimento das raízes que ajuda no processo de agregação, estimula a atividade microbiana e aumenta a quantidade de agentes de agregação do solo.

Para a distribuição de mesoagregados, observa-se que os resultados apresentaram diferenças significativas na profundidade 0-10, já na profundidade 20-30 cm não houve diferença, mas foi maior a VN, os maiores valores sendo observados no sistema P4 em relação a VN, porém nas demais camadas os valores são similares. Quanto aos microagregados, observa-se que os valores tanto na área de VN quanto P4 foram semelhantes estatisticamente em todas as profundidades avaliadas (Figura 6).

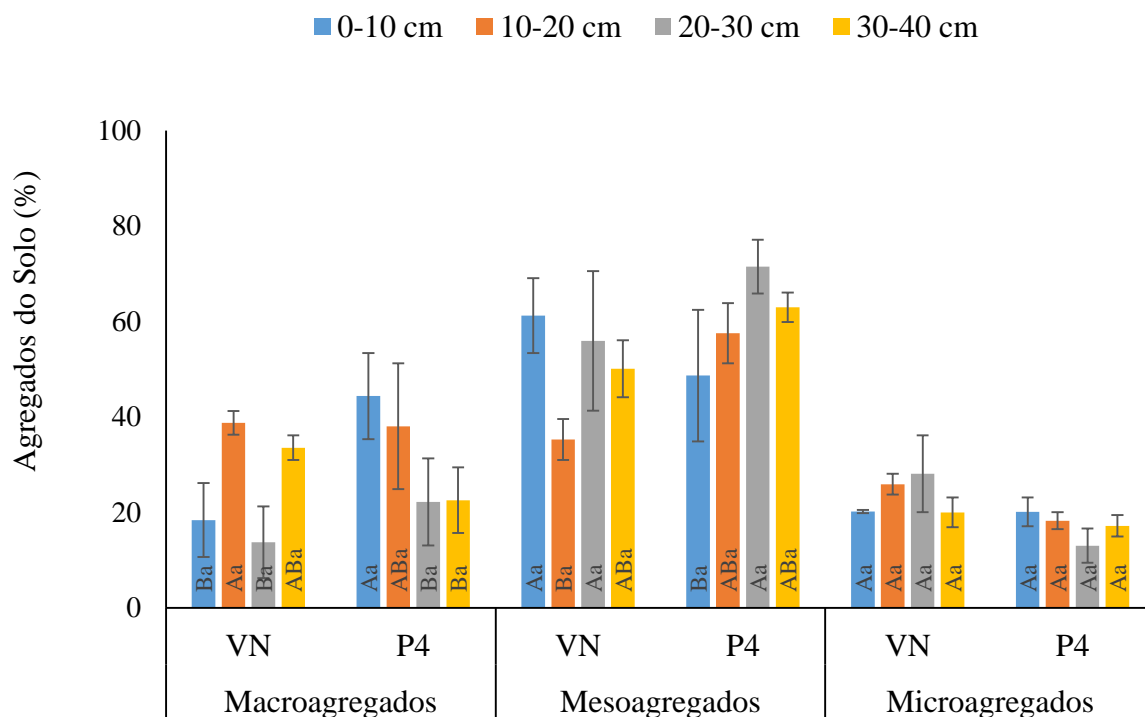


Figura 6. Distribuição relativa de agregados estáveis em água em sistemas pastagem e vegetação nativa no município de Traipu – AL, em diferentes camadas do solo. VN – vegetação nativa de Caatinga; P4 – pastagem com 4 anos. Macroagregados - agregados com diâmetro > 2,00 mm; mesoagregados - agregados com junção dos diâmetros entre 2,00 e 0,25 mm; e microagregados - agregados com diâmetro < 0,25. Letras iguais maiúsculas entre os sistemas e minúsculas entre as camadas de solo para a mesma classe de agregados do solo não diferem a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

De acordo com a Figura 7, a distribuição das classes de agregados do solo estáveis em água, na segunda área de pasto no município de Traipu, indicou maior porcentagem de macroagregados (>2,0 mm) na área com 20 anos de uso (P20) em todas as profundidades, exceto 30-50 cm. Observa-se ainda que no pasto com 10 anos de implantação (P10) nas profundidades de 10-20, 20-30 e 30-50 cm os valores foram inferiores em comparação a VN e P20. A distribuição de macroagregados na camada de superficial do solo (0-10 cm) apresentaram os maiores resultados na VN, sendo superior significativamente do que P10 e P20. O aumento de macroagregados nas áreas de pastagem, provavelmente está relacionado à compactação da camada superficial do solo (aproximação por força mecânica) exercida pelo pisoteio dos animais. Esse comportamento também foi observado por Carpenedo & Mielniczuk (1990). Solos com índice alto de compactação dificulta/diminui a aeração e infiltração de água no solo, importantes para os componentes orgânicos e microrganismos, que contribuem para formação dos agregados de maior diâmetro, que é fundamental para proteção do carbono do solo.

Na distribuição de mesoagregados, mostrou-se maior quantidade da classe de agregados para as três áreas analisadas, quando comparadas com macroagregados. Nota-se que a área P10 apresentou semelhança estatisticamente nas profundidades 20 – 30 e 30 – 50 cm, com diferença significativa também nas demais profundidades. Na área P20 as distribuições dos agregados foram semelhantes estatisticamente para todas as profundidades. Em relação a distribuição dos microagregados, observa-se que os tratamentos apresentaram distribuição semelhantes, porém no tratamento P20 foi observado diferença significativa na profundidade 30-50 cm.

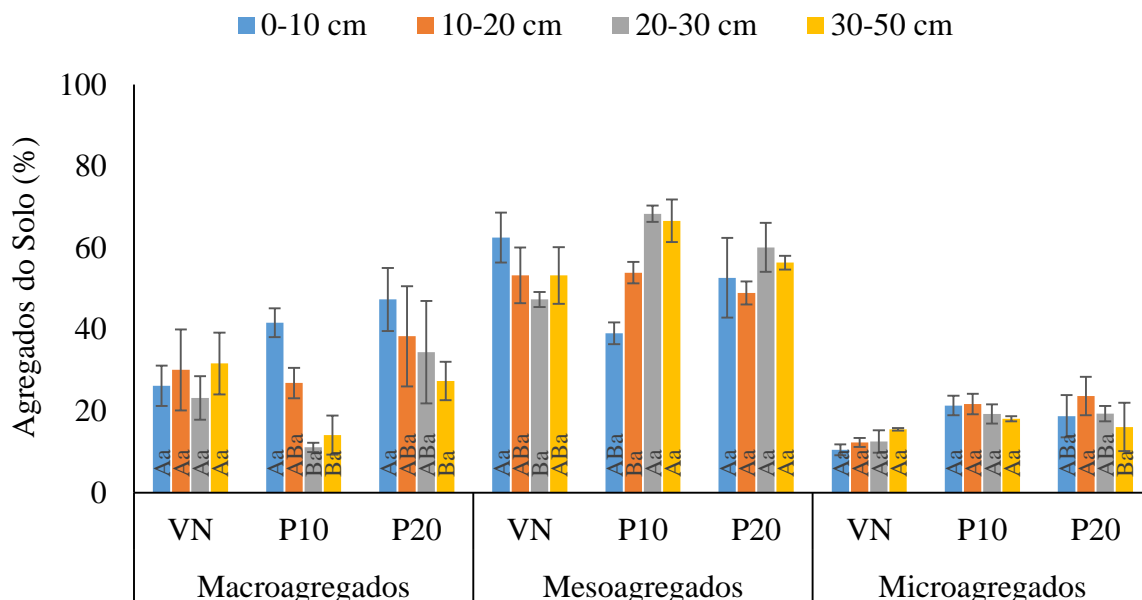


Figura 7. Distribuição relativa de agregados estáveis em água em sistemas pastagem e vegetação nativa no município de Traipu-AL, em diferentes camadas do solo. VN – vegetação nativa de Caatinga; P10 – pastagem com 10 anos; P20 – pastagem com 20 anos. Macroagregados - agregados com diâmetro > 2,00 mm; mesoagregados - agregados com junção dos diâmetros entre 2,00 e 0,25 mm; e microagregados - agregados com diâmetro <0,25. Letras iguais maiúsculas entre os sistemas e minúsculas entre as camadas de solo para a mesma classe de agregados do solo não diferem a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Na Tabela 4 encontra-se os valores dos índices de agregados, observa-se que não houve diferença estatisticamente significativa entre os dois sistemas avaliados, porém, o DMP e DMG foram maiores no sistema P4 na camada 0-10 cm. Resultado semelhante foi encontrado por Loss et al. (2014), nas áreas de mata nativa e pastagem. Por sua vez, os resultados do IEA foram maiores no P4 em todas as profundidades, quando comparado a VN.

Tabela 4 - Valores médios do diâmetro médio ponderado (DMP), diâmetro médio geométrico (DMG), índice de estabilidade de agregados (IEA) e índice de sensibilidade (IS) dos sistemas de pastagem e profundidades avaliadas no município de Traipu – AL

Prof. (cm)	VN			P4			
	Diâmetro (mm)		Índice (%)	Diâmetro (mm)		Índice (%)	
	DMP	DMG	EIA	DMP	DMG	EIA	IS
0-10	1,54 Aa	1,51 Aa	68,05 Aa	1,63 Aa	1,53 Aa	68,46 Aa	1,21 a
10-20	1,50 Aa	1,56 Aa	61,14 Aa	1,47 Aa	1,51 Aa	70,64 Aa	0,96 a
20-30	1,60 Aa	1,56 Aa	59,54 Ba	1,24 Aa	1,46 Aa	81,00 Aa	0,89 a
30-40	1,54 Aa	1,55 Aa	64,80 Aa	1,28 Aa	1,49 Aa	75,64 Aa	0,84 a

VN – vegetação nativa de Caatinga; P4 – pasto com 4 anos. Letras iguais maiúsculas entre os sistemas e minúsculas entre as camadas de solo não diferem a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Observa-se que na Tabela 4, que não houve diferença entre os tratamentos para DMP e DMG, apresentando os maiores valores na área de VN, exceto na camada 30-50 cm. A VN apresentou resultados do IEA maiores em todas as profundidades, mas não houve diferença estatística em relação ao P10 e P20. Nota-se ainda diferença entre os resultados para o tempo de implementação da pastagem, havendo diferença significativa na camada 0-10 cm, em que a área P20 apresentou os maiores valores.

Em relação ao IS constata-se que os maiores valores foram encontrados na área P10 nas camadas de 0-10, 10-20 e 20-30 cm em relação a P20, portanto quanto mais tempo de pastagem, fica menos próxima as suas condições naturais.

Avaliando os resultados das duas áreas com pastagem na cidade de Traipu – AL, constata-se que o solo na área com 4 anos de uso (P4) está mais próximo das suas condições naturais, e que o tempo de uso da terra influencia os resultados dos índices de sensibilidade. Sendo assim, o Neossolo Litólico apresenta os maiores valores de IS nas camadas 0-10 e 20-30 cm quando comparado ao Planossolo (Tabela 5)

Tabela 5 - Valores médios do diâmetro médio ponderado (DMP), diâmetro médio geométrico (DMG), índice de estabilidade de agregados (IEA) e índice de sensibilidade (IS) dos sistemas de pastagem e profundidades avaliadas no município de Traipu – AL.

Prof. (cm)	VN			P10				P20			
	Diâmetro (mm)		Índice (%)	Diâmetro (mm)		Índice (mm)		Diâmetro (mm)		Índice (%)	
	DMP	DMG	EIA	DMP	DMG	EIA	IS	DMP	DMG	EIA	IS
0-10	1,67 Aa	1,53 Aa	83,27 Aa	1,76 Aa	1,56 Aa	62,36 Aa	1,05 Aa	1,66 Aa	1,52 Aa	72,72 ABa	0,98 Aa
10-20	1,98 Aa	1,53 Aa	80,91 Aa	1,44 Aa	1,54 Aa	69,35 Aa	0,79 Aa	1,63 Aa	1,56 Aa	70,22 Aa	0,61 Aa
20-30	1,52 Aa	1,50 Aa	78,80 Aa	1,50 Aa	1,49 Aa	76,33 Aa	1,08 Aa	1,43 Aa	1,48 Aa	73,46 Aa	1,16 Aa
30-50	1,51 Aa	1,51 Aa	80,53 Aa	1,27 Aa	1,47 Aa	76,22 Aa	0,86 Aa	1,92 Aa	1,57 Aa	72,28 Aa	1,25 Aa

VN – vegetação nativa de Caatinga; P10 – pasto com 10 anos; P20 pasto com 20 anos. Letras iguais maiúsculas entre os sistemas e minúsculas entre as camadas de solo não diferem a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

5. CONCLUSÃO

Solos manejados com pastagem por menos tempo (4 anos) apresentaram menores quantidades de macroagregados (diâmetro $>2,00$ mm), e maiores distribuição de mesoagregados (diâmetro de 2,00 e 0,25mm) e de microagregados (diâmetro $< 0,25$ mm) em comparação a vegetação nativa e as demais pastagens. Apenas na camada 0-10 cm, o solo com pastagem com 10 anos apresentou maior quantidade de macroagregado, quando comparado com pasto com 20 anos.

Os resultados mostram que os agregados do solo da vegetação nativa e sistema agrícola encontra-se em proporções semelhantes, com as maiores porcentagens de agregados na classe mesoagregado (2,00-0,25 mm), destacando-se ainda que sistema agrícola com menos tempo de uso (A2), indicou predominância de macroagregados em todas as profundidades.

A estabilidade dos agregados foi reduzida quando o solo passou da sua forma natural para os sistemas do uso do solo, mas o sistema de pastagem possibilitou aumento dos índices de do solo (DMP, DMG, IEA) em algumas profundidades na área de pasto com 4 anos.

Não foram observadas diferenças significativas entre os índices de agregados do solo (DMP, DMG, IEA) da mata nativa e sistemas agrícolas convencionais.

Os valores de IS revelaram que o sistema agrícola com 47 apresenta condições físicas do solo mais próximo da sua forma natural nas camadas mais profundas do solo. Embora a pastagem com menos tempo uso (4 anos) mostrou-se ser mais próximos as condições naturais.

REFERÊNCIAS

ÁLVARO-FUENTES, J., ARRÚE, JL, GRACIA, R., & LÓPEZ, MV. Efeitos do manejo do solo na dinâmica agregada no semiárido de Aragão (NE Espanha). **Ciência do meio ambiente total** , v. 378, n. 1-2, pág. 179-182, 2007.

ARAÚJO FILHO, J. **Manejo pastoril sustentável da caatinga**. IICA, Brasilia (Brasil) Projeto Dom Helder Camara, Recife (Brasil) Projeto SEMEAR, Brasilia (Brasil) Associação Brasileira de Agroecologia, Rio Grande do Sul (Brasil), 2013.

ARAUJO, Andrea & Gross, Alexandra & Molleta, Danielly & Ferreira Costa, Carlos & Melo, Lidiane & Rathmann, Régis & Martins, Susian & Marengo, Jose & Bursztyn, Marcel & Santos, Diogo & Coutinho, Sonia & Ramos, José Beldson. (2020). **Quarta Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC)**.

ARAÚJO, D. R., MION, R. L.; SOMBRA, W. A., DE ANDRADE, R. R.; AMORIM, M. Q. Variabilidade espacial de atributos físicos em solo submetido à diferentes tipos de uso e manejo. *Revista Caatinga*, v. 27, n.2, p.101-115, 2014.

AZEVEDO, PV De; SILVA, B. B. Da; RODRIGUES, MFG Previsão das chuvas de outono no estado do Ceará. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 13, n. 1, p. 19-30, 1998.

BARRETO, P.A.B.; GAMA-RODRIGUES, E.F.; GAMA-RODRIGUES, A.C. Carbono das frações da matéria orgânica em solos sob plantações de eucalipto de diferentes idades. **Scientia Forestalis**, v.42, n.104, p.581-590, 2014.

BARROS, Á. R. D. A. Diversidade de ácaros edáficos Gamasina (Mesostigmata) no bioma Caatinga no estado de Alagoas, com descrição de uma espécie nova, e elaboração de um catálogo para a família Podocinidae. 2020.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo**. São Paulo: Ícone, 2010.

BORTOLETI JUNIOR, A., GONÇALVES, L. G., RIBEIRO, M. A. R., AFONSO, R. O., SANTOS, R. F., & SOUZA, C. S. S. A importância do plantio direto e do plantio convencional

e as suas relações com o manejo e conservação do solo. **Revista Conexão Eletrônica**, v. 12, n. 1, p. 296-306, 2015.

BRONICK, Cr J.; LAL, Rattan. Manuring and rotation effects on soil organic carbon concentration for different aggregate size fractions on two soils in northeastern Ohio, USA. **Soil and Tillage Research**, v. 81, n. 2, p. 239-252, 2005.

CARPENEDO, V.; MIELNIZUK, J. Estado de agregado e qualidade dos agregados de latossolo roxos, submetido a diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.14, p.99-105, 1990.

CASTRO FILHO, C. D., LOURENÇO, A., GUIMARÃES, M. D. F., & FONSECA, I. C. B. Aggregate stability under different soil management systems in a red latosol in the state of Parana, Brazil. **Soil and Tillage Research**, v. 65, n. 1, p. 45-51, 2002.

CASTRO FILHO, C. DE; MUZILLI, OSMAR; PODANOSCHI, A. L. Estabilidade dos agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico num Latossolo Roxo distrófico, em função de sistemas de plantio, rotações de culturas e métodos de preparo das amostras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, p. 527-538, 1998.

COSTA JUNIOR, C., PÍCCOLO, M. D. C., SIQUEIRA NETO, M., CAMARGO, P. B. D., CERRI, C. C., & BERNOUX, M. Carbono em agregados do solo sob vegetação nativa, pastagem e sistemas agrícolas no bioma Cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 36, 1311-1322, 2012.

COUTINHO, F. S., LOSS, A., PEREIRA, M. G., JUNIOR, D. J. R., & TORRES, J. L. R. Estabilidade de agregados e distribuição do carbono em Latossolo sob sistema plantio direto em Uberaba, Minas Gerais. **Comunicata Scientiae**, v. 1, n. 2, p. 100, 2010.

DA SILVA CARNEIRO, J. S., DOS SANTOS, A. C. M., FIDELIS, R. R., DA SILVA NETO, S. P., DOS SANTOS, A. C., & DA SILVA, R. R. Diagnóstico e manejo da variabilidade espacial da fertilidade do solo no cerrado do Piauí. **Revista de Ciências Agroambientais**, v. 14, n. 2, 2016.

DA SILVA, P. C. G., DE MOURA, M. S. B., KIILL, L. H. P., BRITO, L. D. L., PEREIRA, L. A., SÁ, I. B., ... & GUIMARÃES FILHO, C. Caracterização do Semiárido brasileiro: fatores naturais e humanos. 2010.

DA SILVA, R. M. A., DE AQUINO, J. R., COSTA, F. B., & NUNES, E. M. Características produtivas e socioambientais da agricultura familiar no Semiárido brasileiro: evidências a partir do Censo Agropecuário de 2017. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 55, 2020.

DA SILVEIRA ALVES, F. G., Felix, B. A., Peixoto, M. S. M., dos Santos, P. M., da Costa, R. B., & de Oliveira Sales, R. (2014). Considerações sobre manejo de pastagens na região semiárida do Brasil: Uma Revisão. *Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal*, 8(4), 259-283.

DA SILVEIRA ALVES, F. G., FELIX, B. A., PEIXOTO, M. S. M., DOS SANTOS, P. M., DA COSTA, R. B., & DE OLIVEIRA SALES, R. Considerações sobre manejo de pastagens na região semiárida do Brasil: Uma Revisão. **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**, v. 8, n. 4, p. 259-283, 2014.

DE SOUSA BARROS, E. N., VIOLA, M. R., RODRIGUES, J. A. M., DE MELLO, C. R., AVANZI, J. C., & GIONGO, M. Modelagem da erosão hídrica nas bacias hidrográficas dos rios Lontra e Manoel Alves Pequeno, Tocantins. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, 13(1), 5509, 2018.

DENEF, K.; SIX, J. Clay mineralogy determines the importance of biological versus abiotic processes for macroaggregate formation and stabilization. **European journal of soil science**, v. 56, n. 4, p. 469-479, 2005.

DIAS-FILHO, Moacyr Bernardino. Diagnóstico das pastagens no Brasil. 2014.

DO NASCIMENTO, T. V., & FERNANDES, L. L. Mapeamento de uso e ocupação do solo em uma pequena bacia hidrográfica da Amazônia. **Ciência e Natura**, 39(1), 169-177, 2017.

DOS SANTOS FALCÃO, K., DAS NEVES MONTEIRO, F., OZÓRIO, J. M. B., DA SILVA SOUZA, C. B., DA SILVA FARIAS, P. G., DA SILVA MENEZES, R., ... & ROSSET, J. S. (2020). Estoque de carbono e agregação do solo sob diferentes sistemas de uso no Cerrado. *Brazilian Journal of Environmental Sciences (Online)*, 55(2), 242-255

EMBRAPA, Solos. Manual de métodos de análise de solo. 1997.

FACHIN, PAULO ANGELO; JUNIOR, EDISON VIEIRA GONÇALVES; THOMAZ, EDIVALDO LOPES. Comparação entre dois modelos de Agitador de Yoder na avaliação da estabilidade de agregados de solo (Comparison between two models of Yoder Stirrer in the evaluation of soil aggregate stability). **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 12, n. 2, p. 697-704, 2019.

FERREIRA, C. R.; SILVA NETO, E. C.; PEREIRA, M. G.; GUEDES, J. N.; ROSSET, J. S.; ANJOS, L. H. C. Dynamics of soil aggregation and organic carbon fractions over 23 years of no-till management. *Soil and Tillage Research*, v. 198, p. 1-9, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.still.2019.104533>

FONTANA, A., DE BRITO, R. J., PEREIRA, M. G., & LOSS, A. Índices de agregação e a relação com as substâncias húmicas em Latossolos e Argissolos de tabuleiros costeiros, Campos dos Goytacazes, RJ. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 5, n. 3, p. 291-297, 2010.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário 2017**. Resultados preliminares. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/3093/agro_2017_resultados_preliminares.pdf

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Índices Agropecuários: 1996-2003. Estudos e Pesquisas: informação econômica, v. 3, 2004.

IBIAPINA, T. V. B., SALVIANO, A. A. C., NUNES, L. A. P. L., MOUSINHO, F. E. P., DE LIMA, M. G., & DOS SANTOS SOARES, L. M. Resistência à penetração e agregação de um

Latossolo Amarelo sob monocultivo de soja e de eucalipto no cerrado do Piauí. **Científica**, v. 42, n. 4, p. 411-418, 2014.

KEMPER, W. D.; ROSENAU, R. C. Aggregate stability and size distribution. **Methods of soil analysis: Part 1 Physical and mineralogical methods**, v. 5, p. 425-442, 1986.

LOSS, A., FERREIRA, G. W., COMIN, J. J., PEREIRA, M. G., FREO, V. A., DE CÁSSIA PICCOLO, M., & BRUNETTO, G. Carbono orgânico total e oxidável em agregados de um argissolo adubado com dejetos suínos. **Ciencia del suelo**, v. 38, n. 1, p. 12-20, 2020.

LOSS, A.; COSTA, E.M.; PEREIRA, M.G.; BEUTLER, S.J. Agregação, matéria orgânica leve e carbono mineralizável em agregados do solo. **Revista de la Facultad de Agronomía**, v.113, n.1, p.1-8, 2014.

LOSS, A., BASSO, A., OLIVEIRA, B. S., KOUCHER, L. D. P., OLIVEIRA, R. A. D., KURTZ, C., ... & COMIN, J. J. Carbono orgânico total e agregação do solo em sistema de plantio direto agroecológico e convencional de cebola. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, p. 1212-1224, 2015.

MAIA, S., de MELO, P. L. A., GOMES, T. D. A., dos SANTOS, A. K. B., & PEREIRA, K. D. O. Mudanças nos estoques de carbono orgânico do solo em sistemas agrícolas no semiárido de Alagoas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 35., 2015, Natal. O solo e suas múltiplas funções: anais. Natal: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2015..

MAIA, S. M. F., XAVIER, F. A. D. S., OLIVEIRA, T. S. D., MENDONÇA, E. D. S., & ARAÚJO FILHO, J. A. D. Impactos de sistemas agroflorestais e convencional sobre a qualidade do solo no semi-árido cearense. **Revista Árvore**, v. 30, p. 837-848, 2006.

MAIA, S. M. F., XAVIER, F. A. S., OLIVEIRA, T. S., MENDONÇA, E. S., & ARAÚJO FILHO, J. A. Organic carbon pools in a Luvisol under agroforestry and conventional farming systems in the semi-arid region of Ceará, Brazil. **Agroforestry systems**, v. 71, n. 2, p. 127-138, 2007.

MAPBIOMAS. Projeto MapBiomias – Coleção [4.0] da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil. 2019. Disponível em: <<http://mapbiomas.org>>. Acesso em: 01 set. 2019.

MARIA DAS VITÓRIAS, M., HOELZEMANN, J. J., DE SOUSA NETO, E. R., AGUIAR, A. P. D., & MARCIA, R. Emissões de CO₂ provenientes do uso e mudanças no uso da terra no bioma caatinga no nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 8, n. 01, p. 144-155, 2015.

MEDEIROS, S. D. S., PINTO, T. F., HERNAN SALCEDO, I., CAVALCANTE, A. D. M. B., PEREZ MARIN, A. M., & TINÔCO, L. B. D. M. **Sinopse do censo demográfico para o semiárido brasileiro**. Instituto Nacional de Seminário (INSA), 2012.

MELLONI, R., BELLEZE, G., PINTO, A. M. S., DIAS, L. B. D. P., SILVE, E. M., MELLONI, E. G. P., ... & ALCÂNTARA, E. N. D. Métodos de controle de plantas daninhas e seus impactos na qualidade microbiana de solo sob cafeeiro. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 37, 66-75, 2013.

NASCIMENTO JÚNIOR, D.; OLIVEIRA, R. L.; DIOGO, J.M.S. Manejo de Pastagens. In: Acesso em: 16 abr. 2014.

NICOLOSO, R. D. S., Amado, T. J. C., Rice, C. W., PIRES, C., & Fiorin, J. E. A rotação de culturas aumenta os estoques de carbono e nitrogênio no solo sob sistema plantio direto. **Embrapa Suínos e Aves-Livro científico (ALICE)**, 2019.

PECHE FILHO, Afonso. Variabilidade da agregação em amostras de solos agrícolas como indicador de qualidade: uma proposta metodológica. 2018.

PEREIRA, GUILHERME REIS; SILVA JUNIOR, M. M. Correlação entre as Secas e as Perdas na Agricultura de Sequeiro no Semiárido Nordeste. In: **I Congresso Nacional da Diversidade do Semiárido (CONADIS)**. 2018.).

ROSAS, C. L. G. (2021). Análise da Morfometria dos Agregados do Solo Utilizando Imagens Digitais por Meio de Redes Neurais.

SALVIANO, Jamile Ingrid de Almeida. Relações entre instabilidades das chuvas e indicadores de produção de lavouras de sequeiro no semiárido cearense, Brasil. 2021.

SAMPAIO, E. V. S. B.; COSTA, TÂNIA LÚCIA. Estoques e fluxos de carbono no semi-árido nordestino: estimativas preliminares. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 6, n. 1, p. 1275-1291, 2011.

SANTOS, M. D. O., BITTENCOURT BARRETO-GARCIA, P. A., MARQUES MONROE, P. H., & DE PAULA, A. Effect of Caatinga forest management on organic carbon stock in soil aggregates. **SCIENTIA FORESTALIS**, v. 49, n. 129, 2021.

SANTOS, U. J. D. (2020). Impacto da mudança de uso da terra nos estoques de carbono e nitrogênio em solos nordestinos: espectroscopia e fracionamento.

SANTOS, Uemeson José dos. Impacto da mudança de uso da terra nos estoques de carbono e nitrogênio em solos nordestinos: espectroscopia e fracionamento. 2020.

SILVA, M. K. A.; ROSA, R. Aquisição de Dados Espaciais e Acesso a Novas Tecnologias para Estudos Hidrometeorológicos. **Revista Geonorte**, v. 3, n. 9, p. 1278–1290-1278–1290, 2012.

SIX, J. A. E. T. ; ELLIOTT, ET; PAUSTIAN, Keith. Turnover de macroagregados do solo e formação de microagregados: um mecanismo de sequestro de C na agricultura de plantio direto. **Soil Biology and Biochemistry** , v. 32, n. 14, pág. 2099-2103, 2000.

SCHULZ, K., VOIGT, K., BEUSCH, C., ALMEIDA-CORTEZ, J. S., KOWARIK, I., WALZ, A., & CIERJACKS, A. Grazing deteriorates the soil carbon stocks of Caatinga forest ecosystems in Brazil. **Forest Ecology and Management**, 367, 62-70, 2016.

TEIXEIRA, Paulo César et al. Manual de métodos de análise de solo. **Rio de Janeiro, Embrapa. 573p**, 2017.

TISDALL, JUDITH M.; OADES, JENNIFER MALCOLM. Organic matter and water-stable aggregates in soils. **Journal of soil science**, v. 33, n. 2, p. 141-163, 1982.

VASCONCELOS, R. F. B. D., CANTALICE, J. R. B., OLIVEIRA, V. S. D., COSTA, Y. D. J. D., & CAVALCANTE, D. M. Estabilidade de agregados de um Latossolo Amarelo distrocoeso de tabuleiro costeiro sob diferentes aportes de resíduos orgânicos da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 309-316, 2010.

VIRGENS, A. P., BARRETO-GARCIA, P. A. B., DE PAULA, A., DE CARVALHO, F. F., DE AQUINO ARAGÃO, M., & MONROE, P. H. M. Biomassa de espécies florestais em área de caatinga arbórea. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 37, n. 92, p. 555-561, 2017.