



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E SOCIAIS E AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
(AGROECOLOGIA)

CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E ESTOQUE DE CARBONO NO SOLO
SOB AGROECOSSISTEMAS E MATA NATIVA

DAYSEANA CARNEIRO RUFINO

BANANEIRAS - PB

2018

DAYSEANA CARNEIRO RUFINO

**CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E ESTOQUE DE CARBONO NO SOLO
SOB AGROECOSSISTEMAS E MATA NATIVA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias (Agroecologia) do Centro de Ciências Humanas Sociais e Agrárias da Universidade Federal da Paraíba como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciências Agrárias (Agroecologia)

Área de Concentração: Ciências Agrárias,
Indicadores e Sistemas de Produção Sustentável

Comitê de orientação:

Orientador: Prof. Dr. Manoel Alexandre Diniz Neto

Dr.^a Vênia Camelo de Souza

Dr. George Rodrigo Beltrão da Cruz

Dr. Thiago de Sousa Melo

BANANEIRAS-PB

2018

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

R926c Rufino, Dayseana Carneiro.

CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E ESTOQUE DE CARBONO
NO SOLO SOB AGROECOSSISTEMAS E MATA NATIVA /
Dayseana Carneiro Rufino. - Bananeiras, 2018.
90 f. : il.

Orientação: Prof Dr Manoel Alexandre Diniz Neto.
Dissertação (Mestrado) - UFPB/CCHSA.

1. ATRIBUTOS QUÍMICOS. I. Prof Dr Manoel
Alexandre
Diniz Neto. II. Título.

UFPB/CCHSA-BANANEIRAS

.

CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E ESTOQUE DE CARBONO NO SOLO SOB AGROECOSSISTEMAS E MATA NATIVA

DAYSEANA CARNEIRO RUFINO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias (Agroecologia) do Centro de Ciências Humanas Sociais e Agrárias da Universidade Federal da Paraíba como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciências Agrárias (Agroecologia)

Aprovada em: 28 / 03 / 2018

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Manoel Alexandre Diniz Neto- Universidade Federal da Paraíba
(PPGCAG/CCHSA/UFPB)
Orientador

Prof. Dr. Lourival Ferreira Cavalcante
(PPGCAG/CCHSA/UFPB)



Prof. Dr. Evandro Franklin de Mesquita
(CCHA/UEPB)

Prof. Dr. Lucas Bochart Bandeira
(IFPB/Sousa)

Dedico a todos os meus familiares, em especial aos meus pais Manoel Rufino Sobrinho e Vilma Carneiro Rufino. As minhas irmãs, Rilma Janaína Carneiro Rufino, Jaqueline Carneiro Rufino de Assis e Dayse Dayana Carneiro Rufino, por todos os ensinamentos e carinho. Ao meu companheiro e amigo Idesio Raimundo de Lima.

DEDICO

“Crescer significa mudar, e mudar envolve riscos, uma passagem do conhecido para o desconhecido”.

Autor Desconhecido

AGRADECIMENTOS

Agradecer a Deus pelo dom da vida, pois tudo é possível àquele que crê.

Aos meus pais Manoel Rufino Sobrinho e Vilma Carneiro Rufino por todo apoio e fortalecimento nos momentos mais difíceis.

Ao companheiro e amigo Idesio Raimundo de Lima por todo carinho, paciência, amor e dedicação nos momentos difíceis.

Às minhas irmãs Rilma Janaina Carneiro Rufino, Jaqueline Carneiro Rufino de Assis e Dayse Dayana Carneiro Rufino pela confiança, incentivo e companheirismo em todo tempo.

Aos meus sobrinhos Maria Clara Rufino dos Santos e Athur Carneiro Rufino de Assis.

Aos meus amigos (as): Márcia Danielle, Albanira, Aline, Everton, Rivaildo e Zé por partilharem de todos os momentos e pelas palavras de carinho e incentivo.

Aos proprietários: Rivaldo, Dedé e Burrego por terem cedido às áreas para as coletas de solo.

À Universidade Federal da Paraíba pela oportunidade de qualificação no curso.

À Coordenação de Aperfeiçoamento aos Profissionais do Ensino Superior (CAPES), pela bolsa concedida.

Ao Professor Dr. Manoel Alexandre Diniz Neto pela oportunidade que me foi dada, pelo carinho e dedicação, em especial por ter me aceitado como sua orientanda.

A todos os funcionários que compõem a instituição, ao Programa de Pós Graduação em Ciências Agrárias e a Coordenação do curso, bem como ao secretário João Alves, em especial ao técnico do laboratório de solos Everton por toda ajuda e apoio.

Ao comitê de orientação, em especial ao Dr. Thiago de Sousa Melo por participar e dispor de tempo para co-orientação, pelo apoio, incentivo e dedicação.

Aos professores que compõem a banca por disponibilizarem o tempo e enriquecer o trabalho com as sugestões na correção.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	x
LISTA DE FIGURAS.....	xii
CAPÍTULO I	
RESUMO GERAL	1
ABSTRACT	3
1. INTRODUÇÃO GERAL	5
2. FUNDAMENTAÇÃO	7
2.1. Sistemas agroflorestais – SAFs	7
2.2. Agroecossistema Pastagem	9
2.3. Sistema de Cultivo Convencional	11
2.4. Ciclo do carbono.....	14
3. REFERÊNCIAS	17
CAPÍTULO II	
CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA EM DIFERENTES PROFUNDIDADES DO SOLO SOB AGROECOSSISTEMAS E VEGETAÇÃO SECUNDÁRIA	
1. INTRODUÇÃO	26
2. MATERIAL E MÉTODOS	28
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
4. CONCLUSÃO	49
5. REFERÊNCIAS	50
CAPÍTULO III	
ESTOQUE DE CARBONO DO SOLO EM AGROECOSSISTEMAS E VEGETAÇÃO SECUNDÁRIA	
1. INTRODUÇÃO	57
2. MATERIAL E MÉTODOS	60
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	69

4. CONCLUSÃO	56
5. REFERÊNCIAS	75

LISTA DE TABELAS

Capítulo II

- Tabela 2.1.** Localização com GPS (Global Positioning System) dos ambientes de coleta de solo no município de Remígio- PB 29
- Tabela 2.2.** Resumo das análises de variância (ANOVA) para as variáveis potencial hidrogeniônico (pH), fósforo (P), potássio (K^+), sódio (Na^+), hidrogênio+alumínio ($H^+ + Al^{3+}$), alumínio (Al^{3+}), cálcio (Ca^{2+}) e magnésio (Mg^{2+}) de ambientes em a relação às profundidades de coletas de amostras de solo, Remígio- PB 35
- Tabela 2.3.** Resumo das análises de variância (ANOVA) para as variáveis soma de base (SB), capacidade de troca de cátions (CTC), saturação por base (v), saturação por alumínio (m), matéria orgânica (MO) e carbono orgânico (CO) de ambientes em a relação às profundidades de coletas de amostras de solo, Remígio- PB 36
- Tabela 2.4.** Desdobramento do fósforo e potássio em função dos agroecossistemas (convencional, pastagem e SAF) e as diferentes profundidades (0-20; 20-40 e 40-60 cm) de coleta de solo, Remígio- PB..... 37
- Tabela 2.5.** Desdobramento de hidrogênio+alumínio, alumínio e cálcio em função dos agroecossistemas (convencional, pastagem e SAF) e as diferentes profundidades (0-20; 20-40 e 40-60 cm) de coleta de solo, Remígio- PB 38
- Tabela 2.6.** Desdobramento da capacidade de troca de cátions e saturação por base em função dos agroecossistemas (convencional, pastagem e SAF) e as diferentes profundidades (0-20; 20-40 e 40-60 cm) de coleta de solo, Remígio- PB..... 39
- Tabela 2.7.** Desdobramento da matéria orgânica e carbono orgânico e em função dos agroecossistemas (convencional, pastagem e SAF) e as diferentes profundidades (0-20; 20-40 e 40-60 cm) de coleta de solo, Remígio- PB 40
- Tabela 2.8.** Análises de contrastes das variáveis químicas pH, P, $H^+ + Al^{+3}$ e Al^{+3} entre fatorial agroecossistemas (convencional, pastagem e SAF) e as diferentes profundidades (0-20; 20-40 e 40-60 cm) de coleta de solo vs o tratamento adicional (vegetação secundária), Remígio- PB 47

Tabela 2.9. Análises de contrastes das variáveis químicas SB, CTC, MO e CO entre fatorial agroecossistemas (convencional, pastagem e SAF) e as diferentes profundidades (0-20; 20-40 e 40-60 cm) de coleta de solo vs o tratamento adicional (mata nativa), Remígio- PB	48
--	----

Capítulo III

Tabela 3.1. Localização com GPS (Global Positioning System) dos ambientes de coleta de solo no município de Remígio- PB	61
--	----

Tabela 3.2. Caracterização das variáveis químicas (pH, P, K^+ , Na^+ , $H^+ + Al^{+3}$, Al^{+3} , Ca^{+2} , Mg^{+2} , SB, CTC, V, m, MO e CO) e densidade do solo (Ds) em função dos ambientes (convencional, vegetação secundária, pastagem e saf) e as diferentes profundidades (0-20; 20-40 e 40-60 cm) de coleta de solo, Remígio- PB	56
---	----

Tabela 3.3. Resumo das análises de variância (ANOVA) para o estoque de carbono no solo (ECS) em função de ambientes em a relação às profundidades de coletas de amostras de solo, Remígio- PB	69
--	----

Tabela 3.4. Análises de contrastes da variável química ECS entre fatorial agroecossistemas (convencional, pastagem e SAF) e as diferentes profundidades (0-20; 20-40 e 40-60 cm) de coleta de solo vs o tratamento adicional (vegetação secundária), Remígio- PB	72
---	----

LISTA DE FIGURAS

Capítulo II

Figura 2.1: Mapa de localização do município de Remígio- PB	28
Figura 2.2: Histórico de precipitação dos meses de janeiro á dezembro 2017 do município de Remígio- PB.....	29
Figura 2.3: Sistema de cultivo convencional	30
Figura 2.4: Agroecossistema pastagem.....	30
Figura 2.5: Sistema agroflorestal (SAF)	31
Figura 2.6: Vegetação Secundária.....	31
Figura 2.7. Efeito dos agroecossistemas (convencional, pastagem e SAF) em relação às variáveis: pH (A), Na ⁺ (B), Mg ²⁺ (C), SB (D) e m (E), Remígio- PB.	43
Figura 2.8. Efeito das profundidades (0-20; 20-40 e 40-60 cm) em relação às variáveis: pH (A), Mg ²⁺ (B), SB (C) e m (D), Remígio- PB.	44

Capítulo III

Figura 3.1: Mapa de localização do município de Remígio- PB.....	60
Figura 3.2: Histórico de precipitação dos meses de janeiro á dezembro 2017 do município de Remígio- PB.....	61
Figura 3.3: Sistema de cultivo convencional.....	62
Figura 3.4: Agroecossistema pastagem.....	62
Figura 3.5: Sistema agroflorestal (SAF)	63
Figura 3.6: Vegetação Secundária.....	63
Figura 3.7: Efeito da interação entre os fatores ambientes (convencional, pastagem e SAF) e profundidades (0-20; 20-40 e 40-60 cm) em função do estoque de carbono, Remígio- PB	71

CAPÍTULO I

CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E ESTOQUE DE CARBONO NO SOLO SOB AGROECOSSISTEMAS E VEGETAÇÃO SECUNDÁRIA

RESUMO GERAL: A substituição da cobertura vegetal e o manejo inadequado do solo alteram o fluxo de entrada e saída dos nutrientes do solo. Nesse sentido foram conduzidos dois experimentos, no primeiro, avaliou-se os componentes da fertilidade em diferentes profundidades sob agroecossistemas em comparação com área de vegetação secundária no município de Remígio-PB; no segundo, nas mesmas áreas, profundidades e agroecossistemas foi quantificado o estoque de carbono. O trabalho foi desenvolvido nas localidades Caiana e Mata Redonda, pertencentes ao município de Remígio- PB, localizado na Mesorregião do Agreste Paraibano, Microrregião do Curimataú. Foram selecionadas quatro áreas, caracterizadas de acordo com o sistema de cultivo: sistema convencional, pastagem, sistema agroflorestal (SAF) e uma área com vegetação secundária. As amostras de solo foram coletas no período de julho a agosto/2017 para avaliação química no Laboratório de Solos do Centro de Ciências Humanas, Sociais e Agrárias (CCHSA) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Campus III, Bananeiras, PB. As variáveis estudadas foram analisadas utilizando-se o modelo estatístico, em delineamento inteiramente casualizado, em arranjo fatorial [(3x3)+1], sendo os fatores: sistema de cultivo (convencional, pastagem e sistema agroflorestal), profundidade (0-20; 20-40 e 40-60 cm) e um tratamento adicional correspondente a vegetação secundária. As variáveis, no primeiro experimento, foram estudadas quanto à acidez ativa pelo pH em H₂O (1:2,5), carbono orgânico (CO), fósforo (P) disponível, teores trocáveis de (Ca²⁺, Mg²⁺ e K⁺) e sódio (Na⁺), alumínio trocável (Al³⁺) e a acidez potencial (H⁺ + Al³⁺). Foram obtidas a soma de bases (SB), a capacidade de troca de cátions (CTC), saturação por bases (V%), saturação por alumínio (m%). No segundo experimento além dessas variáveis acima descritas obteve-se o estoque de carbono no solo (ECS). No primeiro experimento a área com vegetação secundária apresentou maiores teores de matéria orgânica, independentemente da profundidade em comparação aos agroecossistemas em cultivo; acamada superficial (0-

20 cm) apresentou em todas as áreas os maiores teores de matéria orgânica e nutriente, ocorrendo decréscimo em profundidade. Os teores de alumínio aumentaram com a profundidade do solo. No segundo experimento, os sistemas de cultivo provocam alterações nas características químicas do solo quando comparadas às condições preservadas de vegetação secundária e o estoque de carbono do solo foi superior na camada superficial (0-20 cm) e nos ambientes onde as características estão mais próximas as de equilíbrio, decrescendo em profundidade.

Palavras- chave: Cobertura vegetal. Nutrientes. Atributos químicos. Profundidade

CHEMICAL CHARACTERIZATION AND SOIL CARBON STOCK UNDER AGROECOSYSTEMS AND SECONDARY VEGETATION

ABSTRACT: Replacement of vegetation cover and inadequate soil management alter soil incoming and outflow of nutrients. In this sense, two experiments were conducted; in the first one, the fertility components at different depths were evaluated under agroecosystems in comparison with secondary vegetation area in the municipality of Remígio-PB; in the second, in the same areas, depths and agroecosystems the carbon stock was qualified. The work was carried out in the localities of Caiana and Mata Redonda, belonging to the municipality of Remígio - PB, located in the mesoregion of the Paraíba agreste, Curimataú Microregion. Four areas were selected, characterized according to the cultivation system: conventional system, pasture, agroforestry system (SAF) and an area with secondary vegetation. Soil samples were collected from July to August / 2017 for chemical evaluation at the Soil Laboratory of the Federal University of Paraíba (UFPB), Campus III, Bananeiras, PB, at the Center for Human, Social and Agricultural Sciences (CCHSA). The studied variables were analyzed using the statistical model, in a completely randomized design, in a factorial arrangement [(3x3)+1], being the factors: cultivation system (conventional, pasture and agroforestry system), depth (0-20; 20-40 and 40-60 cm) and an additional treatment corresponding to secondary vegetation. The variables, in the first experiment, were studied for the active acidity by pH in H₂O (1: 2,5) organic carbon (CO), available phosphorus (P), exchangeable contents of (Ca²⁺, Mg²⁺ and K⁺), exchangeable aluminum (Al³⁺) and potential acidity (H⁺ + Al³⁺). The sum of bases (SB), cation exchange capacity (CTC), base saturation (V%) and aluminum saturation (m%) were obtained. In the second experiment, besides those variables described above, the soil carbon stock (ECS) was obtained. In the first, the area with secondary vegetation had higher levels of organic matter, regardless of the depth in comparison to the agroecosystems in cultivation; (0-20 cm) presented in all areas the highest levels of organic matter and nutrient, with a decrease in depth. The aluminum contents increased with soil depth. In the second experiment, the cropping systems caused alterations in the chemical characteristics of the soil when compared to the preserved conditions of secondary vegetation and the soil

carbon stock was higher in the superficial layer (0-20 cm) and in the environments where the characteristics are closer those of balance, describing in depth.

Key words: Vegetal cover. Nutrients. Chemical attributes. Depth

1. INTRODUÇÃO GERAL

A produção agropecuária constitui um dos principais fatores para o desenvolvimento econômico do Brasil, no entanto essa atividade vem gerando grandes impactos negativos sobre os recursos naturais (CMMAD, 1988; GASQUES et al., 2010).

As práticas de manejo do solo e das culturas, assim como também a substituição de ecossistemas naturais por agroecossistemas com culturas introduzidas provocam alterações nos atributos químicos, físicos e biológicos do solo, que podem significar perda de qualidade, afetando a sustentabilidade ambiental e econômica da atividade agrícola (DUXBURY et al., 1989; FEIGL et al., 1995; HOUGHTON, 1995; NIERO et al., 2010; LOURENTE et al., 2011).

A substituição da vegetação para uso de atividades relacionadas à agropecuária causam danos à produtividade, a atividade da fauna do solo, alterando a ciclagem de nutrientes. Essas mudanças no uso da terra levam a uma diminuição dos estoques de carbono do solo, elevando a emissões do CO₂ para a atmosfera (FERREIRA et al., 2013).

Segundo Melo et al. (2008) a preservação da vegetação natural contribui para sustentabilidade dos ecossistemas, pois desempenha um importante papel no controle das chuvas, proteção do solo, manutenção da fauna, contudo, a ação antropogênica modifica esse equilíbrio do ecossistema. A importância da manutenção da mata nativa também é descrita por Bayer e Mielniczuk (2008), ao afirmar que a vegetação natural promove a estabilidade da matéria orgânica do solo, no entanto, quando o componente solo é modificado para fins agropecuários, com a adoção de manejo convencional, pode ocorrer diminuição da matéria orgânica do solo, conduzindo a um processo de degradação das características físico-químicas e biológicas do solo, e assim, diminuição do seu potencial produtivo.

A manutenção dessa vegetação natural sobre o solo garante um maior aporte de serapilheira, a qual desempenha importante função na ciclagem de nutrientes através da decomposição e mineralização dos elementos orgânicos, para reutilização pelas plantas (COSTA et al., 2007).

O solo com condições de fertilidade adequada age como indicador de bom desempenho das culturas. A fertilidade expressa à capacidade que o solo exerce em garantir a sustentabilidades da planta e estimular o rendimento (KOLMANS; VÁSQUEZ, 1999). O conhecimento dessas condições torna-se fator indispensável ao uso eficiente do solo para a redução das instabilidades ambientais e dos processos erosivos (SANTANA, 2015).

Nesta pesquisa objetivou-se analisar a fertilidade e o estoque de carbono do solo em diferentes profundidades sob agroecossistemas em comparação com área de vegetação secundária no município de Remígio- PB.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Sistemas agroflorestais - SAFs

Os sistemas agroflorestais (SAFs) surgem como uma alternativa sustentável, sendo estes modelos de produção determinantes na forma como os solos são usados e ocupados, nos quais plantas lenhosas perenes são associadas a culturas agrícolas e/ou forrageiras e/ou em integração com animais, arrançadas de forma distintas no tempo e no espaço (ALDO et al., 2008).

Segundo Dantas (1994), os primeiros SAFs foram os quintais caseiros, formados a partir do conhecimento empírico que foi passado através das gerações, nos quais se associava espécies vegetais perenes (frutíferas), temporárias (ervas medicinais, hortaliças) e animais domésticos, arrançados de maneira aleatória, com o objetivo apenas de prover alimentos para a família.

Para atender as necessidades impostas pela intensificação no uso da terra, as formas de cultivos antigas foram adaptadas, e assim, surgiram os Sistemas agroflorestais atuais, os quais podem ser adotados em qualquer região que seja possível o cultivo agrícola e florestal (DANIEL et al., 1999).

Para Ribaski et al. (2001), os SAFs podem ser classificados de três tipos diferentes: “os sistemas silviagrícolas (formados pelo consórcio entre árvores/arbustos e culturas agrícolas); os silvipastoris (formados pelo consórcio entre árvores/arbustos e pastagens/animais) e os agrossilvipastoris (formados pelo consórcio entre árvores/arbustos, culturas agrícolas e pastagens/animais)”.

Dessa maneira, os SAFs, nos seus diferentes arranjos, são fundamentados na sucessão natural de espécies, no consórcio entre as mesmas e na sintropia, garantindo um equilíbrio do ambiente, onde as respostas a cada interferência no sistema devem garantir maior quantidade e qualidade de espécies, um balanço energético e econômico positivo assim como acontece na natureza (VAZ, 2001).

O equilíbrio obtido dentro dos SAFs é discutido no Encontro Brasileiro de Economia e Planejamento Florestal, evidenciando a diversidade de plantas utilizadas pelos sistemas que são manejadas com o intuito de atender às necessidades econômicas e ambientais da comunidade (EMBRAPA – CPAA, 1992).

Castanho Filho (2008), cita os inúmeros benefícios das árvores dentro do Sistema Agroflorestal: provimento de produtos (madeira, mel, substâncias fitoterápicas), bem estar e saúde pública (sombra, umidade do ar, temperatura e poluição atmosférica), proteção dos solos e dos mananciais, benefícios sociais (turismo, educação ambiental). O autor ainda destaca a importância que as árvores desempenham contra as mudanças climáticas, pelo sequestro de carbono ao captarem o CO₂ atmosférico no processo de fotossíntese, promovendo a fixação de carbono na biomassa.

Outra importante contribuição que os SAFs dão para o meio ambiente é recuperação de áreas degradadas que segundo Daniel et al. (1999), a recuperação das áreas degradadas a partir da adoção dos SAF é alcançada pela melhoria das características edafoclimáticas, assim como biodiversidade da flora e fauna local, formando um microclima que transforma a paisagem e possibilita a sustentabilidade do ecossistema.

A implantação de SAFs com base na sucessão natural pode levar a substituição de espécies vegetais menos adaptadas por espécies com alto grau de adaptabilidade, levando a uma complexidade do ambiente, onde o sistema de produção torna-se o mais idêntica possível à vegetação que compõe o ecossistema local nos aspectos estruturais, na diversidade e funcionalidade (SCHULTZ et al., 1994).

A associação de espécies arbóreas com culturas agrícolas e/ou criação de animais, incrementa a quantidade de matéria orgânica depositada no solo promovendo a melhora suas propriedades físicas, químicas e biológicas, em particular àqueles que se encontram em algum estágio de degradação (FILHO, 2007; MENDONÇA et al., 2001). Ainda sobre os aspectos qualitativos do solo com a adoção dos SAFs, Valeri et al. (2003), observaram significativa transferência de nutrientes de camadas inferiores para a superfície do solo, maior fixação de nitrogênio atmosférico, diminuição dos processos de lixiviação e erosão, aumento de umidade e da macro e microfauna.

No entanto, a garantia da recuperação das áreas degradadas através dos processos ecológicos existentes nas agroflorestas está associada a fatores, tais como: “o estado de conservação do solo, o manejo realizado e a condução do agroecossistema, das condições socioeconômicas existentes, assim como aspectos relacionados a percepção e importância do SAF para cada agricultor envolvido” (CANUTO, 2017).

Assim, percebe-se que os SAFs é um sistema mais complexo do que as monoculturas em virtude das interações existentes entre os seus diferentes componentes como consequência do seu arranjo estrutural e da funcionalidade desempenhada no

ecossistema. No entanto, são inúmeros os benefícios da sua adoção em longo prazo para o ambiente e para a sociedade (DANTAS, 1994).

2.2. Agroecossistema Pastagem

A produção de ruminantes no Brasil é sustentada, em sua maioria, pelas pastagens que compõem a base da alimentação para essa espécie de animal, fator determinante do sucesso econômico da atividade. Do território nacional, cerca de 117 milhões de hectares são ocupados por pastagens cultivadas, das quais mais de 70% encontra-se em algum estágio de degradação (MACEDO et al., 2013).

O estado de degradação das pastagens pode ser percebido pela crescente perda do vigor, da capacidade de restabelecer naturalmente e da produtividade, assim como diminuição das suas características qualitativas, com significativa diminuição da resistência a pragas e doenças, além do aumento da frequência de plantas invasoras (MACEDO, 1993).

Dentre as prováveis causas da degradação das pastagens o preparo incorreto do solo, escolha incorreta da espécie forrageira, uso de sementes de baixa qualidade, má formação inicial, manejo inadequado e, principalmente, em razão da não reposição dos nutrientes perdidos no processo produtivo, erosão, lixiviação e volatilização ao longo dos anos, fatores estes que podem atuar de maneira isolada ou em conjunto. Quando algum desses elementos é negligenciado, o processo de degradação da pastagem é antecipado, comprometendo a sustentabilidade do ecossistema, assim como da atividade desenvolvida (PERON; EVANGELISTA, 2004).

Com relação à diminuição da produtividade das pastagens, Soares Filho et al. (2008), apontam a baixa fertilidade natural dos solos, a ausência de adubação de manutenção, o superpastejo e o ataque de insetos patógenos, como fatores decisivos desse declínio. Com a diminuição do potencial produtivo da forrageira, ocorre redução na capacidade de suporte da pastagem e, conseqüentemente, a sustentabilidade e a rentabilidade da pecuária (PEREIRA et al., 2013).

Diante da necessidade de melhoria dos índices produtivos a produção animal em pastagens no Brasil deve ser repensada, devendo ser enxergada como ecossistemas, constituídos por componentes bióticos e abióticos que se inter-relacionam e para que seja sustentável, é necessário que cada componente esteja em equilíbrio (DA SILVA; NASCIMENTO JÚNIOR, 2007). Devendo ser observado os aspectos pertinentes às

relações ecológicas, biologia, preservação do meio ambiente e seus prováveis impactos (DA SILVA; CARVALHO, 2005).

Compreender como os componentes do sistema pastagem se inter-relacionam constitui-se na chave para manutenção da sustentabilidade. O componente vegetal é responsável por interceptar a radiação solar incidente, os herbívoros utilizam a vegetação como fonte de nutrientes, os quais serão convertidos em produtos. Assim a energia é capturada, transferida e utilizada nos diferentes níveis no ecossistema pastoril (BRISKE; HEITSCHMIDT, 1991).

No entanto, o Brasil, tem como característica a utilização das pastagens de maneira extrativista devido à falta de entendimento acerca dos fatores ecológicos relacionados com os componentes solo-planta-animal-humano, além do manejo equivocado da pastagem, instalando-se um processo de degradação e dessa maneira perda da produtividade e qualidade. Para solucionar tal problema são adotadas medidas que não corrigem a sua causa original, como por exemplo, a substituição das forrageiras implantadas (VINCENZI, 1994; SOARES FILHO et al., 2008).

De acordo com Nabinger et al. (2006), a substituição dos ecossistemas naturais, sob a ação antrópica, sem respeitar as inter-relações entre os diferentes componentes bióticos e abióticos, são responsáveis por alterar o equilíbrio do ecossistema.

No sistema pastagem os animais atuam sobre a comunidade de plantas e sobre o solo, causando uma série de modificações cujos efeitos são mais ou menos intensificados dependendo do manejo adotado. Em decorrência da predominância pela adoção do modelo de produção extrativista, com a utilização de carga animal elevada, são observados com frequência danos físicos causados pelo pisoteio excessivo, que inclui danos diretos à planta forrageira com redução dos pontos de crescimento dos perfilhos e danos indiretos, que afetam o solo (WATKIN; CLEMENTS, 1978).

Araujo et al. (2012), constataram que o superpastejo modifica as características físico-químicas e biológicas dos solos, afetando a sustentabilidade do ecossistema. A esse respeito Souza et al. (2008), endossa que, normalmente, pastagens mal manejadas, apresentam solo com camadas compactadas pelo pisoteio dos animais, sendo as camadas superficiais as mais afetadas.

A compactação do solo é função do rearranjo das partículas sólidas, reduzindo o volume dos macroporos (PEDRON et al., 2011). Com a compactação do solo, ocorre diminuição do oxigênio e conseqüentemente das condições necessárias para o crescimento e desenvolvimento dos microrganismos, os quais atuam diretamente no

processo de decomposição da matéria orgânica e ciclagem de nutrientes (SOUZA et al., 2015).

Uma significativa parte dos nutrientes que são ingeridos pelos animais em pastejo, retorna ao ecossistema através da excreção das fezes e urina (LUCAS, 2004), no entanto, em solos compactados a reutilização desses nutrientes é comprometida pela quantidade reduzida de microrganismos para efetuar a decomposição da matéria orgânica, além de dificultar a absorção e incorporação dos nutrientes nas camadas inferiores do solo (HORN et al, 1995).

A recuperação das áreas degradadas de pastagem otimiza a utilização da área, restaura as propriedades físico- químicas e biológicas do solo, assim como possibilitar a produção animal, em função da elevação da capacidade de suporte da pastagem, além de evitar o desmatamento de novas áreas, preservando a fauna e a flora (CARVALHO et al. 2017).

2.3. Sistema de cultivo convencional

A agricultura convencional, termo empregado no período da Revolução Verde, para designar uma nova maneira de produzir, onde se buscava intensificar a produção pelo uso intenso de insumos externos, o que durante um período possibilitou de fato maior retorno financeiro em virtude do aumento da produtividade (SOUZA, 2005), contudo, com o passar dos anos esse novo sistema de produção levou a danos ambientais difíceis de ser mensurados.

Esse período foi marcado por altos investimentos tecnológicos, científicos e financeiros voltados ao aumento da produção, aliado a remuneração da mão de obra assalariada (SABBAG, 2000). A revolução verde, a nível mundial, promoveu a industrialização da agricultura, que buscava a exploração de novas áreas, com o aumento do desmatamento e utilização inadequada dos solos, os quais sofreram entre outros impactos, compactação, erosão e perda da biodiversidade. A agricultura convencional tem causado ao longo do tempo sérios danos ao solo, água e ar (PRIMAVESI, 2003; ALTIVO, 2012).

Diversos estudos apontam os sistemas agroflorestais como vantajosos quando comparados à produção agropecuária convencional, destacando o restabelecimento da fertilidade dos solos, aumento da produção vegetal e animal, diminui os riscos de degradação ambiental; restabelecimento e uso adequado das reservas legais; eficiência

na utilização da energia solar, reciclagem de nutrientes, conservação da umidade do solo, preservação do solo contra erosão e lixiviação; diminuição da compactação dos solos, aumento da porosidade, menor resistência à penetração das raízes (CARVALHO et al., 2004; PEREIRA, 2007; RIBASKI, 2012; MARTINS, 2013).

Segundo Daniel (2000), a diminuição significativa da biodiversidade, deterioração dos componentes de produção, a elevada dependência de insumos externos, além da alta demanda energética observada no sistema convencional, indicam um modelo de produção insustentável.

Um dos fatores responsáveis pela queda na produção diz respeito ao constante revolvimento do solo no seu preparo, a ausência de material de cobertura e a falta de conhecimento sobre o potencial de utilização dos solos levam a um decréscimo de sua qualidade, com isso sua habilidade de manter uma produção ao longo do tempo fica comprometida (COSTA et al., 2006).

Dessa maneira, observa-se que o solo constitui-se um recurso imprescindível tanto para que a produção agropecuária seja maximizada, como pela manutenção equilíbrio do meio ambiente. Contudo, sua exploração intensa, como ocorre nos sistemas de produção convencionais, tem levado a degradação de suas características químicas, físicas e biológicas (SHARMA et al., 2005; SÁ et al., 2009).

A mudança de um sistema florestal, por um sistema de produção que não leva em consideração o fluxo de nutrientes dentro do ecossistema, resulta em diminuição da fertilidade, quebra da estrutura e aumento da compactação (GOMES, 1986; LEITE et al., 2010). Ao contrário do que acontece nos sistemas de produção convencionais, os modelos de produção agroflorestais, apresentar uma comunidade vegetal diversificada, com maior deposição de compostos orgânicos no solo e maior biomassa microbiana que favorece a decomposição e utilização dos resíduos orgânicos (SILVA et al., 2007).

Estudos comparando a atividade microbiana no solo do Cerrado nativo e em cultivo convencional de batata foi desenvolvido por Silva et al. (2010), através do qual observou-se maiores valores de biomassa microbiana no solo no cerrado nativo até 10 cm de profundidade. Os autores atribuíram tais resultados a deposição ininterrupta e diversificada de compostos orgânicos oriundos da maior diversidade de espécies as quais se decompõem em períodos distintos.

Com relação aos sistemas de produção orgânica, esses também demonstram melhoria das condições biológicas do solo, no qual se verificou maior diversidade de

microrganismos do solo (VALARINI et al., 2007), demonstrando a maior riqueza dos ecossistemas que primam pelo equilíbrio entre os seus componentes.

O estoques de carbono no solo foram estudado por Alves et al. (2011), que comparou a quantidade de carbono acumulada no solo da pastagem e em área de plantio convencional, sendo este último o que apresentou maior queda do carbono depositado no solo, em virtude da instabilidade do sistema.

No que diz respeito ao manejo do solo adotado no sistema convencional, a adoção da técnica de plantio direto, proporciona significativa melhoria das características químicas e biológicas do solo, com incremento da quantidade de carbono orgânico total e do carbono microbiano, na camada superficial de 0- 20 cm de profundidade (LEITE et al., 2010), sendo essa prática recomendada pelos autores como sendo uma opção sustentável para a melhorar a qualidade do solo.

Essa diferença verificada no estoque de carbono no solo nos sistemas de plantio convencional e plantio direto se da pela maior emissão de CO₂ nos modelos de produção convencional e devido o plantio direto promover alta adição de resíduos vegetais ricos em Carbono e Nitrogênio, resultando em balanço positivo de Carbono no solo onde se adotou o plantio direto (COSTA et al. 2008). Outra possível causa da maior liberação do CO₂ do solo deve-se ao intenso revolvimento no sistema convencional de produção, que leva a exposição de suas camadas mais profundas, além de alterar sua porosidade, liberando o gás carbônico retido (RIBEIRO, 2014).

Além da melhoria das questões ambientais, Santos e Grzebieluckas (2014), ressalta a questão econômica, onde constataram a maior rentabilidade dos sistemas silvipastoris quando comparado à pecuária convencional de corte e leite. Essa melhoria das condições econômicas aliadas à condição social é justificada por Leite (2005), devido o setor florestal no Brasil empregar cerca de 3 milhões de pessoas, sejam esses empregados direta ou indiretamente, pelo setor durante todo o ano.

No âmbito da agricultura familiar o investimento no componente florestal trata-se na realidade de uma “poupança verde”, onde a adoção dos sistemas silvipastoris surge como alternativas socioeconômicas e ambientais que impulsiona a agricultura familiar com a ampliação da produção, do número de emprego e, assim, da lucratividade dos produtores rurais (RODIGHERI, 1997).

2.4. Ciclo do carbono

O Carbono está presente em todos os subsistemas terrestres, sendo a hidrosfera o maior reservatório, seguida da geosfera, litosfera, atmosfera e biosfera com o menor percentual de C. Na atmosfera o dióxido de carbono (CO_2) corresponde ao componente com maior concentração desse elemento, o qual corresponde a 0,03% do total dos gases que compõem atmosfera, enquanto que na biosfera o C faz parte das estruturas orgânicas dos vegetais, animais e microrganismos (DIECKOW et al., 2004; VIEIRA et al., 2010).

A respiração das plantas e animais, a decomposição e a queima de compostos orgânicos e os oceanos emitem CO_2 para atmosfera. As plantas ao realizarem a fotossíntese, removem o dióxido de carbono do ar (ROHDE, 2005; VEGA, 2003). Durante o processo de fotossíntese, o carbono sintetizado em carboidrato e fixado pelas plantas constitui a produção primária bruta, a qual é utilizada pela planta para formação, crescimento e manutenção dos seus tecidos, e outra parte é novamente transformada em CO_2 . A quantidade de carbono a ser fixada está diretamente ligada ao processo fotossintético e este por sua vez é influenciada pela qualidade e quantidade de radiação incidente sobre a vegetação, da riqueza florística e estrutura da vegetação, os quais determinam a produtividade dos ecossistemas (ARAGÃO; SHIMABUKURO, 2004).

O carbono fixado pelas plantas é utilizado, em parte, pelos organismos heterotróficos, ao se alimentar das plantas, e outra porção é novamente transformada a CO_2 através da respiração e decomposição de plantas e animais mortos pelos microrganismos, assim, o fluxo de C permanece em equilíbrio dentro do ecossistema (MARTINS et al., 2003).

O solo é considerado o principal depósito de carbono orgânico na terra, sendo indicado como um possível dreno para o carbono atmosférico (LAL, 2008; MONDINI; SEQUI, 2008). As entradas de carbono no solo advêm de resíduos oriundos de animais e vegetais, assim como a senescência dos mesmos, que após processo de decomposição atuam como fonte de carbono orgânico no solo, sendo a serapilheira responsável pela maior transferência de nutrientes da vegetação para o solo (ROMÃO, 2012; VITAL et al., 2004).

De acordo com Costa et al. (2008), o carbono depositado no solo através de resíduos das plantas, a sua liberação como dióxido de carbono e o estoque de carbono orgânico do solo, constituem o ciclo deste elemento no ecossistema pela interação da interface

solo-planta-atmosfera. Os autores ressaltam ainda a importância do manejo empregado no solo nestes componentes, devendo ser melhor analisado, por colaborar para o controle do aquecimento global.

Dolan et al. (2006), afirmam que dependendo do modelo de cultivo adotado e das práticas de manejo, o solo atua como estoque de carbono. No entanto, o que se tem observado é que as ações antrópicas sem entendimento do ciclo do carbono no ecossistema tem levado a um aumento na concentração de CO₂ na atmosfera (BARRETO et al., 2009).

Dessa maneira, os ecossistemas podem emitir ou fixar o carbono atmosférico, e essa capacidade é mediada por processos químicos, físicos e biológicos. O homem através do manejo pode mediar esse balanço de carbono para que o mesmo permaneça em equilíbrio, contudo, para que as entradas e saídas de carbono sejam balanceadas se faz necessário identificar cada um desses elementos e como eles interagem (ADUAN et al., 2003).

Nesse sentido, a interferência antrópica é responsável por gerir os principais fatores que influencia a emissão de carbono que diz respeito às alterações no uso da terra e a substituição da vegetação natural (COUTO, 2009). Contudo, alterações no manejo adotado no solo, com o intuito de conservar ou aumentar o aporte de carbono no solo, podem diminuir a eliminação de CO₂ e assim amenizar os danos do aquecimento global (GERBER et al., 2013).

A quantidade de carbono orgânico acumulada no solo é dependente do aporte de serapilheira e do tempo necessário para que a micro e mesofauna edáfica decomponha esse material. Com a degradação dos ecossistemas, os solos ao invés de acumular carbono torna-se fonte de CO₂, em função da diminuição da quantidade matéria orgânica que chega ao solo, aliado ao aumento dos processos de decomposição (SILVA, 2006; RESCK et al., 2000).

Os danos causados pela queda da reserva de carbono no solo incluem aumento do encrostamento da superfície do solo, assim como diminuição do seu espaço poroso e com isso maior compactação, maior escoamento de água superficial, com arraste de nutrientes e contribuição nos processos de erosão (LAL, 2004).

De acordo com o estudo desenvolvido por Amado et al. (2001), avaliando as diferenças dos estoques de carbono e nitrogênio do solo na agricultura convencional e a partir da adoção do plantio direto associado com culturas de cobertura, verificou-se que a adoção de lavouras e a gradagem do solo promoveram a redução dos estoques de

carbono orgânico e nitrogênio total do solo. Os autores também observaram que a mudança no modelo do plantio convencional para adoção do plantio direto, promoveu uma recuperação dos estoques de carbono orgânico e nitrogênio total do solo a partir do quarto ano de implantação, sendo que essas alterações foram mais perceptíveis na camada superficial do solo. A utilização de leguminosas associadas à técnica de plantio direto foi indicada como a estratégia mais eficiente em promover aumento nos estoques de carbono orgânico e nitrogênio total do solo, recuperando o teor de MO, logo, sequestrar carbono no solo e contribuir para diminuir o efeito estufa.

Com relação ao manejo das pastagens, o sistema de pastejo praticado, a adoção de taxa de lotação e a pressão de pastejo adequadas à capacidade de suporte da pastagem, possibilitam que o solo estoque carbono em quantidades semelhantes aos observados nos solos ocupados por vegetação nativa. Além dos fatores citados, o baixo revolvimento do solo nas áreas de pastagem, assim como ocorre no plantio direto, constitui-se um dos principais responsáveis pela baixa emissão do carbono do solo para atmosfera (URQUIAGA et al., 2010).

Dessa maneira, em sistemas de plantio convencional faz-se necessário a incorporação de materiais orgânicos para manutenção da qualidade do solo, pois a disponibilização gradual dos nutrientes da matéria orgânica é responsável, em parte, por diminuir a perda de nutrientes por volatilização, lixiviação e fixação (ZECH et al., 1997).

Diante da grande importância desempenhada pela matéria orgânica sobre as características físicas, químicas e biológicas do solo, os sistemas de produção agroflorestais possibilitam o maior equilíbrio da entrada e saída de CO₂ do ecossistema. Tais sistemas apresentam maior eficiência quando relacionado aos demais sistemas de produção devido a maior deposição de matéria orgânica oriunda da queda das folhas do componente arbóreo e com os resíduos das culturas após a colheita, decomposição da serapilheira e fertilidade do solo, além do sistema radicular das árvores serem mais eficiente na ciclagem dos nutrientes (XAVIER et al., 2012).

3. REFERÊNCIAS

- ALDO, M. T. V.N.; VALERI, S. V.; MARTINS, A. L. M. Sistemas agroflorestais e agricultura familiar: uma parceria interessante. **Revista Tecnologia & Inovação Agropecuária**, v., p. 50-59, 2008.
- ADUAN, R. E.; VILELA, M. F.; KLINK, C.A. **Ciclagem de Carbono em Ecossistemas Terrestres – O Caso do Cerrado Brasileiro**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2003. 30p. (Documentos, 105).
- ALTIVO, F. S. Diferenças estruturais e de diversidade entre um sistema agroflorestal e um fragmento de floresta estacional semidecidual. Trabalho de conclusão de curso (bacharelado - Ciências Biológicas) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Botucatu, 2012. 28f.
- ALVES, T. D. S.; CAMPOS, L. L.; ELIAS NETO, N.; MATSUOKA, M.; LOUREIRO, M. F. Biomassa e atividade microbiana de solo sob vegetação nativa e diferentes sistemas de manejos. **Acta Scientiarum**. Agronomy, Maringá, v. 33, n. 2, 2011.
- AMADO, T.J.C.; BAYER, C.; ELTZ, F.L.F.; BRUM, A.C.R. Potencial de culturas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio no solo no plantio direto e a melhoria da qualidade ambiental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, p.189-197, 2001.
- ARAÚJO, D.R.; SILVA, P.C.M.; DIAS, N.S.; LIRA, D.L.C. Estudo da área de preservação permanente do rio Mossoró no sítio urbano de Mossoró-RN por meio de técnicas de geoprocessamento. **Revista Caatinga**, v. 25, n. 2, p. 177-183. 2012.
- ARAGÃO, L. E. O. C.; SHIMABUKURO, Y. E. **Perspectivas para o estudo da biogeoquímica do carbono em macro-escala integrando diferentes técnicas: modelagem ecológica, sensoriamento remoto e SIG**. Relatório Técnico, INPE: São José dos Campos, 2004.
- BARRETO, L. V.; FREITAS, A. C. S.; PAIVA, L. C. (2009). **Sequestro de carbono**. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Brasil. 10p.
- BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G. de A.; SILVA, L.S. da; CANELLAS, L.P.; CAMARGO, F.A. de O. (Ed.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2.ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p.7-18.
- BRISKE, D.D.; HEITSCHMIDT, R.K. An ecological perspective. In: HEITSCHMIDT, R.K.; STUTH, J.W. (Ed.). **Grazing management: an ecological perspective**. Portland: Timber Press, 1991. 264 p.
- CANUTO, J. C. Agroecologia: princípios e estratégias para o desenho de agroecossistemas sustentáveis. **Redes** - Santa Cruz do Sul: Universidade de Santa Cruz do Sul, v. 22, n. 2, 2017.

CARVALHO, W.T.V.; MINIGHIN, D. C.; GONÇALVES, L. C.; VILLANOVA, D. F. Q.; Mauricio, R. M.; Pereira, R. V. G. Pastagens degradadas e técnicas de recuperação: **Revisão PUBVET**, v.11, n.10, p.1036-1045, 2017.

CASTANHO FILHO, E. P. 2008. **Floresta e bioenergia. Informações Econômicas**, IEA v. 38, n.2: p.52-67.

CMMAD – COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. Nosso futuro comum. Rio de Janeiro: Fundação Getulio Vargas, 1988.

COSTA, F.S.; GOMES, J.; BAYER, C. & MIELNICZUK, J. Métodos para avaliação das emissões de gases de efeito estufa no sistema solo-atmosfera. **Ciência Rural**, v.36, p.693-700, 2006.

COSTA, C. C. A.; SOUZA, A. M.; SILVA, N. F.; CAMACHO, R. G. V.; DANTAS, I. M.; Produção de serapilheira na Caatinga da Floresta Nacional do Açu-RN. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, supl. 1, p. 246-248, 2007.

COSTA, F.S.; BAYER, C.; ZANATTA, J.A. & MIELNICZUK, J. Estoque de carbono orgânico no solo e emissões de dióxido de carbono influenciadas por sistemas de manejo no sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.323-332, 2008.

DANIEL, O. **Definição de indicadores de sustentabilidade para sistemas agroflorestais**. 2000. Tese (Doutorado em Ciência Florestal). Universidade Federal de Viçosa. 113p.

DA SILVA, S. C.; CARVALHO, P. C. F. Foraging behaviour and herbage intake in the favourable tropics/sub-tropics. In: D. A. McGilloway. (Org.). **Grassland: a global resource**. 1 ed. Wageningen - The Netherlands: Wageningen Academic Publishers, 2005, p. 81-95.

DA SILVA, S. C.; NASCIMENTO JÚNIOR, D. Avanços na pesquisa com plantas forrageiras tropicais em pastagens: características morfofisiológicas e manejo do pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, Suplemento especial, p.121-138, 2007.

DANIEL, O.; COUTO, L.; GARCIA, R.; PASSOS, C. A. M. Proposta para padronização da terminologia empregada em sistemas agroflorestais no Brasil. **Revista Árvore, Viçosa**, v.23, n.3, p.367-370, 1999.

DANTAS, M. Aspectos ambientais dos sistemas agroflorestais. In: CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE ECOSSISTEMAS AGROFLORESTAIS, 1., 1994, Porto Velho. **Anais...** Colombo: Embrapa-CNPf, 1994. p. 433-453. (Documentos, 27).

DIECKOW, J.; BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J. Sistemas conservacionistas de preparo do solo e implicações no ciclo do carbono. São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2004. 17 p.

DOLAN, M. S.; CLAPP, C. E.; ALLMARAS, R. R.; BAKER, J. M.; MOLINA, J. A. E. Soil organic carbon and nitrogen in a Minnesota soils as related to tillage, residue and nitrogen management. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 89, p. 221-231, 2006.

DUXBURY, J.M.; SMITH, M.S. & DORAN, J.M. Soil organic matter as a source and a sink of plant nutrients. In: COLEMAN, D.C.; OADES, J.M. & UEHARA, G. eds. Dynamics of soil organic matter in tropical ecosystems. Honolulu, University of Hawaii, 1989. p.33-67.

EMBRAPA-CPAA. 1992. **Encontro Brasileiro de Economia e Planejamento Florestal**. 2v. Curitiba: Anais. Colombo.

FEIGL, B.J.; MELILLO, J. & CERRI, C.C. Changes in the origin and quality of soil organic matter after pasture introduction in Rondônia (Brazil). *Plant Soil*, 175:21-29, 1995.

FILHO, L. O. R. Uso de sistemas agroflorestais para a recuperação de APP e Reserva Legal na Agricultura FamiliarI Fórum sobre Área de Preservação Permanente e Reserva Legal na Paisagem e Propriedade Rural. **Anais...**Piracicaba. SP: 2007.

GASQUES, J. G. et al. Produtividade total dos fatores e transformações da agricultura brasileira: análise dos dados dos censos agropecuários. In: GASQUES, J. G.; VIEIRA FILHO, J. E. R.; NAVARRO, Z. (Org.). *A agricultura brasileira: desempenho, desafios e perspectivas*. Brasília: Ipea, 2010. p. 19-44.

GERBER, P. J., STEINFELD, H., HENDERSON, B., MOTTET, A., OPIO, C., DIJKMAN, J; TEMPIO, G. (2013). Tackling climate change through livestock: a global assessment of emissions and mitigation opportunities. **Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)**.

GOMES, S. T. Condicionantes da modernização do pequeno agricultor. (Tese de Doutorado) Faculdade de Economia e Administração, Universidade de São Paulo, 1986. USP: São Paulo, 1986. 210p.

HORN, R.; DOMZAL, H.; SLOWINSKA-JURKIEWICZ, A.; VAN OUWERKERK, C. Soil compaction processes and their effects on the structure of arable soils and environment. *Soil and Tillage Research*, Amsterdam, v.35, p.23-36, 1995.

HOUGHTON, R.A. Changes in the storage of terrestrial carbon since 1850. In: LAL, R.; KIMBLE, J.; LEVINE, E. & STEWART, B.A. eds. *Soils and global change*. Boca Raton, CRC Lewis Publishers, 1995. p.45-65.

KOLMANS, Enrique. VÁSQUEZ, Darwin. *Manual de Agricultura Ecológica: Una introducción a los principios básicos y su aplicación*. 2.ed. Grupo de Agricultura Orgânica de ACTAF: Ciudad de La Habana: 1999 MALAVOLTA, E. Et al. *Adubos e adubações*. São Paulo: Nobel, 2002. 220p.

LAL, R. Carbon emission from farm opérations. **Environment International**, v. 30, p. 981– 990, 2004.

LAL, R. Savannas and global climate change source or sink of atmospheric CO2. In: FALEIRO, F. G.; FARIAS NETO, A. L. (Eds.). *Savanas: desafios e estratégias para o*

equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais. **Planaltina: Embrapa Cerrados**, 2008. p. 81-102.

LEITE, L. F. C.; OLIVEIRA, F. C.; ARAUJO, A. S. F.; GALVÃO, S. R. S.; LEMOS, J. O.; SILVA, E. F. L. Soil organic carbon and biological indicators in an Acrisol under tillage systems and organic management in north-eastern Brazil. **Australian Journal of Soil Research**, v. 48, p. 258-265, 2005.

LOURENTE, Elaine Reis Pinheiro et al . Atributos microbiológicos, químicos e físicos de solo sob diferentes sistemas de manejo e condições de cerrado. **Pesqui. Agropecu. Trop.**, Goiânia, v. 41, n. 1, p. 20-28, Mar. 2011.

LUCAS, N. M. **Desempenho Animal em Sistema Silvipastoril com Acácia-Negra (Acácia mearnsii De Wild.) e Rendimento de Matéria Seca de Cultivares de Panicum maximum Jacq. Sob Dois Regimes de Luz Solar**. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2004, 127p. (Tese de Doutorado).

MACEDO, R.L.G. Conservação e utilização sustentável da biodiversidade tropical através de sistemas agroflorestais. In: ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS SOBRE O MEIO AMBIENTE, 4, Cuiabá, 1993. **Anais...** Cuiabá, UFMT, 1993.

MACEDO, M. C. M.; ZIMMER, A. H.; KICHEL, A. N.; ALMEIDA R. G.; ARAÚJO, A. R. Degradação de pastagens, alternativas de recuperação e renovação, e formas de mitigação. ENCONTRO DE ADUBAÇÃO DE PASTAGENS DA SCOT CONSULTORIA. **Anais...** Ribeirão Preto: Scot Consultoria, p. 158-81, 2013.

MELO, R.W.; FONTANA, D.C.; BERLATO, M.A.; DUCATI, J.R. An agrometeorological-spectral model to estimate soybean yield, applied to southern Brazil. **International Journal of Remote Sensing**, London, v. 29, n. 14, p. 4013-4028, 2008.

MENDONÇA, E. S.; LEITE, L. F. C.; FERREIRA NETO, P. S. Cultivo de café em sistema agroflorestal: uma opção para recuperação de solos degradados. **Revista Árvore**, v. 25, n. 3, p. 375-383, 2001.

MARTINS, C. R., PEREIRA, P. A. de P., LOPES, W. A., ANDRADE, J. B. de . Ciclos Globais de Carbono, Nitrogênio e Enxofre: a Importância na Química da Atmosfera. **Química Nova**, v.5, n.3, 2003.

MARTINS, T. P. **Sistemas Agroflorestais Como Alternativa Para Recomposição e Uso Sustentável das Reservas Legais**. Dissertação Apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental. São Carlos, 2013.

MONDINI, C.; SEQUI, P. Implication of soil C sequestration on sustainable agriculture and environment. **Waste Management**, Oxford, v.28, n.4, p. 678-684, 2008.

NABINGER, C.; DALL'AGNOL, M.; CARVALHO, P. C. de F. Biodiversidade e produtividade em pastagens. In: PEDREIRA, C. G. S.; MOURA, J. C. de; DA SILVA, S. C.; FARIA, V. P. de (Ed.). **As pastagens e o meio ambiente**. Piracicaba: Fealq, 2006. p. 37-86.

NIERO, L. A. C. et al. Avaliações visuais como índice de qualidade do solo e sua validação por análises físicas e químicas em um Latossolo Vermelho distroférrico com usos e manejos distintos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 4, p. 1271 -1282, 2010.

PEDRON, F. A. FINK, J. R. RODRIGUES, M. F. AZEVEDO, A. C. Condutividade e retenção de água em Neossolos e saprolitos derivados de arenito. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 4, p. 1253-1262, 2011.

PEREIRA, C.R.; ARAUJO, D.D.; ARAUJO, D.D.; RIBEIRO, A.P. CHIODI, R.E.; AYRES, E.B.; RIBEIRO, E.M.; GALIZONI, F.M. Avaliação de sistemas agroflorestais em áreas degradadas de unidades familiares de produção do Alto Jequitinhonha, nordeste de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Agroecologia*, v.2, n.1, p.1508-1511, 2007.

PEREIRA, D. N.; OLIVEIRA, T. C.; BRITO, T. E.; AGOSTINI, A. F.; LIMA, P. F.; SILVA, A. V.; SANTOS, C. S.; BREGAGNOLI, M. Diagnóstico e recuperação de áreas de pastagens degradadas. *Revista Agrogeoambiental*, n. 1, p. 49-53, ago. 2013.

PERIN, E.; CERETTA, C. A.; KLAMT, E. Tempo de uso agrícola e propriedades químicas de dois Latossolos do Planalto Médio do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.665-674, 2003.

PRIMAVESI, A. Revisão do conceito de agricultura orgânica: conservação do solo e seu efeito sobre a água (palestra). São Paulo: **Biológico**, v. 65, n.1/2, p. 69-73, 2003.

RESCK, D. V. S.; VASCONCELLOS, C. A.; VILELA, L.; MACEDO, M. C. M. Impact of conversion of Brazilian Cerrado to cropland and pastureland on soil carbon pool and dynamics. In: LAL, R.; KIMBLE, J.M.; STEWART B.A. (Eds.). **Global climate change and tropical ecosystems**. Boca Raton: RCR Press, 2000.

RIBASKI, J.; MONTOYA, L. J.; RODIGHERI, H. R. Sistemas agroflorestais: aspectos ambientais e socioeconômicos. **Informe Agropecuário**, v. 22, n. 212, p. 61–67, 2001.

RIBASKI, J.; RADOMSKI, M. I. ; RIBASKI, S. A. G. **Potencialidade dos sistemas silvipastoris para a produção animal sustentável no Brasil**. In: II CONGRESO COLOMBIANO Y 1er Seminario internacional de silvopastoreo, 2012, medellin. ii congreso colombiano y 1er seminario internacional de silvopastoreo. Medellin, 2012.

RIBEIRO, J. M. **Atributos químicos e microbiológicos do solo em sistemas agroflorestais do norte de minas gerais**. Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Produção Vegetal do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, 2014. 89f.

RODIGHERI, H.R. **Rentabilidade econômica comparativa entre plantios florestais e sistemas agroflorestais com erva-mate, eucalipto e pinus e as culturas do feijão, milho, soja e trigo**. Colombo, EMBRAPA / CNPF, Circular Técnica n,26. 1997. 36p.

ROHDE, G. M. **Epistemologia ambiental: uma abordagem filosófico-científica sobre a efetuação humana alopoiética da Terra e seus arredores planetários**. 2.ed. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2005. 407p.

SABBAG, Wi. **Modernização Agrícola em Pernambuco, 1950-1996**. Tese de Doutorado. Economia Aplicada. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 2000.

SANTOS, S. da S.; GRZEBIELUCKAS, C. Sistema silvipastoril com eucalipto e pecuária de corte: uma análise de viabilidade econômica em uma propriedade rural em Mato Grosso – Brasil. **Custos e @gronegócio on line**, vol. 10, n.3, 2014.

SCHULTZ, B.; BECKER, B.; GÖTSCH, E. Indigenous knowledge in a “modern” sustainable agroforestry system: a case study from eastern Brazil. **Agroforestry systems**, v. 25, n. 1, p. 59-69, 1994.

SHARMA, K.L.; MANDAL, U.K.; SRINIVAS, K.; VITTAL, K.P.R.; MANDAL, B.; GRACE, J.K. & RAMESH, V. Longterm soil management effects on crop yields and soil quality in a dryland Alfisol. **Soil and Tillage Research**, v.83, p.246-259, 2005.

SILVA, G. R.; SENA, W. L.; SILVA JR., M. L. Carbono e nitrogênio da biomassa microbiana como indicadores ambientais de um Latossolo Amarelo sob diferentes sistemas de manejo. **Revista de Ciências Agrárias**, n. 48, p.71-83, 2007.

SILVA, R. R. D.; SILVA, M. L. N.; CARDOSO, E. L.; MOREIRA, F. M. D. S.; CURI, N.; ALOVISI, A. M. T. Biomassa e atividade microbiana em solo sob diferentes sistemas de manejo na região fisiográfica Campos das Vertentes-MG. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, 2010.

SOARES FILHO, C. V., RODRIGUES, L. R. A. & PERRI, S. H. V. 2008. Produção e valor nutritivo de dez gramíneas forrageiras na região Noroeste do Estado de São Paulo. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.24, p.1377-1384.

SOUSA, R.F.; BARBOSA, M.P.; SOUSA, S.P. JR.; NERY, A.R.; LIMA, A.N. Estudo da evolução espaço-temporal da cobertura vegetal do município de Boa Vista-PB, utilizando geoprocessamento. **Revista Caatinga**, v. 21, n.3, p. 22-30, 2008.

SOUZA, N. J. **Desenvolvimento Econômico**. 5º ed.. São Paulo: Atlas, 2005.

SOUZA, M. H.; VIEIRA, B. C. R.; OLIVEIRA, A. P. G.; AMARAL, A. A. MACROFAUNA DO SOLO. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.11 n.22; p. 2015.

URQUIAGA, S.; ALVES, B.J.R.; JANTALIA, C.P.; BODDEY, R.M. Variações nos estoques de carbono e emissões de gases de efeito estufa em solos das regiões tropicais e subtropicais do Brasil: Uma análise crítica. **Informações Agronomicas**, Seropédica, n.130, p. 12-21, 2010.

VALARINI, P.J.; SCHLICKMANN, S.; OLIVEIRA, F.R.; ISHIKAWA, S. Influência das práticas de manejo orgânico e convencional na qualidade do solo em produção familiar de hortaliças. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.2, p.257-260, 2007

VALERI, S. V.; POLITANO, W; SENO, K. C. A.; BARRETO, A. L. N. M. (EDITORES) **Manejo e recuperação Florestal**. Jaboticabal, Funesp. 2003, 180p.

VAZ, P. **Viagem por Minas Gerais com Ernst Götsch**. Disponível em: <http://tctp.cpatu.embrapa.br/bibliografia/7_viagem_por_mg_com_ernst_gotsch.pdf>. Acesso em: 12 de jan. 2018.

VEGA, M. L. B. P. **Fitomonitoração e modelagem de fotossíntese em jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) com redes neurais artificiais**. Tese (Doutorado) Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003. 188p.

VIEIRA, S.S.; ZOTTI, C.A.; PAULINO, V.T. **Práticas de manejo para minimizar a emissão de gases do efeito estufa associadas ou não ao uso de fertilizantes**. Nova Odesa: Instituto de Zootecnia. 2010. 45p.

VINCENZI, M. L. **Reflexões sobre o uso das pastagens cultivadas de inverno em Santa Catarina**. 1994. Trabalho apresentado como requisito para professor titular, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1994.

VITAL, A. R.T.; GUERRINI, I.A.; FRANKEN, W.K.; FONSECA, R.C.B. Produção de serapilheira e ciclagem de nutrientes de uma floresta estacional semidecidual em zona ripária. **Revista Árvore**, v.28, n.6, p.793-800, 2004.

ZECH, W.; SENESI, N.; GUGGENBERGER, G.; KAISER, K.; LEHMANN, J.; MIANO, T.M.; MILTNER, A. & SCHROTH, G. **Factors controlling humification and mineralization of soil organic matter in the tropics**. *Geoderma*, v.79, p.117-161, 1997.

WATKIN, B. R.; CLEMENTS, R. J. 1978. The effects of grazing animals on pastures. In: Wilson, J. R. (ed) **Plant Relations in Pastures**. CSIRO, Melbourne, Australia, p. 273-298.

CAPÍTULO II

CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA EM DIFERENTES PROFUNDIDADES DO SOLO SOB AGROECOSSISTEMAS E VEGETAÇÃO SECUNDÁRIA

RESUMO: As práticas de manejo do solo e das culturas provocam alterações nos atributos do solo, que podem significar perda de qualidade, afetando a sustentabilidade ambiental e econômica da atividade agrícola. Nessa pesquisa objetivou-se analisar a composição química do solo em diferentes profundidades sob agroecossistemas em comparação com área de vegetação secundária no município de Remígio- PB. O trabalho foi desenvolvido nas localidades Caiana e Mata Redonda, pertencentes ao município de Remígio- PB. Foram selecionadas quatro áreas, caracterizadas de acordo com o sistema de cultivo: sistema convencional, pastagem, sistema agroflorestal (SAF) e uma área com vegetação secundária. As amostras de solo foram coletas no período de julho a agosto/2017 para avaliação química no Laboratório de Solos do Centro de Ciências Humanas, Sociais e Agrárias (CCHSA) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Campus III, Bananeiras, PB. As variáveis estudadas foram analisadas pelo modelo estatístico, em delineamento inteiramente casualizado, com arranjo fatorial [(3x3)+1], sendo os fatores: sistema de cultivo (convencional, pastagem e sistema agroflorestal), profundidade (0-20; 20-40 e 40-60 cm) e um tratamento adicional correspondente a vegetação secundária. As variáveis analisadas foram: pH em H₂O (1:2,5), carbono orgânico (CO), fósforo (P) disponível, teores trocáveis de (Ca²⁺, Mg²⁺ e K⁺) e sódio (Na⁺), alumínio trocável (Al³⁺) e a acidez potencial (H⁺+ Al³⁺). Foram obtidas a soma de bases (SB), a capacidade de troca de cátions (CTC), saturação por bases (V%), saturação por alumínio (m%). A área com vegetação secundária apresentou maiores teores de matéria orgânica, independentemente da profundidade em comparação aos agroecossistemas em cultivo; acamada superficial (0-20 cm) apresentou em todas as áreas os maiores teores de matéria orgânica e nutriente, ocorrendo decréscimo em profundidade. Os teores de alumínio aumentaram com a profundidade do solo.

Palavras- chave: Práticas de manejo. Sistema de cultivo. Nutrientes do solo

CHEMICAL CHARACTERIZATION AT DIFFERENT SOIL DEPTHS UNDER AGROECOSYSTEMS AND SECONDARY VEGETATION

ABSTRACT: Management and crop practices cause alterations in soil attributes, which can mean loss of quality, affecting the environmental and economic sustainability of the agricultural activity. The objective of this research was to analyze the chemical composition of the soil at different depths under the agroecosystems in comparison with the area of secondary vegetation in the municipality of Remígio-PB. The work was developed in the localities of Caiana and Mata Redonda, belonging to the municipality of Remígio - PB. Four areas were selected, characterized according to the cultivation system: conventional system, pasture, agroforestry system (SAF) and an area with secondary vegetation. Soil samples were collected from July to August / 2017 for chemical evaluation at the Soil Laboratory of the Federal University of Paraíba (UFPB), Campus III, Bananeiras, PB, at the Center for Human, Social and Agricultural Sciences (CCHSA). The studied variables were analyzed using the statistical model, in a completely randomized design, in a factorial arrangement [(3x3) +1], being the factors: cultivation system (conventional, pasture and agroforestry system), depth (0-20; 20-40 and 40-60 cm) and an additional treatment corresponding to secondary vegetation. The variables, in the first experiment, were studied for the active acidity by pH in H₂O (1: 2,5) organic carbon (CO), available phosphorus (P), exchangeable contents of (Ca²⁺, Mg²⁺ and K⁺), exchangeable aluminum (Al³⁺) and potential acidity (H⁺ + Al³⁺). The sum of bases (SB), cation exchange capacity (CTC), base saturation (V%) and aluminum saturation (m%) were obtained. The secondary vegetation area presented higher levels of organic matter, regardless of the depth in comparison to the agroecosystems under cultivation; the superficial layer (0-20 cm) presented in all areas the highest levels of organic matter and nutrient, decreasing in depth. The aluminum contents increased with soil depth.

Key words: Management practices. Cultivation system. Soil nutrients.

1. INTRODUÇÃO

Diversos estudos têm sido realizados para avaliar os atributos químicos do solo, sob diferentes usos e manejos, pois o conhecimento da fertilidade dos solos é um dos fatores primordiais para a obtenção de sucesso na atividade agrícola (PERIN et al., 2003; LOPES et al., 2006; MOTA et al., 2007; FRAZÃO et al., 2008).

Diferentes operações de preparo do solo afetam diretamente a fertilidade, pois alteram a distribuição e a disponibilidade dos nutrientes no perfil, além disso, essa perda também pode ser atribuída ao manejo inadequado do solo devido à substituição da cobertura vegetal original para a implantação de culturas, o que está diretamente ligado à perda pela degradação da matéria orgânica do solo (MO), principalmente pelo constante revolvimento na preparação da terra para o cultivo (OLIVEIRA, 2007; ARATANI, 2008; LUCENA et al., 2017).

De acordo com Altieri (2002), uma das alternativas para manter ou melhorar a fertilidade do solo, é a utilização de sistemas de culturas que possam adicionar material orgânico, proporcionando um balanço entre a adição e a retirada ou perda desses elementos por meio dos sistemas de cultivo, visto que os estoques de matéria orgânica em qualquer agroecossistema é obtido pela interação dos fatores que determinam sua formação e aqueles que promovem sua decomposição. Os sistemas agroflorestais de acordo com Salmi et al. (2009), surgem como alternativa devido a combinação de espécies florestais com cultivos agrícolas e adicionados ou não às atividades pecuárias, que resultam em um sistema de maior sustentabilidade e proteção ambiental quando comparado ao sistema convencional.

Xavier et al. (2011), em seu estudo destacam a importância das árvores na reciclagem de nutrientes ao observar o aumento no teor de matéria orgânica e de outros nutrientes no solo pela deposição de serrapilheira pelas árvores. A serrapilheira constitui-se fonte essencial de entrada de carbono no solo, mas também atua como saída de carbono orgânico no ecossistema. Uma vez depositada sobre o solo, sofre decomposição por micro-organismos, os quais utilizam a matéria orgânica como substrato, eliminando CO₂ pela respiração e liberando nutrientes para o solo os quais serão absorvidos pelas raízes das plantas, processo essencial na reposição da fertilidade do solo (EWEL, 1976).

Além de disponibilizar nutrientes para o solo e consequentemente para as plantas e fauna edáfica, a serrapilheira, está envolvida na manutenção da umidade do solo, diminuição da erosão e melhoria das características físico-químicas e biológicas do solo (HOLANDA et al., 2015).

Swift et al. (1979), relacionam a fauna, a composição do material orgânico depositado e as condições edafoclimáticas do ambiente, como fatores condicionantes para decomposição da matéria orgânica do solo.

A fixação de carbono acontece tanto através da biomassa acima do solo na forma de troncos, galhos como também na biomassa abaixo da superfície do solo na forma de raiz (NAIR et al., 2003). Neves (2004), obteve teores de carbono orgânico influenciados pela profundidade, visto que a camada superficial do solo é a zona onde a deposição de materiais orgânicos ocorre com maior intensidade.

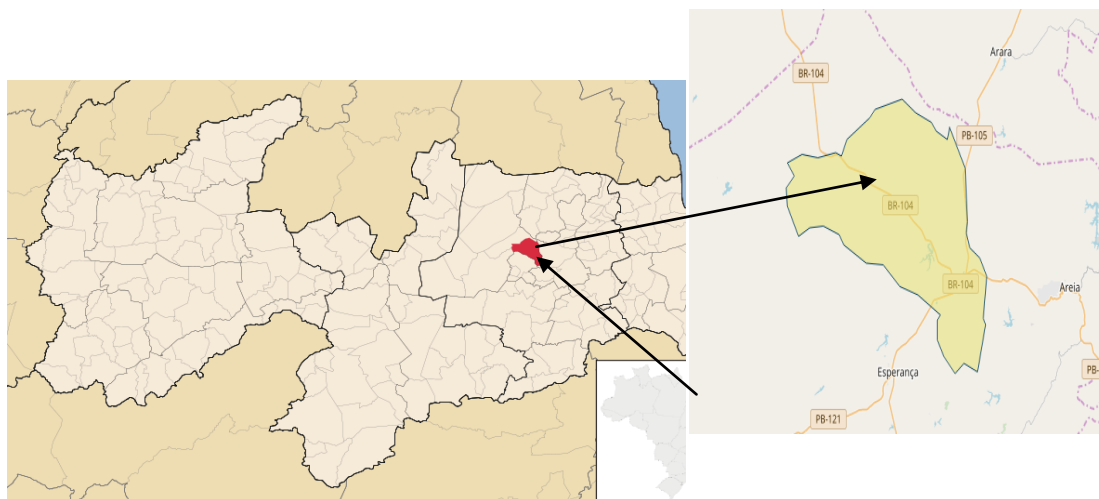
Nessa pesquisa objetivou-se analisar a composição química do solo em diferentes profundidades sob agroecossistemas em comparação com área de vegetação secundária no município de Remígio- PB.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Caracterização da área de estudo

O trabalho foi desenvolvido nas localidades Caiana e Mata Redonda, município de Remígio- PB, localizado na Mesorregião do Agreste Paraibano, Microrregião do Curimataú Ocidental e inserido na unidade geoambiental do Planalto da Borborema (CPRM, 2005).

Figura 2.1: Mapa de localização do município de Remígio- PB



Fonte: IBGE, 2016 e Abreu, 2006

Pela classificação de Köppen, o clima da região é do tipo As' (clima quente com período chuvoso de março a junho), e pluviosidade média em 2017 entre 700 e 800 mm, conforme a Figura 2.2, temperaturas médias anuais mínimas de 17 a 20 °C e máximas de 22 a 26 °C e umidade relativa do ar próximo a 79% (ALVAREZ et al., 2014).

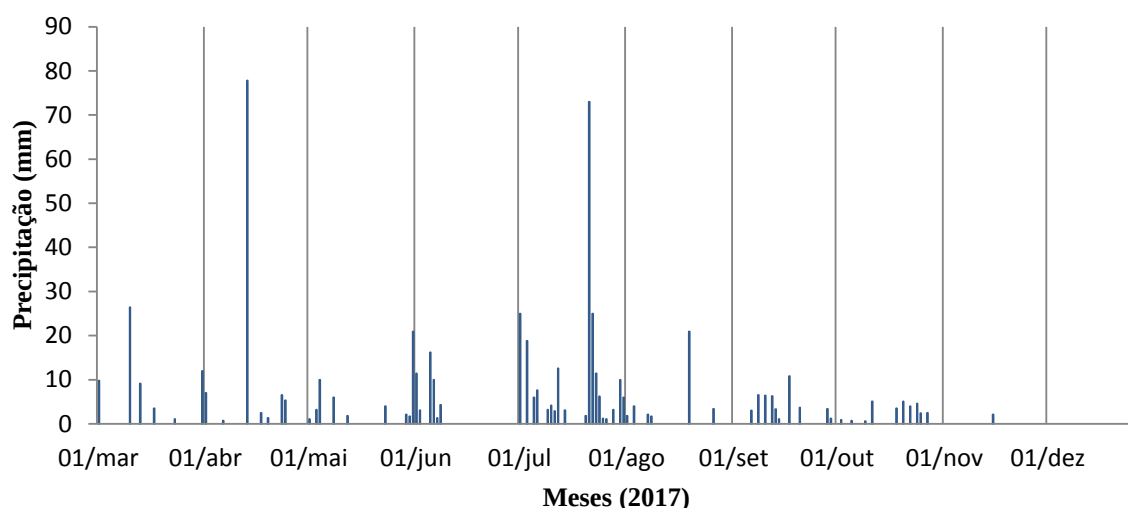


Figura 2.2: Histórico de precipitação dos meses de janeiro á dezembro 2017 do município de Remígio- PB

Fonte: <http://www.aesa.pb.gov.br/>

2.2. Caracterização dos ambientes

Foram selecionadas quatro áreas, caracterizadas de acordo com o sistema de cultivo, área com sistema de cultivo convencional, área com implantação de pastagem, área com sistema agroflorestal (SAF) e uma área com vegetação secundária, localizadas respectivamente no município Remígio- PB, conforme Tabela 2.1. Levou-se em consideração para a escolha dos ambientes o tempo de cultivo, o uso e as práticas de manejo adotadas.

Tabela 2.1. Localização com GPS (Global Positioning System) dos ambientes de coleta de solo no município de Remígio- PB

Ambientes	Latitude	Longitude	Messoregião do Agreste Paraibano
			Microrregião
Convencional	S 06° 59'444"	W 035° 47'973"	Remígio
Pastagem	S 07° 00'467"	W 035° 46'735"	Remígio
SAf	S 07° 00'663"	W 035° 46'877"	Remígio
Vegetação Secundária	S 06° 00'647"	W 035° 46'769"	Remígio

Propriedade I-(Mata Redonda)

Caracteriza-se por ser uma área com o uso intensivo da terra que vem sendo manejada há mais de 25 anos. O sistema de cultivo é monocultura rotacional, as culturas utilizadas são: *Solanum tuberosum* (batata), *Manihot esculenta* Crantz (mandioca) e *Phaseolus vulgaris* (feijão). No preparo da terra utilizam-se implementos agrícolas e a adubação é feita com esterco bovino.



Figura 2.3: Sistema de cultivo convencional

Propriedade II-(Caiana)

Caracteriza-se por uma área de pastagem manejada a mais de oito anos com capim baquiária (*Brachiaria brizantha*). Nesta área ocorre entrada de animais com taxa de lotação, em média de 5 a 15 unidade animal (U.A), com período de ocupação diário tendo descanso apenas no período noturno porque os animais são conduzidos para o curral. Não há reforma de pasto nem aplicação de implementos agrícolas.



Figura 2.4: Agroecossistema pastagem

Propriedade III-(Caiana)

Área com sistema agroflorestal (SAF) estabelecido a cerca de dez anos. Pode-se observar espécies agrícolas anuais, frutíferas e arbóreas, dentre algumas espécies: *Citrus sinensis* L. Osbeck (laranja), *Mangifera indica* (manga), *Artocarpus heterophyllus* (jaca), *Persea americana* (abacate), *Musa* (banana). As práticas de manejo adotadas são poda, adubação verde, capinas, roços manuais e adubação com esterco bovino.



Figura 2.5: Sistema agroflorestal (SAF)

Propriedade IV- (Caiana)

Propriedade com vegetação secundária típica de agreste, dentre algumas espécies encontra-se: *Byrsonima crassifolia* L.Rich (murici), *Anacardium occidentale* (cajueiro), *Mangifera indica* (mangueira), *Hymenaea courbaril* (jatobá), *Schinus terebinthifolius* (aroeira), *Pterodon emarginatus* (sucupira), *Mimosa tenuiflora* (jurema), *Tabebuia* (pau-d'arco), *Cecropia* (imbaúba), *Acacia glomerosa* (espinheiro preto).



Figura 2.6: Vegetação Secundária

2.3. Coleta das amostras de solo

As amostras de solo em cada propriedade foram coletas no período de julho a agosto de 2017, nas camadas de 0-20, 20-40 e 40-60 cm, com cavador articulado. Cada área (convencional, pastagem, sistema agroflorestal e vegetação secundária) foi percorrida em zigue- zague, conforme critérios da Sociedade Brasileira de Ciências do solo (SBCS, 213) para coleta de amostra de solo, demarcando-se 10 pontos de coletas e três repetições por profundidade, totalizando 360 amostras, das quais 90 amostras por área.

Após coletadas as amostras de solo foram secas à sombra, destorroadas, passadas em peneira com malha de 2 mm de malha, condicionadas em sacos plásticos devidamente identificados e levadas para o Laboratório de Solos do Centro de Ciências Humanas, Sociais e Agrárias (CCHSA) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Campus III, Bananeiras- PB.

As análises realizadas foram: pH em H₂O (1:2,5), carbono orgânico (CO), fósforo (P) disponível , teores trocáveis de (Ca²⁺, Mg²⁺ e K⁺) e sódio (Na⁺), alumínio trocável (Al³⁺) e a acidez potencial (H⁺+ Al³⁺) empregando as metodologias sugeridas por Embrapa (2017). Foram obtidas a soma de bases (SB), a capacidade de troca de cátions (CTC), saturação por bases (V%) e a saturação por alumínio (m%).

O potencial de hidrogenização (pH) em água foi determinado por eletrodo combinado imerso em suspensão solo: líquido, onde foram colocados 10 mL de solo em copo plástico e adicionado 25 ml de água. As amostras foram agitadas e após a agitação permaneceram em repouso por uma hora, transcorrido o tempo foram novamente agitadas com bastão de vidro, e em seguida o eletrodo foi mergulhado na suspensão homogeneizada para que a leitura do pH fosse obtida.

O carbono orgânico foi extraído através do método de Walkley-Black (oxi-redução), em que a matéria orgânica é oxidada com o uso de dicromato de potássio. A matéria orgânica foi obtida pela multiplicação do teor de carbono pela constante 1,724.

O fósforo e o potássio foram extraídos a partir da solução extratora de Mehlich-1, composta de um duplo ácido (ácido clorídrico a 0,05 N + ácido sulfúrico a 0,025 N) na razão solo: solução de 1 para 10, sendo o fósforo determinado por colorimetria, pelo

método do azul de molibdênio, tendo como redutor o ácido ascórbico e o potássio por fotometria de chama.

O cálcio, magnésio e o alumínio trocável foram extraídos por uma solução de cloreto de potássio a 1N, sendo o Ca^{2+} e Mg^{2+} determinados por titulação com EDTA-Na 0,025 N, e o alumínio por titulação com NaOH a 0,025 N.

A determinação da acidez potencial ($\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$) foi realizada pela solução extratora de acetato de cálcio a 1N a pH 7,0, em seguida titulada com EDTA-Na a 0,025N, tendo como indicador da reação a fenolftaleína (três gotas por alíquota).

A soma de bases (SB) é a soma das bases trocáveis que indica o número de cargas negativas dos colóides que estão ocupadas por bases, utilizando-se a expressão 1:

$$SB = \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^+ + \text{Na}^+ \quad (1)$$

A capacidade de troca catiônica (CTC) do solo é soma dos cátions que o solo pode reter na superfície coloidal prontamente disponível a assimilação pelas plantas. Indica a quantidade de cargas negativas que o solo poderia apresentar se o pH fosse 7. Em sua fórmula incluindo-se as bases trocáveis (SB) e a acidez potencial ($\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$), com o uso da expressão 2:

$$CTC = \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^+ + \text{H}^+ + \text{Al}^{3+} \quad (2)$$

A percentagem de saturação por bases (V%) indica a porcentagem do total de cargas negativas ocupadas por bases. A saturação por bases é um indicador das condições gerais de fertilidade do solo. Solos com $V\% \geq 50\%$ são denominados solos eutróficos (férteis), solos com $V\% \leq 50\%$ são pouco férteis (ROQUIM, 2010). É obtida utilizando-se a expressão 3:

$$V (\%) = [(SB \times 100) / CTC] \quad (3)$$

A percentagem de saturação por alumínio (m%) – mede a percentagem da CTC efetiva que está ocupada pelo alumínio trocável. Geralmente, quanto mais ácido é um solo, maior o teor de alumínio trocável, menores os teores de Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ e K^+ , menor a soma de bases e maior a percentagem por saturação por alumínio, utilizando-se a expressão 4:

$$m (\%) = [(\text{Al}^{3+} \times 100) / SB + \text{Al}^{3+}] \quad (4)$$

2.4. Delineamento experimental

As variáveis estudadas foram analisadas utilizando-se o modelo estatístico, em delineamento inteiramente casualizado, em arranjo fatorial [(3x3)+1], sendo os fatores: sistema de cultivo (convencional, pastagem e sistema agroflorestal), profundidade (0-20; 20-40 e 40-60 cm) e o tratamento adicional (vegetação secundária).

Seguindo o modelo matemático abaixo:

$$Y_{ijvm} = \mu + A_i + P_j + \alpha(AP)_{ij} + \varepsilon_{ijm} \quad (1)$$

e

$$Y_{kh} = \mu + \tau + \varepsilon_{kh} \quad (2)$$

Em que:

Y_{ijvm} = valor observado para a variável resposta relacionada ao i -ésimo nível dos ambientes com j -ésimo nível das profundidades do solo na m -ésima repetição;

μ = média geral do experimento;

A_i = efeito dos ambientes i ;

P_j = efeito das profundidades do solo j ;

$(AP)_{ij}$ = efeito da interação dos ambientes i com as profundidades do solo j ;

ε_{ijm} = erro experimental associado a cada observação.

Y_{ijm} = valor observado para a variável resposta relacionada a h -ésimo repetição do tratamento adicional;

τ = efeito do tratamento adicional;

ε_{kh} = erro experimental associado ao tratamento adicional e supõe-se que $\varepsilon_{kh} \sim N(0, \sigma^2)$ é independente.

2.5. Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, utilizando-se o programa computacional Software “*Statistical Analysis System*” (SAS, 2012). Os dados referentes à caracterização química do solo foram analisados pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os dados da caracterização química do solo (x) foram transformados ($Y = \sqrt{x + 0,5}$) antes da ANOVA para homogeneização da variância e normalização dos dados.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Exceto sobre os valores de pH, magnésio, soma de base, saturação por alumínio, que variaram significativamente entre os ambientes (A) e profundidades (Z), com exceção do sódio que tem efeito de interação apenas para ambientes, os componentes da fertilidade do solo referentes a fósforo, potássio, hidrogênio+alumínio, alumínio, cálcio, capacidade de troca de cátions, saturação por alumínio, matéria orgânica e carbono orgânico (Tabela 2.2 e 2.3) foram influenciados pelos efeitos da interação entre ambiente (A) e profundidade (Z).

Tabela 2.2. Resumo das análises de variância (ANOVA) para as variáveis potencial hidrogeniônico (pH), fósforo (P), potássio (K^+), sódio (Na^+), hidrogênio+alumínio ($H^+ + Al^{3+}$), alumínio (Al^{3+}) e cálcio (Ca^{2+}) de ambientes em a relação às profundidades de coletas de amostras de solo, Remígio- PB

		Quadrado Médio						
		pH	P	K^+	Na^+	$H^+ + Al^{3+}$	Al^{3+}	Ca^{2+}
FV	GL	H ₂ O (1:2,5)	-----mg dm ⁻³ -----			-----cmol _c dm ⁻³ -----		
A	2	0,06**	14,59***	99,22***	0,008***	2,90***	0,95***	3,20***
Z	2	0,33***	13,50***	205,54***	0,0004 ^{ns}	1,76***	1,63***	2,93***
A x Z	4	0,009 ^{ns}	1,84**	21,47***	0,0001 ^{ns}	0,16**	0,07*	0,24***
Resíduo	269	0,01	0,38	3,16	0,0002	0,06	0,03	0,03

^{ns}, 0,01 ** e <0,0001 *** : não significativo e significativo pelo teste F, respectivamente

A- Ambientes e Z- Profundidade do solo

Tabela 2.3. Resumo das análises de variância (ANOVA) para as variáveis magnésio (Mg^{2+}), soma de base (SB), capacidade de troca de cátions (CTC), saturação por base (v), saturação por alumínio (m), matéria orgânica (MO) e carbono orgânico (CO) de ambientes em a relação às profundidades de coletas de amostras de solo, Remígio- PB

FV	GL	Quadrado Médio						
		Mg^{2+}	SB	CTC	V	m	MO	CO
		--- $cmol_c dm^{-3}$ ---			-----%-----		----- g/kg^{-1} -----	
A	2	3,27***	6,28***	7,55***	15,23***	41,60***	36,61***	20,71***
Z	2	0,90***	4,35***	1,06***	35,40***	122,01***	50,01***	28,28***
A x Z	6	0,06 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,12*	1,71*	3,20 ^{ns}	0,63*	0,36*
Resíduo	269	0,03	0,05	0,05	0,39	1,72	0,15	0,08

^{ns}, 0,01 ^{**} e <0,0001 ^{***}: não significativo e significativo pelo teste F, respectivamente

A- Ambientes e Z- Profundidade do solo

3.1.Efeito da interação entre os fatores ambientes e profundidades

Para o fósforo (Tabela 2.4), à medida que a profundidade do solo aumenta ocorre uma diminuição da disponibilidade e perda desse nutriente em todos os agroecossistemas. Observa-se que o agroecossistema convencional quando comparado aos demais foi o que apresentou os maiores valores desse nutriente no solo, porém a maior perda também ocorre nesse mesmo sistema, com $30,44 \text{ mg dm}^{-3}$ em 0-20 cm para $18,35 \text{ mg dm}^{-3}$ em 40-60 cm de profundidade, o que pode interferir negativamente na fertilidade do solo e consequentemente sua produtividade. A redução dos teores de fósforo com o aumento da profundidade pode estar ligado à baixa mobilidade deste nutriente no solo (PRADO, 2012). De acordo com Ribeiro et al. (1999), valores de fósforo são considerados adequados quando estão acima de 30 mg dm^{-3} .

Em relação à disponibilidade do potássio (Tabela 2.4), a perda mais considerável foi para a pastagem que inicialmente foram encontradas teores de $137,65 \text{ mg dm}^{-3}$ em 0-20 cm passando para $48,15 \text{ mg dm}^{-3}$ em 40-60 cm de profundidade, em comparação ao SAF, que apresentou menor perda com o aumento da profundidade, variando de $69,73 \text{ mg dm}^{-3}$ em 0-20 cm para $42,14 \text{ mg dm}^{-3}$ em 40-60 cm. Os maiores valores de potássio foram obtidos nas camadas superficiais para todos os agroecossistemas. Segundo Ribeiro et al. (1999), esses teores estão dentro dos níveis médios, que variam de $41-70 \text{ mg dm}^{-3}$.

Tabela 2.4. Desdobramento do fósforo e potássio em função dos agroecossistemas (convencional, pastagem e SAF) e as diferentes profundidades (0-20; 20-40 e 40-60 cm) de coleta de solo, Remígio- PB

Agroecossistemas	Profundidades (cm)		
	0-20	20-40	40-60
		P (mg dm ⁻³)	
Convencional	30,44 ^{aA}	20,02 ^{aB}	18,35 ^{aB}
Pastagem	30,87 ^{aA}	27,49 ^{bA}	28,35 ^{bA}
SAF	25,47 ^{bA}	19,64 ^{bB}	18,82 ^{bB}
		K (mg dm ⁻³)	
Convencional	88,81 ^{bA}	70,48 ^{aA}	52,83 ^{aB}
Pastagem	137,65 ^{aA}	86,82 ^{aB}	48,15 ^{aC}
SAF	69,73 ^{bA}	43,20 ^{bB}	42,14 ^{aB}

^{ab}médias seguidas de letras minúsculas na coluna diferem de acordo com os agroecossistemas pelo teste Tukey (p<0,05),

^{AB}médias seguidas de letras maiúscula na linha diferem de acordo com as profundidades pelo teste Tukey (p<0,05).

Em relação aos teores médios de acidez potencial ($H^+ + Al^{3+}$), observados na Tabela 2.5, constatou-se que os agroecossistemas convencional (4,54 cmol_cdm⁻³), pastagem (6,37 cmol_cdm⁻³) e SAF (6,70 cmol_cdm⁻³) obtiveram maiores médias na profundidade de 20-40 cm. De acordo com Ribeiro et al., (1999), valores de acidez em torno de 2,51 a 5,0 cmol_cdm⁻³ são considerados de acidez média. Algumas argilas (i.e., argilas do tipo 1:1), minerais do solo (aluminossilicatos) e óxidos (óxidos de alumínio) tem o Al^{3+} como um dos seus principais constituintes (BRADY; WEIL 2013; SOUSA et al. 2007). Em regra geral, o Al^{3+} pode influenciar a acidez do solo através da ação tóxica a muitos organismos edáficos e através das reações de hidrólise, onde o Al^{3+} se liga as hidroxilas, promovendo aumento dos teores de H^+ na solução do solo.

Ainda na Tabela 2.5, observa-se que para os teores de alumínio os agroecossistemas pastagem e SAF não diferiram (p<0,05) entre si. Os maiores teores desse elemento foram obtidos nas camadas mais profundas (20-40 e 40-60 cm) para todos os agroecossistemas, sendo que para o sistema de cultivo convencional os valores de 0,30 e 0,38 cmol_cdm⁻³ obtidos nas profundidades de 20-40 e 40-60 cm são considerados baixos, de acordo com Ribeiro et al. (1999), já os agroecossistemas pastagem (0,73 e 0,92 cmol_cdm⁻³) e saf (0,85 e 0,81 cmol_cdm⁻³) são considerados de acidez alta, evidenciando elevado teor de alumínio tóxico, fato que pode está associado aos baixos valores do pH (Figura 2.7A). Se o alumínio for absorvido, pode alterar a fisiologia e a morfologia da planta cultivada,

podendo inibir o crescimento radicular e influenciar na disponibilidade de outros nutrientes e processos como a mineralização da matéria orgânica (MIGUEL, 2010).

A correção do solo com calcário eleva o pH e insolubiliza o Al^{3+} tornando-o inofensivo para as raízes e processos do solo (SOBRAL, 2015; IWATA, 2012). As camadas mais profundas do solo abaixo de 20 cm podem conter alumínio tóxico, limitando a produtividade, principalmente em regiões onde é frequente a ocorrência de veranicos (SOUSA; LOBATO, 1996). A aplicação de gesso é uma possibilidade de diminuir a saturação do alumínio nestas camadas mais profundas do solo, porém o gesso não neutraliza a acidez do solo, fazendo-se necessário ainda à correção da camada superficial (SOUSA; LOBATO, 2004). A toxidez do alumínio causa prejuízo, refletindo negativamente na absorção de nutrientes pela cultura (SANTOS et al., 2012).

Para o cálcio (Tabela 2.5) à medida que a profundidade aumenta diminui sua disponibilidade para todos os agroecossistemas. O SAF obteve os maiores valores em todas as profundidades quando comparadas aos demais agroecossistemas. Em relação à profundidade observa-se que a disponibilidade de cálcio é maior em camadas superficiais do solo, em consequência da disponibilidade desse nutriente nos resíduos vegetais em decomposição (PAVINATO et al., 2009).

Tabela 2.5. Desdobramento de hidrogênio+alumínio, alumínio e cálcio em função dos agroecossistemas (convencional, pastagem e SAF) e as diferentes profundidades (0-20; 20-40 e 40-60 cm) de coleta de solo, Remígio- PB

Agroecossistemas	Profundidades (cm)		
	0-20	20-40	40-60
	$\text{H}^+ + \text{Al}^{+3} \text{ (cmol}_c\text{dm}^{-3})$		
Convencional	3,75 ^{bB}	4,54 ^{aA}	4,38 ^{bAB}
Pastagem	4,57 ^{aB}	6,37 ^{aA}	6,01 ^{aA}
SAF	5,22 ^{aB}	6,70 ^{aA}	5,57 ^{aB}
	$\text{Al}^{+3} \text{ (cmol}_c\text{dm}^{-3})$		
Convencional	0,08 ^{bB}	0,30 ^{bA}	0,38 ^{bA}
Pastagem	0,28 ^{aB}	0,73 ^{aA}	0,92 ^{aA}
SAF	0,21 ^{aB}	0,85 ^{aA}	0,81 ^{aA}
	$\text{Ca}^{+2} \text{ (cmol}_c\text{dm}^{-3})$		
Convencional	2,20 ^{bA}	1,66 ^{bB}	1,48 ^{bB}
Pastagem	2,06 ^{bA}	1,76 ^{bA}	1,00 ^{cB}
SAF	3,82 ^{aA}	2,35 ^{aB}	2,19 ^{aB}

^{ab}médias seguidas de letras minúsculas na coluna diferem de acordo com os agroecossistemas pelo teste Tukey ($p < 0,05$),

^{AB}médias seguidas de letras maiúscula na linha diferem de acordo com as profundidades pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

Na Tabela 2.6, pode-se observar que a capacidade de troca de Cátions (CTC), avaliada no SAF obteve as maiores médias, independente da profundidade estudada e do agroecossistema avaliado. A CTC é condicionada pela proporção relativa dos diferentes tipos de colóides do solo, bem como pela CTC de cada um deles, entendido assim que, como a carga iônica de determinado complexo que é capaz de adsorver íons, influenciando na disponibilidade de elementos nutricionais para absorção das plantas (BRADY; WEIL, 2013). De acordo com Ribeiro et al. (1999), os valores de CTC podem ser classificados como médio quando estão em torno de 4,31- 8,6 $\text{cmol}_c\text{dm}^{-3}$ e muito bom quando estão acima de 8 $\text{cmol}_c\text{dm}^{-3}$.

Para saturação por bases (V), Tabela 2.6, o maior valor foi encontrado no agroecossistema SAF em comparação aos demais. As camadas superficiais apresentaram os maiores valores. Em solos com saturação por bases menor que 50%, as cargas estão ocupadas por componentes da acidez H^+ ou Al^{3+} e necessitam de correção (SOBRAL, 2015). A saturação por bases é um excelente indicativo das condições gerais de fertilidade do solo. Segundo Ronquim (2010), solos com $V\% \geq 50\%$ são considerados solos eutrófico (férteis) e distróficos (pouco férteis) quando $V\% \leq 50\%$. Foi observado que maiores valores de saturação por bases em SAF no semiárido cearense foi atribuído à eficiência desse sistema na ciclagem de nutrientes (MAIA et al., 2006).

Tabela 2.6. Desdobramento da capacidade de troca de cátions e saturação por base em função dos agroecossistemas (convencional, pastagem e SAF) e as diferentes profundidades (0-20; 20-40 e 40-60 cm) de coleta de solo, Remígio- PB

Agroecossistemas	Profundidades (cm)		
	0-20	20-40	40-60
	CTC ($\text{cmol}_c\text{dm}^{-3}$)		
Convencional	7,80 ^{ba}	7,66 ^{ca}	6,88 ^{ca}
Pastagem	8,62 ^{bb}	9,63 ^{ba}	8,27 ^{bb}
SAF	11,75 ^{aa}	11,59 ^{aa}	9,94 ^{ab}
	V (%)		
Convencional	52,16 ^{abA}	40,93 ^{ab}	36,12 ^{bb}
Pastagem	47,94 ^{ba}	34,32 ^{bb}	28,29 ^{cc}
SAF	55,18 ^{aA}	42,40 ^{ab}	44,68 ^{ab}

^{ab} médias seguidas de letras minúsculas na coluna diferem de acordo com os agroecossistemas pelo teste Tukey ($p < 0,05$),

^{AB} médias seguidas de letras maiúscula na linha diferem de acordo com as profundidades pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

Para os teores de matéria orgânica (MO) e carbono orgânico (CO) presentes no solo (Tabela 2.7), observou-se que as maiores médias foram obtidas na camada superficial (0-20 cm) e decresceu à medida que houve aumento da profundidade nas coletas amostrais, isso ocorreu independente do agroecossistema avaliado, embora com o SAF tenha-se obtido valores mais elevados para essas variáveis. Uma característica importante da matéria orgânica, é sua diversidade química, consequentemente diversidade de grupamentos funcionais, possuindo poder tampão numa ampla faixa de pH influenciando assim na disponibilidade de nutrientes (SILVA; MEDONÇA, 2007).

Além de fonte de nutriente a matéria orgânica desempenha um papel fundamental nos ecossistemas. Por ser o terceiro maior estoque de carbono da biosfera a matéria orgânica possui um importante papel para o balanço de carbono, sendo que em termos globais aproximadamente 2400 Pg (10^{15} g) de carbono são armazenados no solo em forma de matéria orgânica (BRADY; WEIL, 2013).

A fixação de carbono acontece tanto através da biomassa acima do solo na forma de troncos, galhos e folhas como também na biomassa abaixo do solo na forma de raiz e principalmente no input de matéria orgânica (NAIR et al., 2009). Os SAFs possuem capacidade de aumentar a matéria orgânica no solo e assim o estoque de carbono, influência essa que acontece principalmente na fração de carbono lábil, fração esta constituída pelos compostos mais facilmente mineralizáveis pelos microrganismos (BARRETO et al., 2010; GUIMARÃES et al., 2014).

Tabela 2.7. Desdobramento da matéria orgânica e carbono orgânico e em função dos agroecossistemas (convencional, pastagem e SAF) e as diferentes profundidades (0-20; 20-40 e 40-60 cm) de coleta de solo, Remígio- PB

Agroecossistemas	Profundidades (cm)		
	0-20	20-40	40-60
	MO (g/kg ⁻¹)		
Convencional	17,57 ^{cA}	10,80 ^{cB}	7,05 ^{cC}
Pastagem	21,76 ^{bA}	18,07 ^{bB}	11,39 ^{bC}
SAF	29,34 ^{aA}	23,00 ^{aB}	14,40 ^{aC}
	CO (g/kg ⁻¹)		
Convencional	10,19 ^{cA}	6,62 ^{cB}	4,09 ^{cC}
Pastagem	12,62 ^{bA}	10,48 ^{bB}	6,60 ^{bC}
SAF	17,02 ^{aA}	13,34 ^{aB}	8,35 ^{aC}

^{ab} médias seguidas de letras minúsculas na coluna diferem de acordo com os agroecossistemas pelo teste Tukey (p<0,05),

^{AB} médias seguidas de letras maiúscula na linha diferem de acordo com as profundidades pelo teste Tukey (p<0,05).

3.2. Efeito dos agroecossistemas nas características químicas do solo

Em relação aos valores médios de pH Figura 2.7A, observa-se que o sistema agroflorestal -SAF (5,1) e o sistema de cultivo convencional (4,9), obtiveram os maiores valores. Isso indica que sistemas de cultivo com que pH em torno de 5 possuem uma acidez elevada, enquanto o pH em torno de 4 é considerado de acidez muito elevada (LOPES, 2006). Assim, essa faixa de pH em torno de 5 reduz a disponibilidade de nutrientes como o fósforo, cálcio, magnésio, o que ocasiona uma deficiência dos mesmos, enquanto o teor de alumínio tende a ser mais elevado.

A faixa ideal de pH para as culturas é em torno de 6 a 6,5 (FAQUIN, 2005). A acidez do solo é um dos principais fatores de baixa produtividade dos solos, fazendo-se necessário a correção através da calagem ou aplicação de calcário.

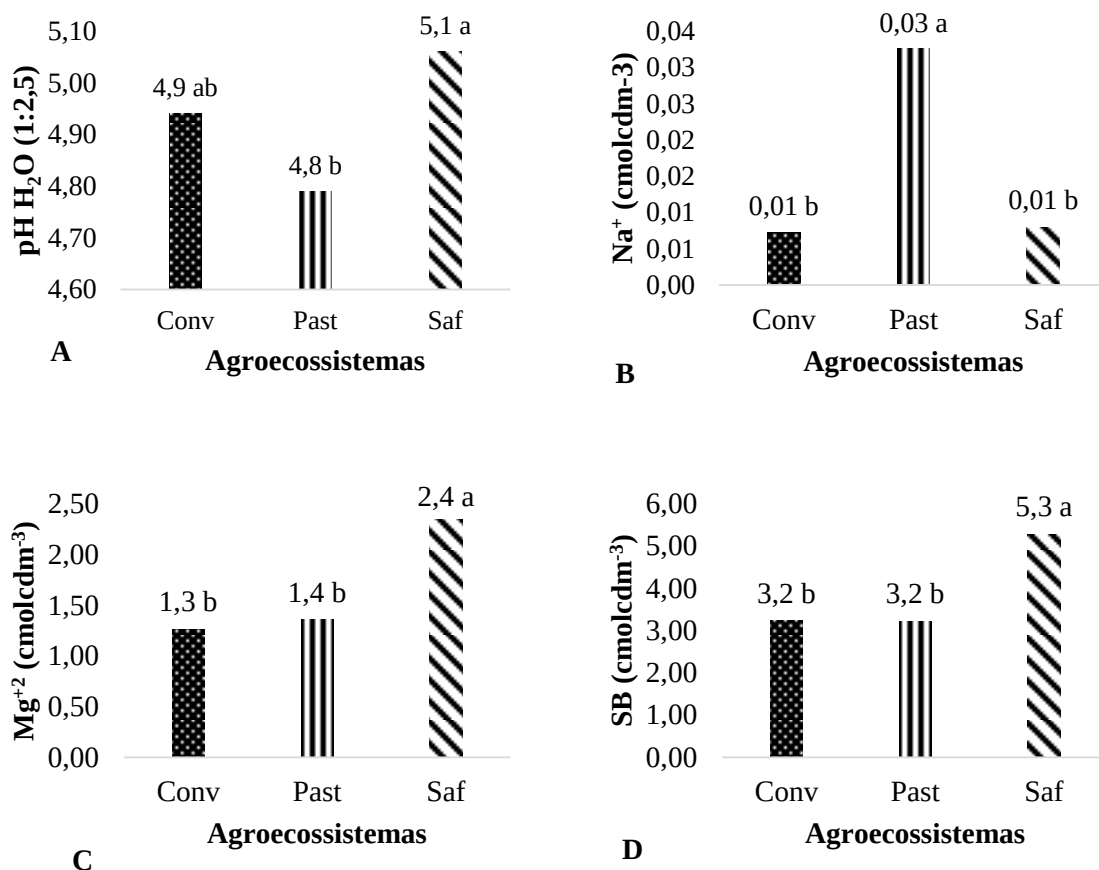
Para o sódio a maior média obtida foi no agroecossistema pastagem ($0,03 \text{ cmol}_c\text{dm}^{-3}$), indicando que o solo mais salino, fator este relacionado ao pH abaixo de 8, em contra partida o convencional e a saf não diferiram estatisticamente, obtendo os menores valores (figura 2.7B). A salinidade é encontrada em solos de locais áridos e semiáridos, por apresentar maior evapotranspiração e insuficiência de chuvas impedindo que ocorra uma maior lixiviação dos sais na zona das raízes das plantas, dificultando a absorção de água pelas mesmas, ocasionando grandes prejuízos de ordem econômica, além da presença do sódio promover modificações na estrutura do solo (COSTA et al., 2004; PEDROTTI et al., 2015).

As partículas que compõem o solo apresentam a capacidade de adsorver cátions em sua superfície, logo o processo de salinização envolve um aumento na concentração de sais solúveis de sódio (Na), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e potássio (K), que irão liberar os cátions Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ . Os cátions adsorvidos podem ser trocados por outros que estejam dissolvidos na solução do solo, em um fenômeno chamado de capacidade de troca catiônica (GUARÇONI; SILVA, 2008).

Para o teor de magnésio (Figura 2.7C), os agroecossistemas convencional e pastagem apresentaram as menores médias ($1,3 \text{ cmol}_c\text{dm}^{-3}$) e o SAF a maior ($2,4 \text{ cmol}_c\text{dm}^{-3}$), porém de acordo Ribeiro et al. (1999), valores de magnésio acima de $0,9 \text{ cmol}_c\text{dm}^{-3}$ são considerados muito bom, o que nos mostra que apesar de estatisticamente existir diferença entre os agroecossistemas os valores desse nutriente se encontra dentro do adequado.

Na figura 2.7D, o maior valor encontrado para a variável soma de base (SB) foi no agroecossistema SAF (5,3 $\text{cmol}_c\text{dm}^{-3}$), enquanto o convencional obteve menor valor (3,2 mg/dm^3) junto com a pastagem. Um dos fatores que podem ter influenciado os maiores valores no SAF é por possuírem adubação verde natural, pela presença de árvores nesses locais e o aporte de material na superfície. Isso corrobora com o observado por Damatto Junior et al. (2006), que examinaram as alterações em propriedades de solo concluindo que a SB foi influenciada pelos tratamentos com adubação orgânica, apresentando aumento linear em função das doses de composto recebido e que a testemunha apresentou os menores valores para este parâmetro. A soma de base é a soma dos teores de cátions permutáveis, exceto H^+ e Al^{3+} . A correção ou calagem no solo tropical deve influenciar sobre a soma de bases, consequentemente elevando a disponibilidade de nutrientes e aumentando o complexo de troca para as plantas.

Na Figura 2.7E, observa-se que o maior valor de saturação por alumínio foi obtido para o agroecossistema pastagem (17,5 %), considerado mediantemente prejudicial segundo Osaki (1991), o que pode está associado aos valores de pH baixo. Solos que possuem pH baixo possuem alta acidez, apresentam pobreza de bases principalmente o magnésio que pode ser observado na Figura 2.1C.



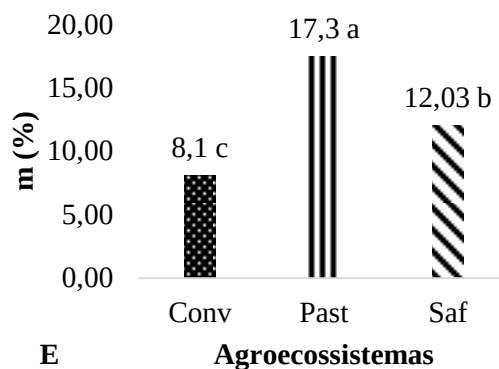


Figura 2.7. Efeito dos agroecossistemas (convencional, pastagem e SAF) em relação às variáveis: pH (A), Na^+ (B), Mg^{2+} (C), SB (D) e m (E), Remígio- PB.

3.3. Efeito das profundidades nas características do solo

Na Figura 2.8A, observa-se que com o aumento da profundidade o pH foi diminuindo, onde a maior média obtida foi na profundidade de 0-20 cm (5,3) e a menor na profundidade 40-60 cm (4,7). Os valores do pH baixos mostram a necessidade de correção da acidez, pois o solo está ácido, deixando alguns nutrientes indisponíveis como fósforo e molibdênio. Esta acidez pode ser amenizada com a elevação do pH adicionando carbonatos, silicatos, etc, que irão neutralizar os íons H^+ existentes na solução do solo, onde irão liberar H^+ . O pH é uma medida direta da acidez do solo, consistindo na concentração de íons de hidrogênio na solução do solo (SILVA et al., 2002).

Para o magnésio (Figura 2.8B), ocorreu uma diminuição gradativa conforme o aumento da profundidade do solo de 0-20 cm ($1,9 \text{ cmol}_c\text{dm}^{-3}$), 20-40 cm ($1,7 \text{ cmol}_c\text{dm}^{-3}$) e em 40-60 cm ($1,4 \text{ cmol}_c\text{dm}^{-3}$). Mostrando que as camadas superficiais são mais abundantes na disponibilidade desse nutriente. Valores de magnésio acima de $0,9 \text{ cmol}_c\text{dm}^{-3}$ são classificados como muito bom. Observa-se que apesar dessa perda ocorrer em profundidade os valores estão adequados de acordo a classificação de Ribeiro et. al., (1999). O magnésio encontrado nos solos tropicais é consequência dos processos de formação dos solos pela solubilização dos minerais primários através do intemperismo (BENITES et al., 2015). A movimentação do magnésio no solo para as raízes ocorre através do fluxo de massa (MARSCHNER, 1995), e por interceptação radicular e sua absorção pelas raízes se dá na solução do solo na forma de íon- Mg^{2+} (SOUZA et al. 2007).

Para a Soma de base (figura 2.8C), observa-se que ocorreu a diminuição à medida que aumenta a profundidade, de $4,9 \text{ cmol}_c\text{dm}^{-3}$ para a profundidade 0-20 cm e $3,1 \text{ cmol}_c\text{dm}^{-3}$ para a profundidade de 40-60 cm. O valor médio encontrado por Carneiro (2016), no cerrado Piauí foi menor que os da camada 0-10, 20-40 e 40-60 cm deste trabalho.

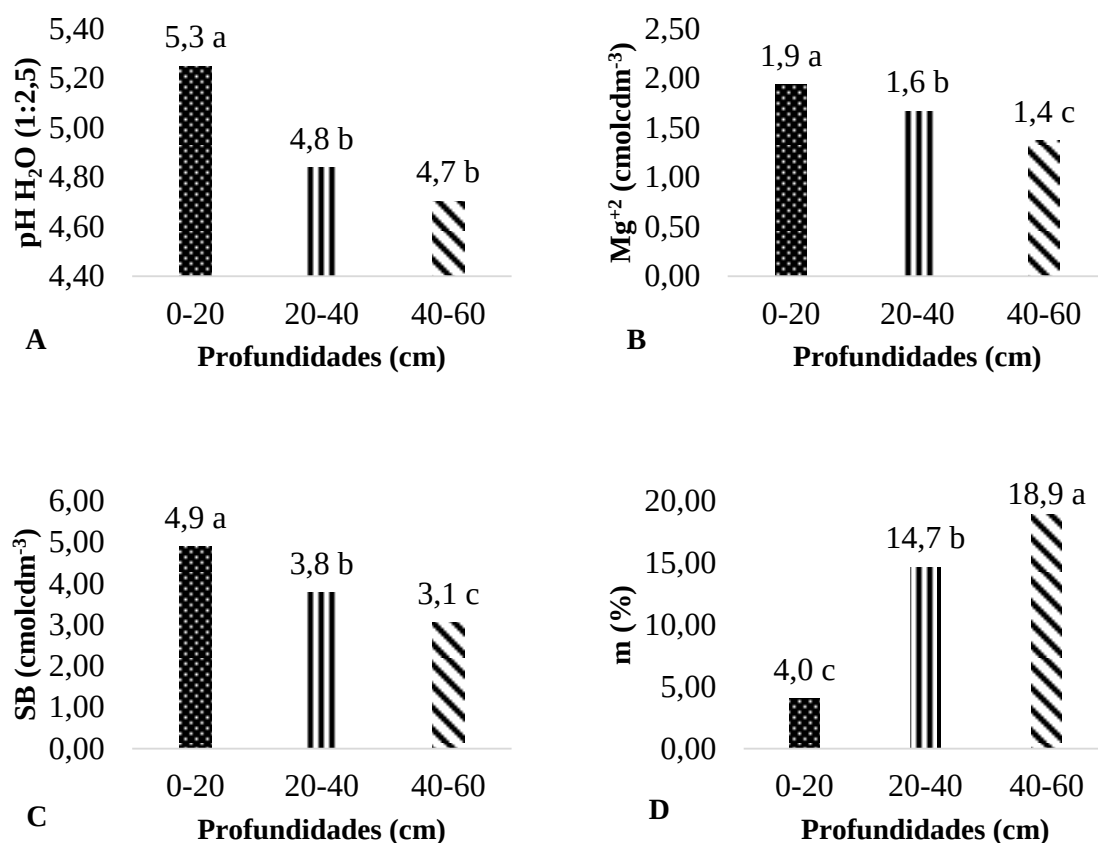


Figura 2.8. Efeito das profundidades (0-20; 20-40 e 40-60 cm) em relação às variáveis: pH (A), Mg²⁺ (B), SB (C) e m (D), Remígio- PB.

Em relação à saturação por alumínio (figura 2.8D), observa-se que houve aumento à medida que as amostras de solo eram coletadas em profundidades no perfil do solo. Tal fato pode ocorrer devido a maior concentração de bases trocáveis na parte mais superficial do solo e diminuindo no perfil, como pode ser observado na Figura 2.8C. A saturação por alumínio dar uma referência da probabilidade de ocorrer toxicidade desse elemento (Al³⁺)

para as plantas, que não deve ser superior a 18,9%, concentração essa encontrada na camada mais profunda (40-60 cm).

Em solos sob clima quente e úmido como nas condições tropicais há uma rápida remoção das bases ($\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^{+}$) e do silício dos minerais, permanecendo as argilas mais simples (caolinita) e óxidos de ferro e de alumínio. Esse processo intenso e prolongado de intemperismo libera íons Al^{3+} aumentando a saturação desse elemento em solos sob condições tropicais. Sendo necessário a neutralização do alumínio, pois em podem ocorrer danos as membranas das células do sistema radicular, restrição do crescimento radicular e alterações na formação de compostos fosfatados na planta (BRADY; WEIL, 2013; SOUSA et al., 2007).

Segundo Silva (2011), avaliando e comparando as alterações nos atributos físicos e químicos do solo obteve que em todos os sistemas avaliados, com o aumento da profundidade há menor saturação por bases e aumento da saturação por Al, influenciando o pH do solo.

3.4. Análises de contrastes entre fatorial vs o tratamento adicional

Na tabela 2.8 e 2.9, observa-se as médias comparadas por contrastes ortogonais entre fatorial e tratamento adicional (vegetação secundária). O valor de pH (Tabela 2.8), no tratamento adicional apresentou valores mais baixos quando comparados aos demais em todas as profundidades, isso pode está associado a deposição de serrapilheira e ao processo de decomposição por ocorrer maior liberação de ácidos. Corroborando com os resultados encontrados por Andrade (2012), ao avaliar o pH em área sob vegetação nativa em comparação a área com gleba desmatada na profundidade de até 30 cm. De acordo com Sousa et al. (2007), os baixos valores de pH podem ser explicados pelos teores de alumínio trocável (Al^{3+}), uma vez que ao sofrer hidrólise o alumínio libera H^{+} na solução do solo e contribui para o aumento da acidez.

Os valores de acidez potencial ($\text{H}^{+} + \text{Al}^{3+}$) e acidez trocável (Al^{3+}) na Tabela 2.8, obtiveram os maiores valores no tratamento adicional, o que está associado ao baixo valor de pH. Rodrigues et al. (2010), obteve resultados semelhantes ao avaliar as concentrações de alumínio em área de floresta e capoeira, onde a área sob floresta apresentou os maiores valores ($1,53 \text{ cmol}_c\text{dm}^{-3}$ e $1,12 \text{ cmol}_c\text{dm}^{-3}$), o que pode ser explicado em decorrência da solubilidade deste elemento aumentar com a diminuição do pH, assim como também a

redução dos valores de fósforo (P), observado na Tabela 2.8, podem estar associado aos valores de pH. Machado et al. (2014), obteve menor valor de pH e maior acidez potencial no solo sob floresta, fato este associado ao maior incremento no aporte de resíduos orgânicos que essa áreas possuem.

Os teores de matéria orgânica (MO), soma de base (SB) e carbono orgânico (CO) apresentaram maiores valores no tratamento adicional (Tabela 2.9), em comparação aos demais. Para Khorramdel et al. (2013), áreas sob vegetação nativa possuem o teor de matéria orgânica do solo em direção a um valor que tende à estabilidade devido a fatores como a taxa de entrada de material orgânico, o clima e taxa de mineralização. De acordo com Barros (2011), a matéria orgânica desempenha função primordial, pois possibilita melhorias de estrutura, areação, retenção de umidade e incorporação de nutrientes.

Benites et al. (2010), ao avaliar as características químicas do solo sob diferentes usos obteve maiores valores médios de carbono orgânico nos solos sob florestas. Segundo Ebeling et al. (2008), quanto maior o teor de carbono, maior tenderá ser a acidez do solo. Silva et. al. (2002), constatou decréscimo significativo nos teores de carbono orgânico dos solos sob sistemas de sequeiro, irrigado e com vinhaça em relação ao solo com mata nas profundidades de 0-0,2 e 0,4 m.

Quanto à soma de base e bases trocáveis Jakelaitis et al. (2008), obteve maiores valores nos ambientes de mata, o que indica que mudança no uso do solo promove alterações na dinâmica de nutrientes.

Os valores de CTC, observados na Tabela 2.9, mostram que o tratamento adicional (vegetação secundária), obteve quando comparado aos agroecossistemas em todas as profundidades os maiores valores, que de acordo com Ribeiro (1999), são considerados muito bom. Andrade (2012), constatou que os maiores valores de CTC foram verificados na camada superficial do solo, acompanhando os altos teores de matéria orgânica, corroborando com os dados encontrados neste trabalho

Tabela 2.8. Análises de contrastes das variáveis químicas pH, P, $H^+ + Al^{+3}$ e Al^{+3} entre fatorial agroecossistemas (convencional, pastagem e SAF) e as diferentes profundidades (0-20; 20-40 e 40-60 cm) de coleta de solo vs o tratamento adicional (vegetação secundária), Remígio- PB

Contrastes	pH	P	$H^+ + Al^{+3}$	Al^{+3}
	H ₂ O (1:2,5)	-----mg/dm ³ -----	-----mg/dm ³ -----	
Fat vs vegetação secundária	4,7 vs 4,9 ^{**}	17,25 vs 24,44 ^{***}	7,74 vs 5,23 ^{***}	ns
Vegetação secundária vs Conv				
Vegetação secundária Ps ₁ vs ConvPs ₁	4,9 vs 5,3 ^{**}	18,71 vs 30,44 ^{***}	7,74 vs 3,75 ^{***}	0,23 vs 0,08 [*]
Vegetação secundária Ps ₂ vs ConvPs ₂	ns	16,23 vs 20,02 ^{**}	8,38 vs 4,54 ^{***}	0,61 vs 0,30 ^{**}
Vegetação secundária Ps ₃ vs ConvPs ₃	ns	ns	7,10 vs 4,38 ^{***}	0,63 vs 0,38 ^{**}
Vegetação secundária vs Past				
Vegetação secundária Ps ₁ vs PastPs ₁	ns	18,71 vs 30,87 ^{***}	7,74 vs 4,57 ^{***}	ns
Vegetação secundária Ps ₂ vs PastPs ₂	ns	16,23 vs 27,49 ^{***}	8,38 vs 6,37 ^{***}	ns
Vegetação secundária Ps ₃ vs PastPs ₃	ns	16,82 vs 28,35 ^{***}	7,10 vs 6,01 ^{**}	0,63 vs 0,92 [*]
Vegetação secundária vs Saf				
Vegetação secundária Ps ₁ vs SafPs ₁	4,9 vs 5,4 ^{**}	18,71 vs 25,47 ^{***}	7,74 vs 5,22 ^{***}	ns
Vegetação secundária Ps ₂ vs SafPs ₂	4,6 vs 4,9 ^{**}	16,23 vs 19,64 ^{***}	8,38 vs 6,70 ^{***}	ns
Vegetação secundária Ps ₃ vs SafPs ₃	ns	ns	7,10 vs 5,57 ^{***}	ns

ns, 0,01^{**} e <0,0001^{***} : não significativo e significativo pelo teste F, respectivamente

Tabela 2.9. Análises de contrastes das variáveis químicas SB, CTC, MO e CO entre fatorial agroecossistemas (convencional, pastagem e SAF) e as diferentes profundidades (0-20; 20-40 e 40-60 cm) de coleta de solo vs o tratamento adicional (mata nativa), Remígio- PB

Contrastes	Quadrado Médio			
	SB	CTC	MO	CO
	----- cmol _c dm ⁻³ -----		-----g/kg ⁻¹ -----	
Fat vs Vegetação secundária	3,91 vs 4,71***	9,13 vs 12,40***	17,04 vs 25,37***	9,89 vs 14,71***
Vegetação secundária vs Conv				
Vegetação secundária Ps ₁ vs ConvPs ₁	6,03 vs 4,05***	13,72 vs 7,80***	32,75 vs 17,57***	19,00 vs 10,19***
Vegetação secundária Ps ₂ vs ConvPs ₂	4,61 vs 3,13***	12,94 vs 7,66***	25,24 vs 10,80***	14,64 vs 6,26***
Vegetação secundária Ps ₃ vs ConvPs ₃	3,49 vs 2,51***	10,54 vs 6,88***	18,12 vs 7,05***	10,51 vs 4,09***
Vegetação secundária vs Past				
Vegetação secundária Ps ₁ vs PastPs ₁	6,03 vs 4,09***	13,72 vs 7,80***	32,75 vs 21,76***	19,00 vs 12,62***
Vegetação secundária Ps ₂ vs PastPs ₂	4,61 vs 3,29***	12,94 vs 8,62***	25,24 vs 18,07***	14,64 vs 10,48***
Vegetação secundária Ps ₃ vs PastPs ₃	3,49 vs 3,29**	10,54 vs 9,63***	18,12 vs 11,39***	10,51 vs 6,60***
Vegetação secundária vs Saf	ns	12,40 vs 11,09***	25,37 vs 22,25***	14,71 vs 12,90***
Vegetação secundária Ps ₁ vs SafPs ₁	ns	13,72 vs 11,75***	32,75 vs 29,34**	19,00 vs 17,02**
Vegetação secundária Ps ₂ vs SafPs ₂	ns	12,94 vs 11,59**	25,24 vs 23,00*	14,64 vs 13,34*
Vegetação secundária Ps ₃ vs SafPs ₃	ns	ns	18,12 vs 14,40***	10,51 vs 8,55***

^{ns}, 0,01^{**} e <0,0001^{***} : não significativo e significativo pelo teste F, respectivamente

4. CONCLUSÃO

1. O solo no ecossistema de vegetação secundária apresentou maiores teores de matéria orgânica, independentemente da profundidade em comparação aos dos agroecossistemas em cultivo;
2. Os solos de cada agroecossistema de cultivo apresentaram mais matéria orgânica e nutriente na camada superficial (0-20 cm) e decresceram com a profundidade;
3. As concentrações de alumínio aumentaram com a profundidade amostral, seguindo caminho inverso ao observado com os teores de matéria orgânica.

5. REFERÊNCIAS

- ABREU, R. L. de. **Mapa localizador da cidade de Remígio, Paraíba**. Disponível em ><https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1373765>, 2006< Acesso em 18. Fevereiro, 2018.
- ALTIERI, M. 2002. Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável. Agropecuária, Guaíba-RS. 592 p.
- ALVAREZ, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, n.6, p.711-728, 2014.
- ANDRADE, L. K. F. de, D'ANDREA, A. F.; ROLIM, H. O.; Leite, E. P. F.; D'ANDREA, R. M. S.; RODRIGUES, G. C. Atributos de fertilidade relacionados à qualidade do solo em mata nativa e área desmatada na bacia do rio Cuiá, em João Pessoa, PB. **VII CONNEPI - Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação**. Palmas, TO, BR. Outubro, 2012.
- ARATANI, R. G. Qualidade física e química do solo sob diferentes manejos e condições edafoclimáticas no estado de São Paulo. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2008.
- BARRETO, P. A. B.; GAMA-RODRIGUES, E. F. da; GAMA-RODRIGUES, A. C. da; BARROS, N. F. de; FONSECA, S. Mineralização de nitrogênio e carbono em solos sob plantações de eucalipto, em uma sequência de idades. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.34, n. 3, p. 735-745, 2010.
- BARROS, J. D. de S. **Estoques de carbono em solos dos Tabuleiros Costeiros Paraibanos: diferenças entre ambientes**. 2011. 106 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais)- Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande – PB, 2011.
- BENITES, Vinicius de Melo et al . Análise discriminante de solos sob diferentes usos em área de Mata Atlântica a partir de atributos da matéria orgânica. **Rev. Árvore**, Viçosa. v. 34, n. 4, p. 685-690, Aug. 2010.
- BRADY, N. C.; WEIL, R. R.; Matéria orgânica no solo. In: **Elementos da natureza e propriedades do solo**, Tradução técnica: Igor Fernando Lepsch. 3. ed., Bookman, Porto Alegre, 2013, p. 398-435.
- CARNEIRO, J. S. S.; FARIA, Á. J. G.; FIDELIS, R. R.; NETO, S. P. S.; SANTOS, A. C.; SILVA, R. R. Diagnóstico da variabilidade espacial e manejo da fertilidade do solo no Cerrado. **Revista Scientia Agraria**, Curitiba, v. 17, n. 3, p.38-49, 2016.
- COSTA, D. M. A. HOLANDA, J. S.; FILHO, O. A. F. CARACTERIZAÇÃO de solos quanto a afetação por sais da Bacia do Rio Cabugí – Afonso Bezerra – RN. **Revista HOLOS**, Natal (RN), v.2, ano 20, 2004.

CPMR. Serviço geológico do Brasil. Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrâneo. Diagnóstico do Município de Remígio- Estado da Paraíba. Recife- PE: CPMR/PRODEM, 2005.

DAMATTO JUNIOR, E. R.; BÔAS, R. L. V.; LEONEL, S.; FERNANDES, D. M. Alterações em propriedades de solo adubado com doses de composto orgânico sob cultivo de bananeira. **Revista Brasileira Fruticultura**, Jaboticabal - Sp, v. 28, n. 3, p.546-549, dez. 2006.

EBELING, A. G. et al. Relação entre acidez e outros atributos químicos em solos com teores elevados de matéria orgânica. *Bragantia*, Campinas, v. 67, n. 2, p. 429-439, 2008.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. Manual de métodos de análises de solo. 3ª ed. rev. e ampl. – Brasília, DF, 2017.

EWEL, J. J. Litter fall and leaf decomposition in a tropical forest succession in eastern Guatemala. **Journal of Ecology**, Ludhiana, v. 64, p. 293-308, 1976.

FAQUIN, V. Nutrição mineral de plantas. **Pós graduação “latu-sensu” (Especialização) a distância (Solos e meio ambiente) – Universidade Federal de Lavras**, 186p, 2005.

FRAZÃO, L. A.; PÍCCOLO, M. C.; FEIGL, B. J.; CERRI, C. C.; CERRI, C. E. P. Propriedades químicas de um Neossolo Quartzarênico sob diferentes sistemas de manejo no Cerrado mato-grossense. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, p.641-648, 2008.

GUARÇONI, M. A.; SILVA, J.G.F. **Solos afetados por sais e qualidade da água para irrigação**. Vitória: INCAPER, p.7-15, 2008.

GUIMARÃES, G. P. et al. Stocks and oxidizable fractions of soil organic matter under organic coffee agroforestry systems. *Coffee Science*, v. 9, n. 1, p. 132- 141, 2014.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia do Brasil. Município de Remígio na Paraíba. Disponível em> <https://www.google.com.br/search?q=IBGe+-+Remigio-pb&&cad=h>< acesso em> 01. Jan. 2018.

IWATA, B. F.; LEITE, L. F. C.; ARAÚJO, A. S. F.; NUNES, L. A. P. L.; GEHRING, C.; CAMPOS, L. P. Sistemas agroflorestais e seus efeitos sobre os atributos químicos em Argissolo Vermelho-Amarelo do Cerrado piauiense. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.7, p.730–738, 2012.

JAKELAITIS, A.; SILVA, A.A. da.; SANTOS, J. B. dos, VIVIAN, R. Qualidade da camada superficial de solo sob mata, pastagens e áreas cultivadas. v. 38, n. 2, abr./jun. 2008.

KHORRAMDEL, S.; KOOCHKEI, A.; MAHALLATI, M.N.; KHORASANI, R.; GHORBANI, R. (2013) Evaluation of carbon sequestration potential in corn fields with different management systems. *Soil and Tillage Research*, 133:25-31

LOPES, E. L. N.; FERNANDES, A. R.; GRIMALDI, C.; RUIVO, M. L. P.; RODRIGUES, T. E.; Sarrazin, M.; Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, **Ciências Naturais** 2006, v.1, p.127.

MAIA, S. M. F.; XAVIER, F. A. S.; OLIVEIRA, T. S. et al. Impacto de sistemas agroflorestais e convencional sobre a qualidade do solo no semi-árido cearense. **Revista Árvore**, 33:837-848, 2006.

MACHADO, C.C.; Silva, B.B.da; ALBUQUERQUE, M.B.de; GALVÍNCIO, J.D. Estimativa do balanço de energia utilizando imagens TM-Landsat 5 e o Algoritmo SEBAL no litoral sul de Pernambuco. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.29, n.1, p.55-67, 2014.

MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. 2.ed. London, Academic Press,1995. 889p.

MOTA, H.; PEQUENO, P. L. L.; BROGIO, M. P.; SHLINDWEIN, J. A. In: Congresso Brasileiro de Ciência do solo, 2007, Gramado. Anais... Gramado: CBCS, 2007. CD Rom.

NAIR, P.K.R., Nair,V.D., Kumar, B.M., Haile, S.G. (2009) Soil carbon sequestration in tropical agroforestry systems: A feasibility appraisal. *Environmental Science and Policy*, 12:1099-1111.

NEVES, Cláudia Milene Nascente das et al . Estoque de carbono em sistemas agrossilvopastoril, pastagem e eucalipto sob cultivo convencional na região noroeste do Estado de Minas Gerais. **Ciênc. agrotec.**, Lavras , v. 28, n. 5, p. 1038-1046, Oct. 2004.

OLIVEIRA, P.P.A. Recuperação e reforma de pastagens. In: PEDREIRA, C.G.S.; MOURA, J.C. de; SILVA, S.C. da; FARIA, V.P. de. (Ed.). In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS, 24., 2007, Piracicaba. **Anais**. Piracicaba: FEALQ, 2007. p. 39-73

OSAKI, F. **Calagem e adubação**. Campinas: Instituto Brasileiro de Ensino Agrícola, 1991. 503 p.

PEDROTTI, Alceu. et al. Causas e consequências do processo de salinização dos solos. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Santa Maria (RS), v.19, n-2, p.1308-1324, 2015.

PERIN, E.; CERETTA, C. A.; KLAMT, E. Tempo de uso agrícola e propriedades químicas de dois Latossolos do Planalto Médio do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.665-674, 2003.

PRADO, G. A. F. **Atributos do solo, da forrageira e comportamento de vacas leiteiras mestiças manejadas em sistema silvipastoril, em bioma cerrado**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) Belo Horizonte – MG: Universidade Federal de Minas Gerais, 2012.

PAVINATO, P. S.; MERLIN, A.; ROSOLEM, C. A. Disponibilidade de cátions no solo alterada pelo sistema de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 4, p. 1031-1040, 2009.

RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. (Ed.). Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5aaproximação. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. 359p.

RODRIGUES, A.B.C.; SCARAMUZZA, W. L. M. P; SCARAMUZZA, J.F.; ROCHA, F. Atributos Químicos em solo sob floresta nativa e capoeira. **UNICIências**, v.14, n.1, 2010.

RONQUIM, C. C. (Campinas). Embrapa. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 8**: Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais. 2010. Disponível em: <www.cnpm.embrapa.br>. Acesso em: 03 fev. 2018.

SANTOS, G. G., SILVEIRA, P.M. da; MARCHÃO, R.L.; PETTER, F.A.; BECQUER, T. Atributos químicos e estabilidade de agregados sob diferentes culturas de cobertura em Latossolo do cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.11, p.1171–1178, 2012.

SALMI, A. P.; et al. Teores de nutrientes na biomassa aérea da leguminosa *Flemingia macropylla*. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.4, p.1013-1017, 2009.

SILVA, E. C.; AMBROSANO, E. J.; SCIVITTARO, W. B.; MURAOKA, T.; BUZETTI, S.; CARVALHO, A. M. Adubação verde como fonte de nutrientes às culturas. In: LIMA FILHO, O. F.; AMBROSANO, E. J.; ROSSI, F.; CARLOS, J. A. D. **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil**. 1. ed. Brasília: Embrapa, 2014. v. 1, cap. 7, p. 265-306.

SILVA, I.R.; MEDONÇA, E.S. Matéria orgânica do solo in: Fertilidade do solo. Novais, RF; Alvarez, VVH; Barros, NF; Fontes, RLF, **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, p. 275-374, 2007.

SILVA, C. C.; SILVEIRA, P. M. Influência de sistemas agrícolas em características químico-físicas do solo. **Ciência e Agrotecnologia**, v.26, p.505-515, 2002.

SILVA, D.C.; SILVA, M.L.N.; CURY, N.; OLIVEIRA, A.H.; SOUZA, F.S.; MARTINS, S.G. & MACEDO, R.L.G. Atributos do solo em sistemas agroflorestais, cultivo convencional e floresta nativa. **R. Estudos Amb.**, 13:77-86, 2011.

SOBRAL, L. F.; BARRETTO, M. C. V.; SILVA, A. J.; ANJOS, J. L. (Aracaju). **Documentos 206**: Guia Prático para Interpretação de Resultados de Análises de Solo. 2015. Embrapa Tabuleiros Costeiros. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/142260/1/Doc-206.pdf>>. Acesso em: 04 fev. 2018.

SOUZA, D.M.G. de; LOBATO, E. **Correção do solo e adubação da cultura da soja**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1996. 30p. (EMBRAPA-CPAC, Circular Técnica, 33).

SOUZA, D. M. G.; MIRANDA, L. N.; OLIVEIRA, A. S. Acidez do solo e sua correção. In: Novais, R. F., Alvarez, V. V. H, Barros, N. F., Fontes, R. L. F., Cantarutii, R. B., Neves, J. C. L. Fertilidade do solo. **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, pp 205-274, 2007.

SWIFT, M.J.; HEAL, O.W. & ANDERSON, J.M., eds. The decomposer organisms. In: **Decomposition in Terrestrial Ecosystems**. Berkeley, University of California Press, 1979. p.66-117.

XAVIER, F. A. S. FERTILIDADE DO SOLO EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS. In: XXX Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas (FERTBIO), 2012, Maceió. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** (Impresso). Viçosa: SBCS, 2012. v. 1. p. 1-11.

CAPÍTULO III

ESTOQUE DE CARBONO DO SOLO EM AGROECOSSISTEMAS E VEGETAÇÃO SECUNDÁRIA

RESUMO: A utilização da terra encontra-se entre um dos fatores primordiais para a determinação dos estoques de carbono dos solos. Este trabalho tem como objetivo quantificar o estoque de carbono do solo em diferentes profundidades sob agroecossistemas em comparação com área de vegetação secundária no município de Remígio- PB. O trabalho foi desenvolvido nas localidades Caiana e Mata Redonda, pertencentes ao município de Remígio- PB. Foram selecionadas quatro áreas, caracterizadas de acordo com o sistema de cultivo: sistema convencional, pastagem, sistema agroflorestal (SAF) e uma área com vegetação secundária. As amostras de solo foram coletas no período de julho a agosto/2017 para avaliação química no Laboratório de Solos do Centro de Ciências Humanas, Sociais e Agrárias (CCHSA) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Campus III, Bananeiras, PB. As variáveis estudadas foram analisadas utilizando-se o modelo estatístico, em delineamento inteiramente casualizado, em arranjo fatorial [(3x3)+1], sendo os fatores: sistema de cultivo (convencional, pastagem e sistema agroflorestal), profundidade (0-20; 20-40 e 40-60 cm) e um tratamento adicional correspondente a vegetação secundária. As variáveis foram estudadas quanto à acidez ativa pelo pH em H₂O (1:2,5), carbono orgânico (CO), fósforo (P) disponível, teores trocáveis de (Ca²⁺, Mg²⁺ e K⁺) e sódio (Na⁺), alumínio trocável (Al³⁺) e a acidez potencial (H⁺+ Al³⁺). Foram obtidas a soma de bases (SB), a capacidade de troca de cátions (CTC), saturação por bases (V%), saturação por alumínio (m%), densidade do solo (Ds) e o estoque de carbono no solo (ECS). Os sistemas de cultivo provocam alterações nas características químicas e no estoque de carbono do solo quando comparadas as condições preservadas de vegetação secundária; O estoque de carbono foi superior na camada superficial (0-20 cm) e nos ambientes onde as características estão mais próximas às de equilíbrio, decrescendo em profundidade.

Palavras- chave: Manejo. Profundidade. Solo. Nutrientes

SOIL CARBON STOCK IN AGROECOSYSTEMS AND SECONDARY VEGETATION

ABSTRACT: land use is one of the key factors for the determination of soil carbon stocks. This work aims to quantify the carbon stock of the soil at different depths under overcrowded systems in comparison to the area of secondary vegetation in the municipality of Remígio - PB. The work was developed in the localities of Caiana and Mata Redonda, belonging to the municipality of Remígio - PB. Four areas were selected, characterized according to the cultivation system: conventional system, pasture, agroforestry system (SAF) and an area with secondary vegetation. Soil samples were collected from July to August / 2017 for chemical evaluation at the Soil Laboratory of the Federal University of Paraíba (UFPB), Campus III, Bananeiras, PB, at the Center for Human, Social and Agricultural Sciences (CCHSA). The studied variables were analyzed using the statistical model, in a completely randomized design, in a factorial arrangement [(3x3)+1], being the factors: cultivation system (conventional, pasture and agroforestry system), depth (0-20; 20-40 and 40-60 cm) and an additional treatment corresponding to secondary vegetation. The variables, in the first experiment, were studied for the active acidity by pH in H₂O (1: 2,5) organic carbon (CO), available phosphorus (P), exchangeable contents of (Ca²⁺, Mg²⁺ and K⁺), exchangeable aluminum (Al³⁺) and potential acidity (H⁺ + Al³⁺). The sum of bases (SB), cation exchange capacity (CTC), base saturation (V%), aluminum saturation (m%), soil density (Ds) and soil carbon compared the preserved conditions of secondary vegetation; The carbon stock was superior in the superficial layer (0-20 cm) and in the environments where the characteristics are closer to the equilibrium, decreasing in depth.

Key words: Management. Depth. Ground. Nutrients

1. INTRODUÇÃO

O planeta terra está dividido nos subsistemas hidrosfera, geosfera, atmosfera e biosfera, os quais funcionam como estoque de carbono. Dentro desses subsistemas os solos funcionam como um importante reservatório, estocando 2500 Pg de Carbono, dos quais 1550 Pg de carbono na forma orgânica e 950 Pg estão armazenados na forma inorgânica (DIECKOW et al., 2004).

Davidson e Trumbore (1995), afirmam que o estoque de carbono do solo supera o da atmosfera em 2 a 3 vezes, sendo, portanto, fundamental identificar como o carbono é acumulado no solo e as causas das suas perdas para que este não aumente os níveis atmosféricos. De acordo com Schlesinger e Andrews (2000), a biomassa e a necromassa representam os reservatórios de carbono, nutrientes e energia no ecossistema. O Carbono orgânico do solo é originário de resíduos animais, plantas ou da fauna edáfica em diferentes níveis de decomposição, materiais queimados e substâncias húmicas (ROSCOE; MACHADO, 2002).

De acordo com Machado (2005), os processos pelos quais o carbono pode ser fixado ou perdido: “Os três principais processos responsáveis pelo sequestro de carbono nos solos são a humificação, agregação e sedimentação. Ao mesmo tempo, os processos responsáveis pelas perdas de carbono no solo são a erosão, decomposição, volatilização e lixiviação”. As características do solo como topografia, classes de solo, drenagem, mineralogia e textura afetam a capacidade de sequestro de carbono pelo solo. Além das propriedades do solo, o tipo de cobertura vegetal, condições climáticas locais principalmente temperatura e precipitação, o manejo adotado, também são apontados como influenciadores no sequestro do carbono no solo (LAL, 2005; SLEUTEL et al., 2006; COSTA et al., 2008; RESCK et al., 2008; SMITH, 2008; CORADO NETO et al., 2015).

De acordo com Houghton (2010), as mudanças no uso do solo podem influenciar nos estoques de carbono, sendo importante fonte de carbono para a atmosfera. Contudo, Carvalho et al. (2010), afirmam que essas mudanças no uso solo podem ser benéficas ou maléficas com relação à emissão de gases de efeito estufa para a atmosfera, o que difere é o manejo empregado.

Para compreender como o carbono é estocado no solo se faz necessário compreender sua dinâmica, onde o balanço de carbono obtido num ecossistema depende da relação entre os produtos da fotossíntese, consumo pelos seres heterotróficos, e a

atividade dos microrganismos decompositores. Em ecossistemas que a respiração total supera a assimilação pelas plantas, o mesmo torna-se uma fonte de carbono para a atmosfera, enquanto ecossistemas cuja deposição de matéria orgânica é maior que a atividade dos decompositores leva o acúmulo de material orgânico no solo, assim o ecossistema acumula o CO₂ da atmosfera (OLSON, 1963).

Assim, o acúmulo da matéria orgânica nos ecossistemas depende dos resíduos animais, plantas ou da fauna edáfica, contudo em solos sem interferência antrópica, o estoque de carbono é função basicamente das características edafoclimáticas, enquanto em sistemas agrícolas, os estoques de carbono orgânico no solo também são afetados pelo manejo empregado (BAYER; MIELNICZUK, 1997).

Com respeito ao acúmulo de carbono em solos submetidos a diferentes tipos de manejo, Souza et al. (2009), avaliaram o efeito diferentes intensidades de pastejo sobre os estoques de carbono orgânico total, carbono orgânico particulado, nitrogênio total e nitrogênio na matéria orgânica particulada no solo. Os autores concluíram que nas áreas com maior intensidade de pastejo, ocorra maior saída de carbono e nitrogênio do sistema, devido às perdas por respiração microbiana e pelo pastejo animal e, como consequência, menor estoque desses elementos no solo, além da degradação da qualidade da matéria orgânica. Contudo, intensidades de pastejo moderadas e na integração pastagem-lavoura promovem aumento de todos componentes avaliados, onde a labilidade da matéria orgânica se equivale à área sem pastejo, com ganhos na qualidade do solo.

A perda de carbono observada em sistemas de produção que adotam o intenso revolvimento do solo se deve as perdas por erosão e maior atividade da comunidade microbiana edáfica devido a maior facilidade de acesso dos microrganismos e suas enzimas os resíduos orgânicos (BAYER; MIELNICZUK, 1997). Enquanto solos sob florestas em regiões tropicais quando comparado ao uso convencional para agricultura são considerados como dreno para o carbono, devido à maior deposição de matéria orgânica depositada (LAL et al., 1995).

Dessa maneira, mudanças no uso e ocupação da terra provoca desequilíbrio na dinâmica do ecossistema, devido às entradas de matéria orgânica ser menores que as saídas. Esse desequilíbrio se deve a intensidade dos processos de decomposição, a perda de nutrientes por lixiviação e emissão de carbono para a atmosfera, levando a uma diminuição da quantidade e qualidade da matéria orgânica estocada no solo, e assim, o

estoque de carbono é afetado, podendo diminuir suas reservas a níveis significativos (CERRI et al., 2008).

A remoção da cobertura florestal e dos resíduos orgânica do solo extingue a reserva de nutrientes do ecossistema, e consequentemente levando a perda do seu potencial de produção. Essa perda da fertilidade e produtividade do solo são características de solos degradados, que coincidem com a ocorrência de novos desmatamentos, pela pressão econômica imposta para aumentar a produção. A partir do estabelecimento desse cenário, busca-se adoção de novos modelos de produção fundamentados no uso sustentável do solo (ENGEL, 1999).

Alterações nas taxas de respiração do solo, por menores que sejam, podem mudar as concentrações de CO₂ na atmosfera, sendo os sistemas agroflorestais uma alternativa eficiente para sequestrar altas quantidades de carbono atmosférico e servir de reservatório, mantendo o ecossistema em equilíbrio e diminuindo as emissões de gases de efeito estufa (SILVA, 2006).

Assim, devido o grande potencial de contribuir com a deposição de matéria orgânica e sua retenção nos solos, os sistemas agroflorestais são tidos como importantes drenos de carbono no solo (SHARROW; ISMAIL, 2004), sendo esse potencial variável em função do SAF adotado, da escolha e idade das espécies, condições edafoclimáticas e práticas de manejo empregadas (JOSE, 2009).

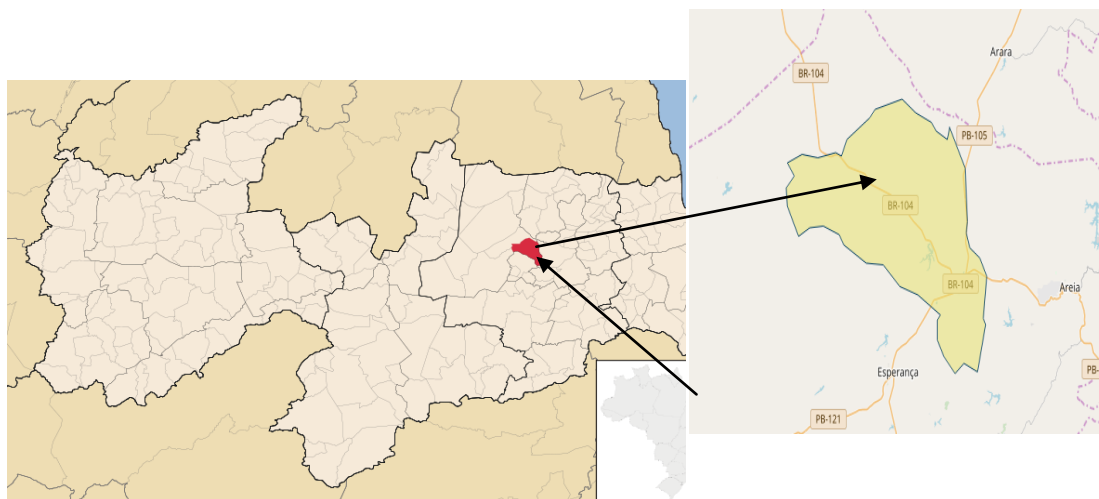
Este trabalho tem como objetivo quantificar o estoque de carbono do solo em diferentes profundidades sob agroecossistemas em comparação com área de vegetação secundária no município de Remígio- PB

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Caracterização da área de estudo

O trabalho foi desenvolvido nas localidades Caiana e Mata Redonda, município de Remígio- PB, localizado na Mesorregião do Agreste Paraibano, Microrregião do Curimataú Ocidental e inserido na unidade geoambiental do Planalto da Borborema (CPRM, 2005).

Figura 3.1: Mapa de localização do município de Remígio- PB



Fonte: IBGE, 2016 e Abreu, 2006

Pela classificação de Köppen, o clima da região é do tipo As' (clima quente com período chuvoso de março a junho), e pluviosidade média em 2017 entre 700 e 800 mm, conforme a Figura 3.2, temperaturas médias anuais mínimas de 17 a 20 °C e máximas de 22 a 26 °C e umidade relativa do ar próximo a 79% (ALVAREZ et al., 2014).

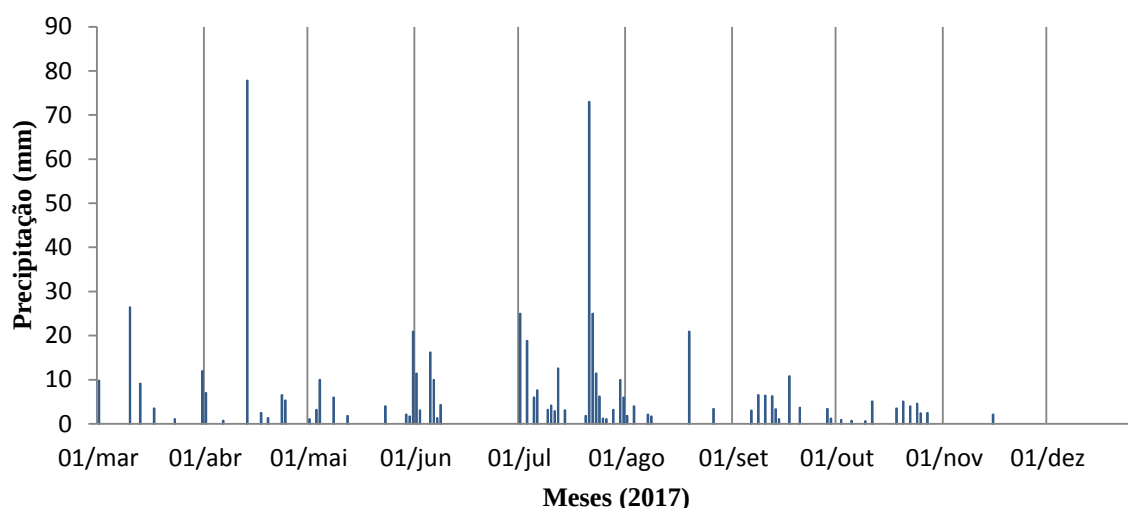


Figura 3.2: Histórico de precipitação dos meses de janeiro á dezembro 2017 do município de Remígio- PB

Fonte: <http://www.aesa.pb.gov.br/>

2.2. Caracterização dos ambientes

Foram selecionadas quatro áreas, caracterizadas de acordo com o sistema de cultivo, área com sistema de cultivo convencional, área com implantação de pastagem, área com sistema agroflorestal (SAF) e uma área com vegetação secundária, localizadas respectivamente no município Remígio- PB, conforme Tabela 3.1. Levou-se em consideração para a escolha dos ambientes o tempo de cultivo, o uso e as práticas de manejo adotadas.

Tabela 3.1. Localização com GPS (Global Positioning System) dos ambientes de coleta de solo no município de Remígio- PB

Ambientes	Latitude	Longitude	Messoregião do Agreste Paraibano
			Microrregião
Convencional	S 06° 59'444"	W 035° 47'973"	Remígio
Pastagem	S 07° 00'467"	W 035° 46'735"	Remígio
SAf	S 07° 00'663"	W 035° 46'877"	Remígio
Vegetação Secundária	S 06° 00'647"	W 035° 46'769"	Remígio

Propriedade I-(Mata Redonda)

Caracteriza-se por ser uma área com o uso intensivo da terra que vem sendo manejada há mais de 25 anos. O sistema de cultivo é monocultura rotacional, as culturas utilizadas são: *Solanum tuberosum* (batata), *Manihot esculenta* Crantz (mandioca) e *Phaseolus vulgaris* (feijão). No preparo da terra utilizam-se implementos agrícolas e a adubação é feita com esterco bovino.



Figura 3.3: Sistema de cultivo convencional

Propriedade II-(Caiana)

Caracteriza-se por uma área de pastagem manejada a mais de oito anos com capim baquiária (*Brachiaria brizantha*). Nesta área ocorre entrada de animais com taxa de lotação, em média de 5 a 15 unidade animal (U.A), com período de ocupação diário tendo descanso apenas no período noturno porque os animais são conduzidos para o curral. Não há reforma de pasto nem aplicação de implementos agrícolas.



Figura 3.4: Agroecossistema pastagem

Propriedade III-(Caiana)

Área com sistema agroflorestal (SAF) estabelecido a cerca de dez anos. Encontram-se espécies agrícolas anuais, frutíferas e arbóreas, dentre algumas espécies: *Citrus sinensis* L. Osbeck (laranja), *Mangifera indica* (manga), *Artocarpus heterophyllus* (jaca), *Persea americana* (abacate), *Musa* (banana). As práticas de manejo adotadas são poda, adubação verde, capinas, roços manuais e adubação com esterco bovino.



Figura 3.5: Sistema agroflorestal (SAF)

Propriedade IV- (Caiana)

Propriedade com vegetação secundária típica de agreste, dentre algumas espécies encontra-se: *Byrsonima crassifolia* L.Rich (murici), *Anacardium occidentale* (cajueiro), *Mangifera indica* (mangueira), *Hymenaea courbaril* (jatobá), *Schinus terebinthifolius* (aroeira), *Pterodon emarginatus* (sucupira), *Mimosa tenuiflora* (jurema), *Tabebuia* (pau-d'arco), *Cecropia* (imbaúba), *Acacia glomerosa* (espinheiro preto).



Figura 3.6: Vegetação Secundária

2.3. Coleta das amostras de solo

As amostras de solo em cada propriedade foram coletas no período de julho a agosto de 2017, nas camadas de 0-20, 20-40 e 40-60 cm, com cavador articulado. Cada área (convencional, pastagem, sistema agroflorestal e vegetação secundária) foi percorrida em zigue- zague, conforme critérios da Sociedade Brasileira de Ciências do solo para coleta de amostra de solo, demarcando-se 10 pontos de coletas e três repetições por profundidade, totalizando 360 amostras, das quais 90 amostras por área.

Após coletadas as amostras de solo foram secas à sombra, destorroadas, passadas em peneira com malha de 2 mm de malha, condicionadas em sacos plásticos devidamente identificados e levadas para o Laboratório de Solos do Centro de Ciências Humanas, Sociais e Agrárias (CCHSA) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Campus III, Bananeiras- PB.

As amostras foram estudadas quanto à acidez ativa pelo pH em H₂O (1:2,5), carbono orgânico (CO), fósforo (P) disponível, teores trocáveis de (Ca²⁺, Mg²⁺ e K⁺) e sódio (Na⁺), alumínio trocável (Al³⁺) e a acidez potencial (H⁺+ Al³⁺) empregando as metodologias sugeridas por Embrapa (2017). Foram obtidas a soma de bases (SB), a capacidade de troca de cátions (CTC), saturação por bases (V%) e a saturação por alumínio (m%).

O potencial de hidrogenização (pH) em água foi determinado por eletrodo combinado imerso em suspensão solo: líquido, onde foram colocados 10 mL de solo em copo plástico e adicionado 25 ml de água. As amostras foram agitadas e após a agitação permaneceram em repouso por uma hora, transcorrido o tempo foram novamente agitadas com bastão de vidro, e em seguida o eletrodo foi mergulhado na suspensão homogeneizada para que a leitura do pH fosse obtida.

O carbono orgânico foi extraído através do método de Walkley-Black (oxi-redução), em que a matéria orgânica é oxidada com o uso de dicromato de potássio. A matéria orgânica foi obtida pela multiplicação do teor de carbono pela constante 1,724.

O fósforo e o potássio foram extraídos a partir da solução extratora de Mehlich-1, composta de um duplo ácido (ácido clorídrico a 0,05 N + ácido sulfúrico a 0,025 N) na razão solo: solução de 1 para 10, sendo o fósforo determinado por colorimetria, pelo

método do azul de molibdênio, tendo como redutor o ácido ascórbico e o potássio por fotometria de chama.

O cálcio, magnésio e o alumínio trocável foram extraídos por uma solução de cloreto de potássio a 1N, sendo o Ca^{2+} e Mg^{2+} determinados por titulação com EDTA-Na 0,025 N, e o alumínio por titulação com NaOH a 0,025 N.

A determinação da acidez potencial ($H^+ + Al^{3+}$) foi realizada pela solução extratora de acetato de cálcio a 1N a pH 7,0, em seguida titulada com EDTA-Na a 0,025N, tendo como indicador da reação a fenolftaleína (três gotas por alíquota).

A soma de bases (SB) é a soma das bases trocáveis que indica o número de cargas negativas dos colóides que estão ocupadas por bases, utilizando-se a expressão 1:

$$SB = Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^+ + Na^+ \quad (1)$$

A capacidade de troca catiônica (CTC) do solo é soma dos cátions que o solo pode reter na superfície coloidal prontamente disponível a assimilação pelas plantas. Equivale à quantidade de cargas negativas medidas a pH 7, incluindo-se as bases trocáveis (SB) e a acidez potencial ($H^+ + Al^{3+}$), com o uso da expressão 2:

$$CTC = Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^+ + H^+ + Al^{3+} \quad (2)$$

A percentagem de saturação por bases (V%) é a soma das bases trocáveis expressa em percentagem de capacidade de troca de cátions. A saturação por bases é um indicador das condições gerais de fertilidade do solo. Solos com $V\% \geq 50\%$ são denominados solos eutróficos (férteis), solos com $V\% \leq 50\%$ são pouco férteis (ROQUIM, 2010). É obtida utilizando-se a expressão 3:

$$V (\%) = [(SB \times 100) / CTC] \quad (3)$$

A percentagem de saturação por alumínio (m%) – mede a percentagem da CTC efetiva que está ocupada pelo alumínio trocável. Geralmente, quanto mais ácido é um solo, maior o teor de alumínio trocável, menores os teores de Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ e K^+ , menor a soma de bases e maior a percentagem por saturação por alumínio, utilizando-se a expressão 4:

$$m (\%) = [(Al^{3+} \times 100) / SB + Al^{3+}] \quad (4)$$

Tabela 3.2. Caracterização das variáveis químicas (pH, P, K⁺, Na⁺, H⁺ + Al⁺³, Al⁺³, Ca⁺², Mg⁺², SB, CTC, V, m, MO e CO) e densidade do solo (Ds) em função dos ambientes (convencional, vegetação secundária, pastagem e saf) e as diferentes profundidades (0-20; 20-40 e 40-60 cm) de coleta de solo, Remígio- PB

Profundidade	Agroecossistemas														
	pH	P	K ⁺	Na ⁺	H ⁺ + Al ⁺³	Al ⁺³	Ca ⁺²	Mg ⁺²	SB	CTC	V	m	MO	CO	Ds
	cm	H ₂ O (1:2,5)	-----mg/dm ³ -----	----- cmol _c dm ⁻³ -----							-----%-----	-----g/kg ⁻¹ -----	g/cm ³		
Convencional															
0-20	5,34	22,74	88,81	0,00	3,75	0,08	2,2	1,62	4,05	7,8	52,16	2,01	17,57	10,19	1,2
20-40	4,76	22,02	70,48	0,01	4,54	0,3	1,66	1,28	3,13	7,66	40,93	9,01	10,8	6,26	1,27
40-60	4,72	17,73	52,83	0,01	4,38	0,38	1,48	0,89	2,51	6,88	36,17	13,25	7,05	4,09	1,3
Vegetação Secundária															
0-20	4,64	18,46	96	0,05	7,74	0,23	3,4	2,34	6,03	13,72	43,73	3,85	32,75	19	1,28
20-40	4,54	16,23	62,67	0,04	8,38	0,61	2,07	2,33	4,61	12,94	35,35	12,86	25,24	14,64	1,3
40-60	4,56	16,82	49	0,04	7,1	0,63	1,72	1,6	3,49	10,54	33,1	15,84	18,12	10,52	1,34
Pastagem															
0-20	4,95	28,87	137,65	0,03	4,57	0,28	2,06	1,65	4,09	8,62	47,94	6,41	21,76	12,62	1,27
20-40	4,75	27,49	86,82	0,04	6,37	0,73	1,76	1,28	3,29	9,63	34,32	18,37	18,07	10,48	1,31
40-60	4,54	26,26	48,15	0,03	6,01	0,92	1,00	1,14	2,29	8,27	28,29	27,64	11,39	6,6	1,32
Saf															
0-20	5,17	21,52	69,73	0,01	5,22	0,21	3,82	2,53	6,53	11,75	55,18	3,6	29,34	17,02	1,29
20-40	4,95	18,96	43,2	0,01	6,7	0,85	2,35	2,44	4,91	11,59	42,4	16,6	23	13,34	1,32
40-60	4,81	18,43	42,14	0,01	5,57	0,81	2,19	2,07	4,38	9,94	44,68	15,9	14,4	8,35	1,35

pH, P, K, Na, H⁺ + Al⁺³, Al⁺³, Ca⁺², Mg⁺², SB, CTC, V, m, MO, CO e DS determinadas conforme a Embrapa (2017)

Análise realizada no Laboratório de Solos do Centro de Ciências Humanas, Sociais e Agrárias (CCHSA) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Campus III, Bananeiras-PB.

Para determinar a densidade do solo (D_s) foram coletadas amostras com o auxílio de anéis volumétricos de 100 cm³ de volume interno das camadas de 0-20, 20-40 e 40 a 60 cm. Após a coleta das amostras, ainda no campo, foi retirado o excesso de solo dos bordos dos anéis, com o auxílio de um estilete. Em seguida, os anéis volumétricos foram vedados com papel filme para evitar possíveis danos e deformações.

No laboratório as amostras foram colocadas para secar a 105°C por 48 horas e tiveram seu peso seco determinado em balança de precisão (0,01 g). Com base na massa de solo de cada amostra e do volume dos anéis volumétricos foi possível determinar a D_s conforme descrito em EMBRAPA (2017).

De acordo com Gatto (2010), o estoque de carbono do solo (ECS) é obtido pela soma dos estoques em cada camada de solo, com valores médios do teor de C orgânico e densidade do solo da respectiva camada em todos os perfis analisados. O estoque de C orgânico de cada camada correspondeu ao produto do teor de C do solo (C, g kg⁻¹) pela densidade do solo (D_s , g cm⁻³) e pela profundidade da camada, empregando-se a fórmula:

$$ECS = (C \times D_s \times p)/10$$

Onde:

ECS = estoque de carbono do solo (t ha⁻¹);

C = teor de carbono do solo (g kg⁻¹);

D_s = densidade do solo (g cm⁻³) e

p = profundidade da camada do solo (cm).

2.4. Delineamento experimental

As variáveis estudadas foram analisadas utilizando-se o modelo estatístico, em delineamento inteiramente casualizado, em arranjo fatorial [(3x3)+1], sendo os fatores: sistema de cultivo (convencional, pastagem e sistema agroflorestal), profundidade (0-20; 20-40 e 40-60 cm) e o tratamento adicional (vegetação secundária).

Seguindo o modelo matemático abaixo:

$$Y_{ijvm} = \mu + A_i + P_j + \alpha(AP)_{ij} + \varepsilon_{ijm} \quad (1)$$

e

$$Y_{kh} = \mu + \tau + \varepsilon_{kh} \quad (2)$$

Em que:

Y_{ijvm} = valor observado para a variável resposta relacionada ao i -ésimo nível dos ambientes com j -ésimo nível das profundidades do solo na m -ésima repetição;

μ = média geral do experimento;

A_i = efeito dos ambientes i ;

P_j = efeito das profundidades do solo j ;

$(AP)_{ij}$ = efeito da interação dos ambientes i com as profundidades do solo j ;

ε_{ijm} = erro experimental associado a cada observação.

Y_{ijm} = valor observado para a variável resposta relacionada a h -ésimo repetição do tratamento adicional;

τ = efeito do tratamento adicional;

ε_{kh} = erro experimental associado ao tratamento adicional e supõe-se que $\varepsilon_{kh} \sim N(0, \sigma^2)$ é independente.

2.5. Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, utilizando-se o programa computacional Software “*Statistical Analysis System*” (SAS, 2012). Os dados referentes à caracterização química do solo foram analisados pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os dados da caracterização química do solo (x) foram transformados ($Y = \sqrt{x + 0,5}$) antes da ANOVA para homogeneização da variância e normalização dos dados.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 3.2 mostra a caracterização das variáveis químicas em função dos ambientes (convencional, vegetação secundária, pastagem e saf) e das diferentes profundidades de coleta de solo (0-20; 20-40 e 40-60 cm). Análises realizadas no Laboratório de Solos do Centro de Ciências Humanas, Sociais e Agrárias (CCHSA) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Campus III, Bananeiras, PB.

O conhecimento sobre a fertilidade dos solos é um dos fatores essenciais para o estabelecimento e produtividade dos sistemas agrícolas. Diversos autores têm quantificado os atributos químicos do solo sob diferentes usos e manejos com o objetivo de identificar a sustentabilidade desses sistemas a longo e médio prazo (PERIN et al., 2003; LOPES et al., 2006; MOTA et al., 2007; FRAZÃO et al., 2008).

Houve efeito de interação ($p < 0,0001$) para ambientes x profundidades, conforme a tabela 3.3 (ANOVA) para a variável estoque de carbono no solo (ECS), a mesma também, obteve efeito estatístico ($p < 0,01$) para ambientes e profundidades.

Tabela 3.3. Resumo das análises de variância (ANOVA) para o estoque de carbono no solo (ECS) em função de ambientes em a relação às profundidades de coletas de amostras de solo, Remígio- PB

Fontes de variação	Graus de liberdade	Estoque de carbono no solo (ECS)
A	2	62,16***
Z	2	66,01***
A x Z	4	1,22**
Ad vs Fat		0,17***
Resíduo	269	0,23

^{ns}, 0,01 ^{**} e $< 0,0001$ ^{***} : não significativo e significativo pelo teste F, respectivamente

A- Ambientes e Z- Profundidade do solo

3.1. Efeito da interação entre os fatores ambiente e profundidades

As interações entre os ambientes e as profundidades (Figura 3.7), mostram que o estoque de carbono é maior ($p < 0,01$) no agroecossistema Saf ($44,0 \text{ t ha}^{-1}$) em comparação aos demais em todas as profundidades (0-20; 20-40 e 40-60 cm), seguido da pastagem ($31,4 \text{ t ha}^{-1}$). O aporte de carbono é mais elevado em solos sobre vegetação natural devido a maior preservação da matéria orgânica, em decorrência do revolvimento do solo ser mínimo (FROUFE et al., 2011). De acordo com Diekow (2005), a utilização de diferentes culturas, com diferentes aportes de carbono, resulta em diferentes estoques de carbono no solo.

Os SAFs, por apresentarem componentes florestais e grande diversidade de espécies, propiciam uma deposição maior e contínua de resíduos vegetais ao solo, de modo a facilitar o acúmulo e a manutenção da matéria orgânica (SMILEY; KROSCHEL, 2008), interferindo diretamente nos atributos físicos, químicos e biológicos do solo (DELABIE et al., 2007; NORRGROVE et al., 2009), assim como proporcionam benefícios ambientais como a conservação da biodiversidade, sequestro de carbono e melhoria da qualidade da água (NAIR, 2008)

Com relação a pastagens, fatores como manejo, o sistema de pastejo praticado, a adoção de taxa de lotação e a pressão de pastejo adequadas à capacidade de suporte da pastagem, possibilitam que o solo estoque carbono a níveis muito próximos aos existentes em florestas naturais, devido o sistema radicular da gramínea, ser abundante e volumoso, e constantemente renovado, disponibilizando grande quantidade de matéria orgânica ao solo. Além dos fatores citados, o baixo revolvimento do solo nas áreas de pastagem, assim como ocorre no plantio direto, constitui-se um dos principais responsáveis pela baixa emissão do carbono do solo para atmosfera (URQUIAGA et al., 2010; SIQUEIRA et al., 2009).

Rosa (2014), avaliando estoque de carbono em solos sob pastagens cultivadas obteve que nas camadas de 0-30 cm a pastagem manejada possui um estoque de carbono de $68,28 \text{ Mgha}^{-1}$, enquanto que a pastagem degradada possui $59,35 \text{ Mgha}^{-1}$, mostrando que uma pastagem bem manejada consegue reter no solo, na profundidade de 0-30 cm, 15% a mais de carbono do que em uma pastagem degradada. Cerri et al. (2006), analisando a literatura obteve que dois terços das pastagens na Amazônia exibiram incremento no estoque de C em solo em relação à vegetação nativa, o que ressalta a importância do manejo das pastagens como forma de retirar carbono da atmosfera e armazenar no solo.

Quanto à profundidade Figura (3.7), os maiores valores para variável estoque de carbono foram obtidos na camada de 0-20 cm para todos os agroecossistemas, decrescendo em profundidade. De acordo com Roscoe e Machado (2002), o carbono orgânico do solo é proveniente de restos animais e vegetais ou de microrganismos em forma de resíduos em várias etapas de decomposição, materiais carbonizados e compostos humificados. Segundo Carvalho et al. (2010), o carbono presente no solo equivale a mais de três vezes a quantidade de carbono no reservatório biótico e duas vezes a quantidade contida na atmosfera terrestre.

Neves (2004), analisando separadamente o estoque de carbono por profundidade (0-5, 5-20 e 20-40 cm), obteve diferenças significativa no estoque de carbono dos sistemas avaliados em relação ao cerrado nativo.

De acordo com Silva (2017), essa diminuição dos teores de carbono com o aumento profundidade do perfil do solo demonstra a contribuição mais efetiva das entradas de carbono na camada mais superficial, fato comum em áreas onde não há influência antrópica e teor de matéria orgânica é maior.

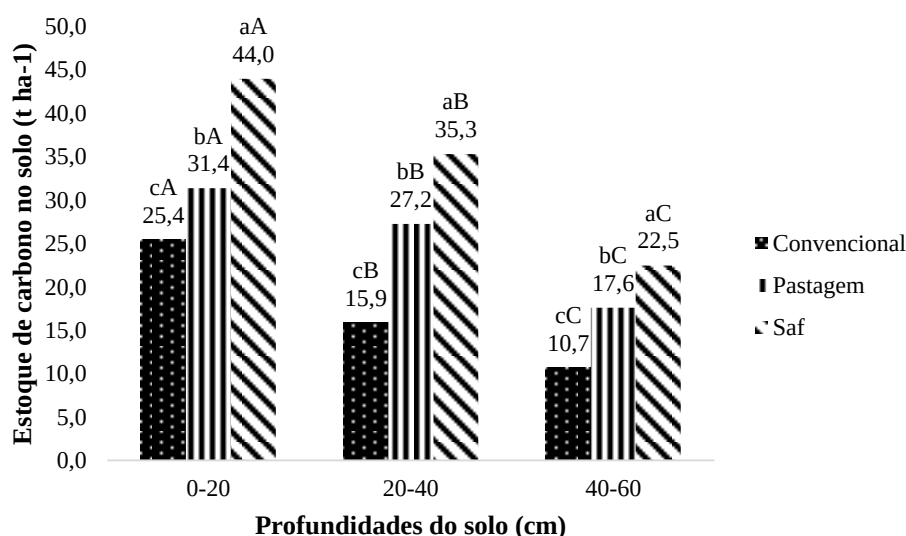


Figura 3.7: Efeito da interação entre os fatores ambientes (convencional, pastagem e SAF) e profundidades (0-20; 20-40 e 40-60 cm) em função do estoque de carbono, Remígio- PB

^{ab}médias seguidas de letras minúsculas diferem de acordo com os agroecossistemas pelo teste Tukey ($p < 0,05$);

^{AB}médias seguidas de letras maiúscula diferem de acordo com as profundidades pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

3.2. Análises de contrastes entre fatorial vs o tratamento adicional

Na Tabela 3.4, observa-se as médias comparadas por contrastes ortogonais entre fatorial e tratamento adicional (vegetação secundária). O tratamento adicional apresentou maiores valores para a variável estoque de carbono do solo (ECS) quando comparado aos demais ambientes em todas as profundidades. Estudos tem estimado que a metade do carbono estocado no solo, cerca de 787 Pg, seja referente aos solos sob florestas, enquanto as áreas sob pastagens contém cerca de 500 Pg e as sob cultivo agrícola, 170 Pg de C (DIXON et al., 1994; SHARPENSEEL, 1997; PAUSTIAN et al., 2000).

No que se refere ao tipo de manejo e às camadas do solo que servem de reservatório para o carbono, Teixeira e Paulino (2012), avaliaram o estoque de carbono acumulado no solo nas profundidades (0-5, 5-10, 10-20 20-30 e 30-40 cm), em vários sistemas de uso e manejo (mata, pastagens, pastagens degradadas, área de fenação e no milho em cultivo convencional) constataram que os teores de carbono na camada superficial foram maiores na mata. Em relação ao estoque de carbono, observaram-se significativas reduções com as profundidades, sendo os maiores valores encontrados na área de mata nativa, vindo a seguir a pastagem melhorada e uso de milho em cultivo convencional que foram similares entre si, sendo os menores valores encontrados na área de fenação e na pastagem degradada.

Tabela 3.4: Análises de contrastes da variável química ECS entre fatorial agroecossistemas (convencional, pastagem e SAF) e as diferentes profundidades (0-20; 20-40 e 40-60 cm) de coleta de solo vs o tratamento adicional (vegetação secundária), Remígio-PB

Contrastes	Estoque de carbono no solo
	(ECS)
	---t ha ⁻¹ ---
Vegetação secundária vs Fat	38,0 vs 25,6***
Vegetação secundária _{Ps1} vs Agro _{Ps1}	48,0 vs 33,6***
Vegetação secundária _{Ps2} vs Agro _{Ps2}	37,9 vs 26,1***

^{ns}, 0,01 ^{**} e <0,0001 ^{***}: não significativo e significativo pelo teste F, respectivamente

Dernadim et al. (2014), ao avaliar o estoque de carbono sob diferentes formações florestais (floresta natural, plantio de eucalipto e plantio de erva mate) e profundidades (0-5, 5-10, 10-20, 20-40 e 40-60 cm), constatou que houve efeito das diferentes coberturas e do manejo, onde a mata nativa apresentou os maiores valores ($107,67 \text{ Mgha}^{-1}$) quando comparado as demais coberturas ($79,58$ e $47,29 \text{ Mgha}^{-1}$).

D' Andréia et al. (2004), ao avaliar o estoque de carbono nas profundidades (0-10, 10-20, 20-40, 40-60 cm) em sistemas de manejo (cerrado nativo, pastagem, plantio direto com milho e feijão, plantio direto com milho, feijão e arroz, plantio convencional de longa duração e plantio convencional após pastagem), não obtiveram diferenças significativas no estoque de carbono, porém os sistemas de manejo menos perturbados apresentaram uma tendência em armazenar mais carbono orgânico no solo, principalmente nas profundidades de 0–20 e 0–40 cm.

4. CONCLUSÃO

1. Os sistemas de cultivo provocam alterações nas características químicas e no estoque de carbono do solo quando comparadas as condições preservadas do ecossistema com vegetação secundária;
2. O maior estoque de carbono do solo está na camada superficial (0-20 cm) e nos ambientes onde as características estão mais próximas as de equilíbrio, decrescendo em profundidade.

5. REFERÊNCIAS

- ABREU, R. L. de. **Mapa localizador da cidade de Remígio, Paraíba**. Disponível em ><https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1373765>, 2006< Acesso em 18. Fevereiro, 2018.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, n.6, p.711-728, 2014.
- BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Características químicas do solo afetadas por métodos de preparo e sistemas de cultura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.21, p.105-112, 1997.
- CARVALHO, P.C. de F.; ANGHINONI, I.; MORAES, A. de; SOUZA E.D. de; SULC, R.M.; LANG, C.R.; FLORES, J.P.C.; LOPES, L.M.T.; SILVA, J.L.S. da; CONTE, O.; WESP, C.L.; LEVIEN, R.; FONTANELI, R.S.; BAYER, C. Managing grazing animals to achieve nutrient cycling and soil improvement in no-till integrated systems. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v.88, p.259-273, 2010.
- CERRI, C.C.; BERNOUX, M.; CERRI, C.E.P. & LAL, R. Challenges and opportunities of soil carbon sequestration in Latin America. In: LAL, R.; CERRI, C.C.; BERNOUX, M.; ETCHEVERS, J. & CERRI, C.E.P. Carbon sequestration in soils of Latin America. New York, Haworth, 2006a. p.41-47.
- CORADO NETO, F. da C.; SAMPAIO, F. de M. T.; VELOSO, M. E. da C.; MATIAS, S. S. R.; ANDRADE, F. R.; LOBATO, M. G. R. Variabilidade espacial dos agregados e carbono orgânico total em Neossolo Litólico Eutrófico no município de Gilbués, PI. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 8, n. 1, p. 75-83, 2015.
- COSTA, F. S.; BAYER, C.; ACORDI, Z.; MIELNICZUK, J. Estoque de carbono orgânico no solo e emissões de dióxido de carbono influenciadas por sistemas de manejo no sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 32, n. 1, 2008, p. 323-332.
- CPMR. Serviço geológico do Brasil. Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrâneo. Diagnóstico do Município de Remígio- Estado da Paraíba. Recife- PE: CPMR/PRODEM, 2005.
- D'ANDRÉA, A.F.; SILVA, M.L.N.; CURI, N.; GUILHERME, L.R.G. Estoque de carbono e nitrogênio e formas de nitrogênio mineral em um solo submetido a diferentes sistemas de manejo. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.39, n.2, p.179-186, 2004.
- DENARDIN, R. B. N.; MATTIAS, J. L.; WILDNER, L. P.; NESI, C. N.; SORDI, A.; KOLLING, D.F.; BUSNELLO, F. J.; CERUTTI, T.; Estoque de carbono no solo sob diferentes formações florestais, Chapecó – SC. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, n. 1, p. 59-69, 2014.

DELABIE, J. H. C., et al. Contribution of cocoa plantations to the conservation of native ants (Insecta: Hymenoptera: Formicidae) with a special emphasis on the Atlantic forest fauna of southern Bahia, Brazil. *Biodiversity Conservation*, v. 16, p. 2359-2384, 2007.

DIXON, R.K.; BROWN, S.; HOUGHTON, R.A.; SOLOMON, A.M.; TREXLER, M.C. & WISNIEWSKI, J. Carbon pools and flux of global forest ecosystems. *Science*, 263:185- 190, 1994.

DIECKOW, J.; BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J. Sistemas conservacionistas de preparo do solo e implicações no ciclo do carbono. São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2004. 17 p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. Manual de métodos de análises de solo. 3ª ed. rev. e ampl. – Brasília, DF, 2017.

ENGEL, V. L. **Introdução aos Sistemas Agroflorestais**. Botucatu: FEPAF, 1999. 70 p.

FRAZÃO, L. A.; PÍCCOLO, M. C.; FEIGL, B. J.; CERRI, C. C.; CERRI, C. E. P. Propriedades químicas de um Neossolo Quartzarênico sob diferentes sistemas de manejo no Cerrado mato-grossense. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, p.641-648, 2008.

FROUFE, L.C.M. et al. Potencial de sistemas agrofl orestais multiestrata para sequestro de carbono em áreas de ocorrência de Floresta Atlântica. *Pesquisa Florestal Brasileira*, v.31, n.66, p.143-154, 2011. Disponível em: Acesso em: 12 abr. 2013.

GATTO, A.; BARROS, N. F. de; NOVAIS, R. F.; SILVA, I. R. da; LEITE, H. G.; LEITE, F. P.; VILLANI, E. M. de A. Estoques de carbono no solo e na biomassa em plantações de eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 1069-1079, 2010.

HOUGHTON, R. A. How well do we know the flux of CO₂ form land-use change? *Tellus Series B-Chemical and Physical Meteorology*, Estocolmo, v. 62B, p. 337-351, 2010.

LAL, R. Forest soils and carbon sequestration. **Forest Ecology and Management**, v. 220, p. 242-258, 2005.

LOPES, E. L. N.; FERNANDES, A. R.; GRIMALDI, C.; RUIVO, M. L. P.; RODRIGUES, T. E.; SARRAZIN, M.; Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Ciências Naturais 2006, v.1, p.127.

MACHADO, P. L. O. A. Carbono do solo e a mitigação da mudança climática global. **Química Nova**, v. 28, n. 2, p. 328-334, 2005.

MOTA, H.; PEQUENO, P. L. L.; BROGIO, M. P.; SHLINDWEIN, J. A. In: Congresso Brasileiro de Ciência do solo, 2007, Gramado. Anais. Gramado: CBCS, 2007. CD Rom.

NAIR, P. K. R. Agroecosystem management in the 21st century: it is time for a paradigm shift. *Journal of Tropical Agriculture*, v. 46, p.1-12, 2008

NEVES, Cláudia Milene Nascente das et al . Estoque de carbono em sistemas agrossilvopastoril, pastagem e eucalipto sob cultivo convencional na região noroeste do Estado de Minas Gerais. **Ciênc. agrotec.**, Lavras , v. 28, n. 5, p. 1038-1046, Oct. 2004.

NORGROVE, L, et al. Shifts in soil faunal community structure in shaded cacao agroforests and consequences for ecosystem function in Central Africa. *Tropical Ecology*, v. 50, p. 71-78, 2009.

OLSON, J.S. Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems. **Ecology**. V.44, p.322-31,1963.

PAUSTIAN, K.; SIX, J.; ELLIOTT, E.T. & HUNT, H.W. Management options for reducing CO2 emissions from agricultural soils. *Biogeochemistry*, 48:147-163, 2000.

PERIN, E.; CERETTA, C. A.; KLAMT, E. Tempo de uso agrícola e propriedades químicas de dois Latossolos do Planalto Médio do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.665-674, 2003.

RONQUIM, C. C. (Campinas). Embrapa. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 8**: Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais. 2010. Disponível em: <www.cnpem.embrapa.br>. Acesso em: 03 fev. 2018.

ROSA, Roberto; SANO, Edson Eyji; ROSENDO, Jussara dos Santos. Estoque de carbono em solos sob pastagens cultivadas na bacia hidrográfica do Rio Paranaíba. **Soc. nat.**,Uberlândia, v. 26, n. 2, p. 333-351, ago. 2014.

ROSCOE, R.; MACHADO,P.L.O.A. Fracionamento físico do solo em estudos de matéria orgânica. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2002.86 p.

SCHARPENSEEL, H. W. Preface to workshop ‘Management of carbon in tropical soils under global change: Science, practice and policy’. *Geoderma*, v. 79, p. 1-8, 1997.

SCHLESINGER W.H, ANDREWS J.A. Soil respiration and the carbon cycle. **Biogeochemistry**, 2000; v.48, p.7-20.

SHARROW, S.H.; ISMAIL, S. Carbon and nitrogen storage in agroforests, tree plantations, and pastures in western Oregon, USA. **Agroforestry Systems**, v.60, p.123– 130, 2004.

SLEUTEL, S.; DE NEVE, S.; HOFMAN, G. Estimates of carbon stock changes in Belgian cropland. **Soil Use and Management**, v. 19, n. 2, p. 166-171, 2006.

SMITH, P. Land use change and soil organic carbon dynamics. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 81, n. 2, p. 169-178, Jun. 2008.

SILVA, C.A.da; ROSSET, J.S.; MORAIS, D.H.O.; SANTOS, T.M.D.; CASTILHO, S.C.P. Carbono orgânico total e estoque de carbono em diferentes sistemas de manejo na região conesul do Mato Grosso do Sul. **IBEAS – Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais**. VIII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Campo Grande/MS, 2017.

SIQUEIRA NETO, M.; PICCOLO, M. de C.; SCOPEL, E.; COSTA JUNIOR, C. da; CERRI, C. C.; BERNOUX, M. Carbono total e atributos químicos com diferentes usos do solo no Cerrado. **Acta scientiarum. Agronomy**, v. 31, n. 4, p. 709-717, 2009.

SMILEY, G. L.; KROSCHEL, J. Temporal change in carbon stocks of cocoa gliricidia agroforests in Central Sulawesi, Indonesia. *Agroforestry System*, v. 73, p. 219-231, 2008.

SOUZA, E.D. de; COSTA, S.E.V.G. de A.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P.C. de F.; ANDRIGUETI, M.; CAO, E. Estoques de carbono orgânico e de nitrogênio no solo em sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto, submetido a intensidades de pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, p.1829-1836, 2009.

TEIXEIRA, E.M.C; PAULINO, V.T. Impactos da diversidade de manejo agrícola no estoque de carbono do solo. In: WORKSHOP DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS E PROBLEMAS FITOSSANITÁRIOS, 2012, Jaguariúna, SP. **Anais...** Jaguariúna, SP: Embrapa Meio Ambiente, 2012, p. 1-5, CD-ROM.

URQUIAGA, S.; ALVES, B.J.R.; JANTALIA, C.P.; BODDEY, R.M. Variações nos estoques de carbono e emissões de gases de efeito estufa em solos das regiões tropicais e subtropicais do Brasil: Uma análise crítica. **Informações Agronomicas**, Seropédica, n.130, p. 12-21, 2010.