



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ
CAMPUS TERESINA CENTRAL
CURSO TECNOLOGIA EM GESTÃO AMBIENTAL

FERNANDA DE SOUSA SILVA

**AGROFLORESTA: eficiência na promoção e sequestro de carbono no solo na
sazonalidade no ecótono cerrado-caatinga**

TERESINA

2025

FERNANDA DE SOUSA SILVA

AGROFLORESTA: eficiência na promoção e sequestro de carbono no solo na sazonalidade no ecótono cerrado-caatinga

Trabalho de Conclusão de Curso (artigo científico) apresentado como exigência parcial para obtenção do diploma do Curso de Tecnologia em Gestão Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Campus Teresina Central.

Orientador: Prof^o. Dr^o. Jovan Marques Lara Junior.
Coorientador: Prof^a. Dr^a. Bruna Iwata Freitas.

TERESINA
2025

AGROFLORESTA: eficiência na promoção e sequestro de carbono no solo na sazonalidade no ecótono cerrado-caatinga

Fernanda de Sousa Silva¹

RESUMO

Com o crescimento da população, aumenta a emissão de gases que provocam o efeito estufa, entre eles o gás carbônico (CO₂), pelo consumo de combustíveis fósseis, desmatamento e atividade agropecuária, alterando o equilíbrio dos ecossistemas e acelerando as mudanças climáticas. No entanto, os Sistemas Agroflorestais (SAF's) surgem como alternativa sustentável para o meio ambiente com: sequestro, fixação e manutenção de carbono no solo, preservação e conservação dos processos de cultivo ancestral integrando preservação ambiental, econômica e social através da otimização da produção, integração dos ciclos produtivos, cultivo agrícola, criação de animais, espécies lenhosas e frutíferas. Diante disso, este trabalho teve o objetivo de confirmar a fertilidade e eficiência de uma agrofloresta na promoção do sequestro e manutenção de carbono no solo em período sazonal no ecótono cerrado-caatinga, zona rural de Teresina - PI, comparando os resultados a uma pesquisa realizada no ano anterior. Para isso, foi realizada coleta e análise de amostras de serrapilheira, densidade e solo simples em período sazonal no SAF e na Floresta Nativa do Morro do Preá. As análises apontam como resultados a eficiência do SAF Morro do Preá na promoção e sequestro de carbono na superfície com aporte de resíduos orgânicos, micronutrientes e bases trocáveis que interagem proporcionando um ambiente com qualidade nutricional, um pH ótimo e baixa acidez. Reafirmando a funcionalidade e viabilidade dos SAF's na conservação da qualidade do solo por meio da manutenção dos atributos físico, químico e biológico no aporte de matéria orgânica mesmo sobre a interferência das mudanças climáticas.

Palavras-chaves: sistema agroflorestal; viabilidade; funcionalidade; qualidade do solo.

ABSTRACT

As the population grows, the emission of gases that cause the greenhouse effect increases, including carbon dioxide (CO₂), due to the consumption of fossil fuels, deforestation and agricultural activity, altering the balance of ecosystems and accelerating climate change. However, Agroforestry Systems (SAF's) emerge as a sustainable alternative for the environment with: sequestration, fixation and maintenance of carbon in the soil, preservation and conservation of ancestral cultivation processes, integrating environmental, economic and social preservation through the optimization of production, integration of production cycles, agricultural cultivation, animal husbandry, woody and fruit species. Therefore, this work aimed to confirm the fertility and efficiency of an agroforest in promoting the sequestration and maintenance of carbon in the soil in a seasonal period in the cerrado-caatinga ecotone, rural area of Teresina - PI, comparing the results to a survey carried out in the previous year. To this end, samples of litter, density and simple soil were collected and analyzed in a seasonal period in the SAF and in the Morro do Preá Native Forest. The analyzes point to the efficiency of SAF Morro do Preá in promoting and sequestering carbon on the surface with the contribution of organic residues, micronutrients and exchangeable bases that interact to provide an environment with nutritional quality, an

¹ Graduada do Curso de Tecnologia em Gestão Ambiental Fernanda de Sousa Silva. Instituto Federal do Piauí – IFPI. Campus Teresina Central. Fernandasousa.1179@gmail.com

optimal pH and low acidity. Reaffirming the functionality and viability of SAF's in conserving soil quality through the maintenance of physical, chemical and biological attributes in the supply of organic matter even under the influence of climate change.

Keywords: agroforestry system; feasibility; functionality; soil quality.

Data de aprovação: 24/01/2025

1 INTRODUÇÃO

O crescimento populacional gerou uma demanda por terras voltada principalmente para a produção de alimentos (SANTOS, 2021a). Consequentemente, o manejo intensivo do solo, a monocultura, o uso de pesticidas e fertilizantes têm ocasionado muitos danos e degradação ao meio ambiente, necessitando de integração produção agrícolas e proteção da natureza capazes de atender à demanda (VILELA, 2022). Outros fatores preocupantes em relação à extensão das áreas de cultivos por monocultura e a degradação do solo através de: esgotamento nutricional, lixiviação, voçorocas, salinização, compactação, redução da atividade microbiana e o aumento da acidez, resultando em um desequilíbrio de potencial de produtividade (MORAES e CAVICHIOLLI, 2022).

Nesse contexto, mudanças contínuas no tempo e no espaço pelas ações antropicas geraram preocupações na integração entre o econômico, a preservação e proteção do meio ambiente, principalmente na degradação do solo, dos corpos hídricos e da biodiversidade, pois estas causam modificações ao ecossistema e consequentemente aos serviços ecossistêmicos que sustentam a vida humana (SANTOS, VENDRUSCULO e ZOLIN, 2023).

A agricultura representa o pilar dos meios de subsistência para quilombolas, indígenas, comunidades ribeirinhas, marisqueiras, pescadores, quebradeiras de coco que vivem em situações de fragilidade e precisam da terra para sua sobrevivência (SANTOS, 2023b). Isso se dá, através de atividades como retirada de lenha, extrativismo, cultivo agrícola e pecuária, especialmente em regiões de países em desenvolvimento (RIGHI e BERNARDES, 2015). Contudo, busca-se então, conhecimento integrado de práticas e métodos de manejo no contexto sociocultural de povos tradicionais (MEDEIROS, *ET. AL.*, 2018) que minimizem os impactos negativos provocados pelo uso intenso da terra e que ofereçam segurança alimentar e independência aos agricultores, promovendo a recuperação e conservação dos ecossistemas (RAULINO, 2022).

Nesse sentido, surge os Sistemas Agroflorestais (SAF's) fundamentados nas interações

ecológicas, econômicas e sociais de sistemas produtivos naturalmente complexos e de difícil compreensão (RIGHI E BERNARDES, 2015), determinado pelo paradigma agroecológico (MEDEIROS, *ET. AL.*, 2018). Esses sistemas associa plantas lenhosas perenes (árvores, arbustos, palmeiras, bambus etc.) integrando-as na mesma unidade de manejo com culturas agrícolas e/ou animais, ambas de arranjos espaciais ou sequências temporais com interações ecológicas e econômicas dos diferentes componentes, segundo o ICRAF – International Centre for Research in Agroforestry. Isso garante o uso sustentável e resiliência na manutenção dos ecossistemas (MEDEIROS, *ET. AL.*, 2018).

Esse cenário, possibilita soluções de problemas como degradação ambiental (ENGLER, 2021) através de redução do empobrecimento do solo, preservação e conservação (VILELA, 2022), garantindo produção de alimentos variados por meio dos ciclos curtos e rápidos assegurando segurança alimentar (SANTOS, 2023b). Através de um plantio diversificado e harmônico, onde uma planta contribui positivamente para o sucesso da outra, resultando na constância da sustentabilidade dos sistema agroflorestal (RAULINO, 2022).

Os Sistemas de Agroflorestas são excelentes alternativas por imitarem padrões ecológicos naturais, otimizando a produção, integrando o cultivo agrícola, à criação de animais e a manutenção de espécies lenhosas e frutíferas (CRESPO; SOUZA e SILVA, 2023), detendo a degradação da terra e a perda de biodiversidade, mantendo e melhorando os valores econômicos, sociais, culturais e ambientais (VILELA, 2018) com influência positiva no microclima e na otimização da produção por unidade de superfície, respeitando sempre o princípio de rendimento contínuo (CRESPO; SOUZA e SILVA, 2023).

Em síntese, as inúmeras vantagens são sempre trabalhadas para resiliência e a produção de riquezas do sistema (MEDEIROS, *ET. AL.*, 2018), aproveitando o uso da radiação, água e nutrientes (RIGHI e BERNARDES, 2015), resultando na produção de biomassa, sequestro, fixação e manutenção de carbono, conservar o solo através do recobrimento com redução dos fenômenos erosivos, lixiviação, salinização, acidificação e a diminuição da pressão sobre os remanescentes da vegetação nativa (CRESPO; SOUZA e SILVA, 2023).

Com o intuito de incentivar a instalação e manutenção de Sistemas Agroflorestais na região semiárida, para a proteção dos recursos naturais, produção de alimentos, prevenção e conservação das florestas, faz-se necessário a identificação da fertilidade do solo na região semiárida por meio de análises que identifiquem o sequestro e manutenção do carbono no solo pelos Sistemas Agroflorestais no ecótono Cerrado-Caatinga, por meio de: 1) Quantificar o teor de carbono; 2) Comparar sua eficiência com floresta nativa; 3) Verificar a importância do manejo adequado do solo para a manutenção do SAF; e 4) Analisar os efeitos da sazonalidade

nos estoques de carbono no SAF.

Portanto, este trabalho teve por objetivo avaliar a fertilidade e eficiência de uma agrofloresta na promoção do sequestro de carbono no solo na zona de ecótono Cerrado-Caatinga em período sazonal na zona rural de Teresina – PI e assim contribuir para o adequado uso da terra com sistemas de produção sustentáveis, valorização da agricultura e da sociobiodiversidade, com desenvolvimento de mecanismos de agregação de valor e geração de renda, produção de alimentos saudáveis além da manutenção da vida na Terra.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 LOCALIZAÇÃO

O estudo foi desenvolvido na capital do Piauí - Teresina, especificamente na zona rural. Teresina, localiza-se (latitude 05° 05' 21" S e longitude 42° 48' 07" W), considerada a primeira cidade planejada do país (GÂNDARA, 2011). De acordo com o censo de 2022, o município tem uma população estimada de 866.300 habitantes, possui uma área territorial de 1.391,293 km², sendo 81% da área ocupada por localidades rurais. O orçamento do município faz previsão orçamentária para o desenvolvimento de ações e atividades de capacitação, fomento e incentivo para a produção da agricultura familiar através da secretaria Superintendência de Desenvolvimento Rural (SDR), mostrando a importância das atividades rurais para o município.

SILVA (2023a), afirma que o município apoia a agricultura familiar incentivando a melhoria na qualidade da alimentação da população, geração de emprego e renda por meio de programas como hortas comunitárias.

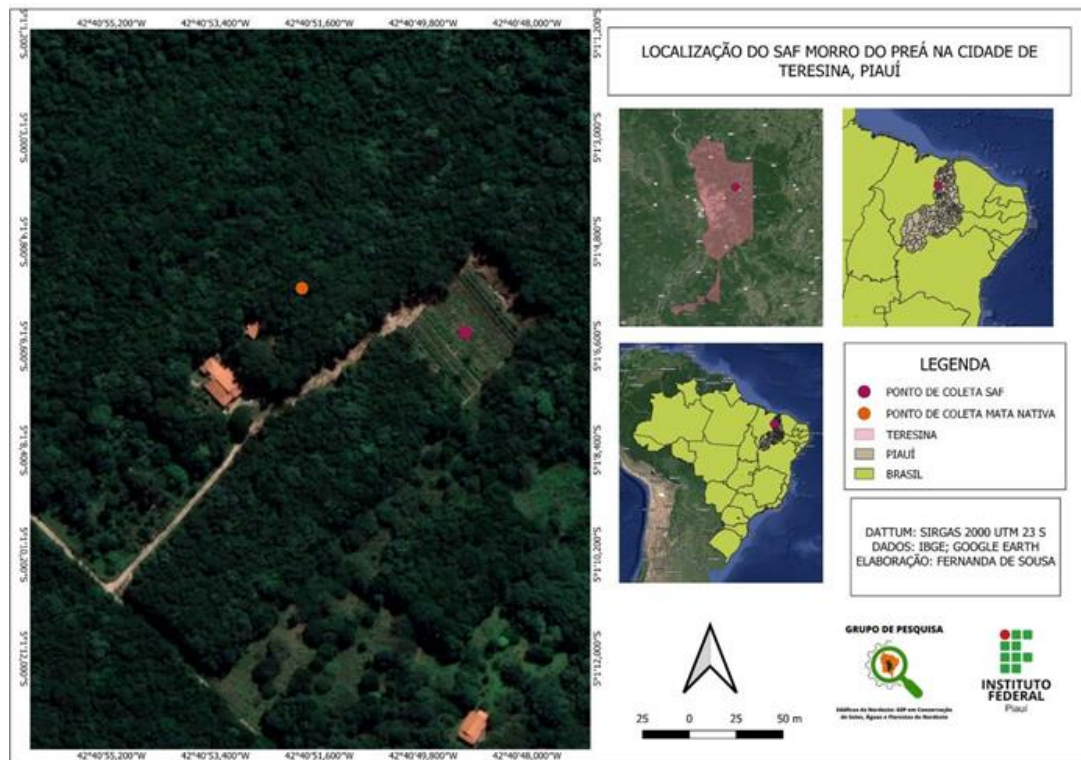
2.2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EM ESTUDO

Na zona rural da região da Grande Teresina, no povoado de Santa Teresa, em março de 2022 foi implantado o sistema agroflorestal (SAF) Morro do Preá em 0,5Ha em uma área de Floresta Nativa (FN). Para a implantação do SAF MP, aplicou-se pó de rocha e o manejo por meio de podas. Não utilizou fogo e não aplicou fertilizantes químicos. A propriedade é particular e pertence à aposentada Ruth, este fica localizado 5°01'05,6"S 42°40'51,9"W, representando a FN e 5°01'06,29"S 42°40'48,99"W representando o SAF (pontos de coleta) no ecótono cerrado-caatinga.

O SAF está implantado no meio de uma floresta densa onde para sua instalação ocorreu

a retirada parcial da vegetação do local (SILVA, 2023a). O SAF MP é voltado para a produção de alimentos orgânicos, destinado a consumo próprio, além de corresponder ao contexto da sustentabilidade com proteção das práticas e manejo dos povos tradicionais mantendo o plantio com sementes crioulas, conservar as espécies nativas e proteger o meio ambiente.

Figura 1 - Mapa de localização



Fonte: Autora, 2024.

2.3 METODOLOGIA

Em visitação ao Sistema Agroflorestal Morro do Preá (SAF MP) durante o período sazonal (chuvoso e seco), foi realizado coletas das amostras de serapilheira, densidade e solo simples para avaliar a promoção, o sequestro e a manutenção de carbono no solo.

Quadro 1 – Data das visitas no sistema agroflorestal e floresta nativa

Sistema Agroflorestal (SAF – MP) e Floresta Nativa (FN)	Data das Visitas
Período Chuvoso	12/04/2024
Período Seco	09/10/2024

Fonte: Autora, 2024.

Para as coletas, utilizou a técnica do zig-zag com as escolhas de três pontos. Em seguida, com o gabarito de 1,00 metro x 1,00 metro em PVC, foi coletada toda a serapilheira disposta

dentro desse, composta por todo o material de folhas, galhos, cascas, palhagem, material lenhoso, sementes, frutos bem como material fecal e restos de animais. Todo o material coletado, foi armazenado em saco de nylon, identificado com: área, ponto, período sazonal e hora da coleta. Depois enviada para o laboratório de Solos, Água e Esgoto - SOLAE, do Instituto Federal do Piauí, campus Teresina Central, onde foram pesadas e separadas. Como mostra a figura abaixo.

Figura 2 - Coleta das amostras de serapilheira



Fonte: Autora, 2024.

Em seguida, utilizando um anel volumétrico (equipamento de metal com volume de $93,03 \text{ cm}^3$), foram coletadas amostras de solo para a análise da densidade, o anel foi cravado no solo, por meio da compactação com seu preenchimento total do volume até sua borda, onde ocorreu o corte do solo. Após a retirada, a amostra foi armazenada em saco plástico transparente, identificada com: área, ponto, período sazonal e hora da coleta, depois encaminhada ao Laboratório de Solos, Água e Esgoto - SOLAE, do Instituto Federal do Piauí, campus Teresina Central. No Laboratório de Solos, Água e Esgoto – SOLAE. As imagens abaixo mostram o momento das coletas e a pesagem no laboratório.

Figura 3 - Coleta das amostras de densidade (anel volumétrico 93,03cm³).



Fonte: Autora, 2024.

Na sequência foram coletadas também as amostras de solo simples utilizado pá de jardinagem cravando-a ao solo em duas profundidades (0-10cm e 0-20cm). As amostras foram armazenadas em sacos plásticos transparentes, identificadas com: área, ponto, período sazonal, hora da coleta e profundidade, depois enviadas ao laboratório SOLAE, onde foi realizada a pesagem. Após a pesagem, separou-se 50g de solo identificada e enviada ao laboratório da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME) Como mostram as figuras abaixo.

No Laboratorio FUNCEME, foram realizadas as análises químicas do solo, onde: as amostras foram destorroadas, secadas e passadas em peneiras com malha de 2 mm para avaliação das características químicas do solo, identificando o pH em água (1:2,5) por potenciometria, a acidez trocável (Al+3) extraída com KCl 1 mol L⁻¹ e quantificada por titulometria com hidróxido de sódio 0,025 mol L⁻¹ padronizado com biftalato de potássio (SILVA, 2023 a).

As imagens abaixo mostram o momento das coletas e a pesagem do solo simples no laboratório SOLAE.

Figura 4 - Coleta das amostras de solo imples



Fonte: Autora, 2024.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 SERRAPILHEIRA

A Tabela 1 mostra a uma pequena redução em média da produção de serrapilheira no ano de 2024 em comparação com o ano de 2023. Apontada por ASSIS *ET. AL.* (2020) como um importante indicador de ecossistema, a serrapilheira acumulada fornece nutrientes e matéria orgânica ao solo que são essenciais para o funcionamento do ambiente, auxiliando na dinâmica da ciclagem de nutrientes. A produção de serapilheira por hectare é destacada no SAF.

Tabela 1 – Redução em média na produção de serrapilheira de 2024 em comparação com 2023

ÁREA	PERÍODO	
	2023	2024
SAF	Período Seco (PS) + Período chuvoso (PC)	
	28,500kg/Ha	27,370Kg/Ha
REDUÇÃO	1,130Kg/Ha	

Legenda: Média de produção de serrapilheira no período sazonal Sistema Agroflorestal Morro do Preá (SAF MP) 2024; SAF MP (2023); Quilograma (KG); Hectare (Ha)

Fonte: Autora, 2024.

Segundo IWATA *ET. AL.* (2012 a), a presença de componentes florestais arbóreos nos SAFs aliada a biodiversidade de espécies propicia a decomposição contínua de vegetais. Nesse contexto, as raízes das árvores são capazes de reciclar nutrientes de camadas mais profundas proporcionando um aumento do sistema com maior formação de macro e de microagregados, de frações estáveis no solo e consequentemente aumento prolongado dos estoques de carbono nas camadas mais profundas do solo, afirma OLIVEIRA *ET. AL.* (2021). A deposição de serrapilheira no SAF Morro do Preá no período sazonal de 2024, apresentou uma pequena variação na produção em comparação com o mesmo período do ano anterior, considerando a sazonalidade, ou seja, as variações de temperatura e precipitação podem ter influenciado essa redução, já que de acordo com o INMET (2024), na região no ano de 2024 foi constatado vários episódios de ondas de calor, com baixa umidade e altas temperaturas se comparado ao ano de 2023 que teve chuvas acima da média, temperatura próximas da média e com isso a manutenção da umidade no solo.

A baixa produção também pode ser observada na Floresta Nativa com uma queda por hectare, segundo VIERA E SCHUMACHER (2010), a influência do clima é determinante na quantidade de serrapilheira depositada em uma floresta, bem como na variação da concentração de nutrientes ou seja, a queda na produção de serrapilheira na FN assim como SAF MP, pode está associado aos fatores microclimáticos da região no ecótono cerrado - caatinga, baseado na sazonalidade. Pois, de acordo com AGUIAR *ET. AL.* (2011), a deposição e decomposição da serrapilheira, sob a ação do clima, é considerado processo chave para a manutenção da qualidade e estabilidade dos ecossistemas. Logo, a má distribuição de precipitação e as altas temperaturas

ao longo do ano de 2024, apresenta-se como um indicador na produção anual de serrapilheira.

A tabela 2 apresenta dados comparativos com o ano de 2023 apresentando redução de serrapilheira no SAF e na FN no Morro do Preá em quilograma por hectare considerando a sazonalidade.

Tabela 2 - Comparação dos dados na sazonalidade nos anos de 2023 e 2024 entre SAF MP e a FN no ano de 2024

ÁREA	PERÍODO/ ANO	SERRAPILHEIRA			
		SAZONALIDADE			
		SECO	CHUVOSO	SECO	CHUVOSO
		Kg		Kg/Ha	
SAF MP	2024	1,500	1,237	15,000	12,370
FN MP		1,200	1,280	12,000	4,266
SAF MP	2023	1,750	1,100	17,500	11,000

Legenda: Sistema Agroflorestal (SAF MP); FN (2024); SAF MP (2023); Quilograma (KG); Hectare (Ha)

Fonte: Autora, 2024.

Entretanto, em contrapartida, SCHUMACHER *ET AL*, (2013) afirma que a presença de sazonalidade na deposição de serrapilheira, tendo como principais argumentos a influência da precipitação e da temperatura, nem sempre apresentará correlação significativa entre a produção de serrapilheira e variáveis climáticas. Porém, as alterações microclimáticas da região, com destaque para as altas temperaturas com ondas de calor, baixa precipitação e redução da umidade no ano de 2024, apresentou-se como um indicador no desenvolvimento das plantas e consequentemente na menor produção de serrapilheira. Pois, para RIGHI E BERNARDES, (2015) às condições climáticas, ambientais e fisiológicas são determinantes para o crescimento e o desenvolvimento de culturas pois, envolvem processos físicos, químicos e biológicos, reafirmando a influência do clima nas interações entre as culturas e no ambiente. Contudo, apesar da influência microclimática da região, o SAF MP cumpriu sua função no recobrimento do solo, ciclagem de nutrientes, indicadores ambientais de sistema sustentável para a promoção e manutenção de carbono no solo.

Nessa perspectiva, (CRESPO; SOUZA e SILVA, 2023), afirma que o teor de matéria orgânica (MO) é influenciado pelo sistema de cultivo empregado ao solo, incluindo indicadores para um manejo adequado como diversificação de espécies das culturas implantadas no SAF

estimulando a produção de matéria orgânica, consequentemente aumentando a biodiversidade microbiana, o uso e a retenção da água IWATA *ET. AL.* (2021c).

Diante disso, SILVA (2023a) sustenta que a ciclagem da serrapilheira em sistemas agroflorestais permite a sustentabilidade exercendo o papel de proteger do solo da erosão e lixiviação, possibilitam maior estoque de carbono tanto no solo quanto na biomassa favorecendo o aumento dos indicadores ambientais dos sistemas agroflorestais.

3.2 DENSIDADE

A tabela 3, apresenta os valores médios da densidade no ano de 2024 no MP, o PC de 1,15g/cm³ e o PS de 0,97g/cm³ valores que representam o SAF, já a FN os valores foram mantidos no PC 1,24 g/cm³ e PS 1,20 g/cm³, comparando-os com o ano anterior no mesmo período. SILVA (2023), afirma que a densidade é a medida mais direta da compactação do solo, e para RIBEIRO (2021a), a densidade do solo é uma propriedade física bem dinâmica, alinhada às condições estruturais e a sua textura.

TABELA 3 - Média dos valores da densidade saf e fn morro do preá 2024 em comparação à 2023

ÁREA	DENSIDADE			
	2024		2023	
	PS	PC	PS	PC
SAF	0,97g/cm ³	1,15g/cm ³	0,10g/cm ³	0,70g/cm ³
FN	1,20g/cm ³	1,24g/cm ³	0,80g/cm ³	

Legenda: Comparação dos valores da densidade no SAF e FN no ano de 2024 no período seco e chuvoso com ano de 2023.

Fonte: Autora, 2024.

Considerando os valores apresentados na tabela 3, no ano de 2024, o nível médio da densidade no PC e PS teve variação tanto no SAF como na FN. De acordo com LINS *ET. AL.* (2021) a densidade é uma variável que expressa o grau de bloqueio mecânico que inibe ou diminui o crescimento das raízes. Nesse sentido, os valores apresentados no SAF MP e na FN, não afetam o solo na resistência, porosidade, permeabilidade, disponibilidade de nutrientes e sistema radicular. Essa variação pode estar ligada a duas situações: 1- a queda na produção de MOS que ocorreu no ano de 2024; 2 - as alterações microclimáticas com baixa precipitação, altas temperaturas e perda de umidade. Contudo, IWATA *ET. AL.* (2021c) afirmam que a dinâmica na biota do solo com elevado teor de Carbono Orgânico Particulado presentes na

camada superficial associado aos resíduos orgânicos garantem a estabilidade do solo.

Conforme SILVA (2023a), a diferenciação desse valor se justificam pela complexibilidade biológica das espécies arbóreas presentes no SAF MP associada à dinâmica natural que favorecer a ciclagem dos nutrientes com reflexo na conservação, qualidade e na estrutura do solo nos SAF's, sustentando que as estimativas dos estoques de carbono estão diretamente ligadas à densidade do solo.

Na visão de RIBEIRO *ET. AL.* (2019 b), esse atributo físico é fortemente afetado pelo manejo e pela matéria orgânica adicionada no solo. O Estudo de AMARAL, NEGRÃO E OLIVEIRA, (2023) afirma ainda, que a parte superficial do solo apresenta menor densidade, isso se dá além da atividade biológica, pela ocorrência de raízes e a dinâmica exercida pela MOS que ocorre com maior intensidade na superfície influenciando diretamente na concentração de carbono em solo menos denso.

Contudo, segundo SILVA *ET. AL.* (2021b) manter o nível desejável de qualidade do solo não é uma tarefa fácil, em vista dos inúmeros fatores que lhe influenciam, tais como: clima, tipo de solo, tipo e quantidade de espécies existente na área e o manejo adequado além das interações entre esses. Porém, conforme AMARAL, NEGRÃO E OLIVEIRA, (2023) de maneira preliminar, afirmam que o Sistema Agroflorestal tende a assegurar um maior estoque de carbono nas camadas superficiais, chegando a superar as áreas de vegetação nativa. De acordo com IWATA *ET. AL.* (2012 a), a estrutura e a composição dos Sistemas Agroflorestais proporcionaram maior distribuição dos nutrientes do solo ao longo do perfil devido à estratificação das espécies e enraizamentos diferenciados.

Diante disso, ressalta-se a importância dos SAF's na conservação dos recursos naturais, em particular solo, água e biodiversidade evitando degradação, mantendo a promoção e o estoque de carbono para a manutenção da qualidade nutricional do solo por meio de manejo sustentável, e assim contribuir para a mitigação das mudanças climáticas por meio do sequestro de carbono.

3.3 BASES TROCÁVEIS

Como mostra a tabela 4, no SAF MP, os teor médios das bases trocáveis aparecem em interação variando de acordo com a profundidade do solo. Porém alguns elementos se destacam como é o caso do Cálcio (Ca 13,50 cmolc/dm³), Magnésio (Mg 2,39 cmolc/dm³), Manganês (Mn 12,40 cmolc/dm³) e o Zinco (Zn 6,12 cmolc/dm³), já o teor de potássio (K 0,32 cmolc/dm³) aparece em equivalência no SAF MP e na FN nas profundidade de (0-10 e 0-20 cm) e o Na⁺

com baixo teor nas duas profundidades tanto no SAF MP como na FN.

As bases trocáveis são representadas K^+ , Na^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} no solo, segundo PREZOTTI E GUARÇONE, (2013) e estas participam de diversos processos que garantem a estabilidade das interações químicas, com papel importante no ciclo do carbono, afirma CALDEIRA ET. AL. (2023).

Tabela 4 - Micronutrientes e bases trocáveis no SAF e FN morro do preá 2024

Sistemas	Profundidade (cm)	Ca^{2+} (cmol c/ dm ³)	Mg^{2+} (cmol c/ dm ³)	K^+ (cmol c/ dm ³)	Na^+ (cmolc / dm ³)	P (mg/d m ³)	Zn (mg/d m ³)	Mn (mg/d m ³)	Cu (mg/d m ³)
Agroloresta	0-10	13,50	2,39	0,32	0,10	1,80	6,12	12,40	0,90
	10-20	9,79	1,32	0,20	0,08	7,92	5,40	10,20	0,75
Floresta Nativa	0-10	4,82	1,99	0,32	0,06	5,99	4,20	9,10	0,70
	10-20	3,37	1,01	0,23	0,05	2,35	3,80	8,00	0,60

Fonte: Autora, 2024.

Neste estudo, a média no período sazonal do Potássio (K^+ 0,32cmolc/ dm³ e 0,20cmolc/ dm³) no SAF MP, aparece como o nutriente de menor quantidade, equivalente nas duas áreas estudadas e nas duas profundidades, porém em comparação temporal (2024 e 2023), percebe-se uma variação na quantidade de K^+ no SAF MP onde os valores foram (PC 0,02 e 0,02 (0-10cm)) e no (PS 0,02 e 0,01 (0-20cm)) na pesquisa anterior. Para AGUIAR (2011) o K é o elemento de mais rápida liberação e SILVA (2023) afirma que o teor de potássio poderá comprometer o desenvolvimento e crescimento das plantas. Na FN a variação do teor de K^+ deve está relacionada ao seu consumo, pois é um ambiente equilibrado nas suas entradas e saídas de nutrientes.

Para essa análise o Cálcio se destacou entre os macronutrientes (Ca^{2+} 13,50 cmolc/ dm³). Para SILVA (2023), o Ca é responsável pelo aumento da disponibilidade de nutrientes e de acordo com CALDEIRA, ET. AL. (2023), esse elemento interage com vários outros atributos do solo, sendo importante para o ciclo do carbono através da interação com a MOS estabilizando o COT no solo, afirma ainda que em ambientes que a evapotranspiração é maior que a precipitação a permanência do Ca é favorecida no sistema, justificando o seu teor no SAF MP onde durante o período estudado houve pouca precipitação e altas temperaturas que pode ter influenciado a perda de umidade no solo.

O teor de magnésio (Mg) para SILVA (2023), representa um estabilizador importante de MOS que determina o nível de sustentabilidade do solo, sendo um nutriente limitante para a produção agrícola, sua disponibilidade não está ligada somente à sua quantidade, depende da interação com outros cátions como o Ca e K segundo BATISTA *ET. AL.* (2018).

O elemento sódio (Na^+) sofreu uma insignificância de aumento no teor em relação ao período estudado tanto no SAF MP em comparação à FN e à pesquisa anterior. Essa variação não influencia negativamente a qualidade do solo, pois altos teores de sódio podem causar degradação através da salinização, como aponta SILVA (2023a).

Assim como o Mg^{2+} , o Na + a quantidade de teores de ambos os elementos e sua interação com os demais, garantem as afirmações de diferentes autores da eficiência dos SAF's na ciclagem de nutrientes e qualificadores de sistemas sustentáveis de produção e conservação do solo.

Ainda representando os macronutrientes, o P de forma geral, é o macronutriente acumulado em quantidades menores no solo, não se perde por volatilização, conforme BATISTA *ET. AL.* (2018). Para SILVA (2023a), o nível de MO é uma das principais fontes. Na comparação SAF MP e FN no ano estudado o teor varia entre as profundidades porém com teores significativos em relação à pesquisa. Reafirmando a importância do manejo para a ciclagem de nutrientes, ligando a matéria orgânica à atividade biológica e mineralização proporcionando a alta eficiência do P que depende dessas transformações que ocorrem no solo aumentando sua disponibilidade, afirma BATISTA *ET. AL.* (2018).

Micronutrientes como manganês (Mn) e Zinco (Zn), se destacam na análise do solo no SAF MP, nas duas profundidades e em comparação com a floresta nativa com valores (Zn 6,12 e 5,40 mg/d m³ e o Mn 12,40 e 10,20mg/d m³) respectivamente à profundidade, conforme afirma BATISTA *ET. AL.* (2018), Zn é outro elemento que se mantém estável nas duas profundidades (0-10 e 10-20 cm), depende do estado nutricional da planta, sendo um elemento pouco móvel, é o mais limitante na produção, porém a MOS pode complexá-lo. A ausência de Mn causa diminuição da fixação de CO₂ na fotossíntese na visão de BATISTA *ET. AL.* (2018).

Os SAF's, por meio da diversidade de cultura incorporada e da vegetação nativa, se mantêm estabilizados dentro do processo de ciclagem de nutrientes, no entendimento de IWATA *ET. AL.* (2021c). a MOS não se manifesta com sensibilidade em agroecossistemas devido os altos teores de carbono interagindo com organo-minerais da MO que são resistentes. Pois nas duas profundidades, o SAF MP, manteve a qualidade do solo, concretizado pela eficiência das bases trocáveis na qualidade nutricional. Segundo CALDEIRA *ET. AL.* (2023) um solo com maior presença de bases trocáveis pode refletir positivamente em diversos

aspectos da fertilidade do solo. Assim como, RIBEIRO *ET. AL.* (2019) afirma que a mineralização do material orgânico depositado na superfície dos solos contribui para o aumento dos teores de nutrientes na camada superficial.

Assim, os sistemas agroflorestais possuem seu potencial de ciclagem de nutrientes, garantindo grande potencial na conservação do solo, pela distribuição de cobertura por meio do material orgânico depositado e da decomposição da MOS. Pois, a fertilidade do solo passou a ser tratada como o estoque de nutrientes em quantidades suficientes e balanceadas, todos os nutrientes essenciais.

3.4 CARBONO E MATÉRIA ORGÂNICA

A tabela 5, mostra os valores ótimos dos elementos essenciais como Carbono Orgânico Total (COT), Nitrogênio (N), além da Matéria Orgânica (MO), Soma das Bases (SB) e a Saturação no SAF MP em comparação com a FN.

RIGHI E BERNARDES (2015) apontam como aspecto fundamental para a absorção de nutrientes a umidade e o teor de água no solo, está fortemente ligado à dinâmica da matéria orgânica. IWATA *ET. AL.* (2020b), afirmam que os resíduos orgânico melhoram os atributos químicos do solo estabilizando a MO e elevando o pH, deixando livres Ca, Mg e K em maiores concentrações na solução do solo, o que leva ao aumento na saturação da capacidade de troca de cátions (CTC).

TABELA 5 - Quantidade de carbono orgânico total, nitrogênio e matéria orgânica no solo do SAF e FN

Sistema	Prof.(cm)	COT (g/kg)	N (g/kg)	Matéria Orgânica (g/kg)	Soma de Bases (SB, cmolc/dm ³)	V%
Agrofloresta	0 - 10	23,86	2,25	39,48	16,21	85,79
	10 - 20	20,20	1,41	35,00	11,31	77,71
Floresta Nativa	0 - 10	18,53	1,55	37,17	6,13	40,34
	10 - 20	15,27	1,49	30,25	4,61	33,32

Fonte: Autora, 2024.

Para IWATA *ET. AL.* (2012a) a avaliação da viabilidade ambiental de um agrossistema, utiliza-se o monitoramento da qualidade do solo por meio da identificação dos teores de nutrientes do solo e da quantificação dos atributos químicos presentes por esses teores sob

diferentes usos e manejos identificando aqueles considerados sustentáveis.

Os valores encontrados na pesquisa mostram que o SAF MP, mantém a qualidade do solo representada pelos atributos COT, N, MO, SB e Saturação nas duas profundidades (0-10 e 10-20 cm). No entanto, na camada superficial apresenta um teor de MO (39,48 e 35,00) respectivamente, que influencia positivamente os demais atributos. Segundo BATISTA *ET. AL.* (2018), solos com mais MO tendem a ter maior CTC. Ou seja, solo com maior presença de bases trocáveis pode influir positivamente em diversos aspectos de sua fertilidade. As bases são responsáveis por ocupar cargas no solo, e assim, elevar a saturação diminuindo a toxicidade por Al, como sustentam CALDEIRA *ET. AL.* (2023).

Os valores encontrados no SAF MP em relação a saturação (V%) 85,79 e 77,71 respectivamente nas duas profundidades (tabela 5), refletem valores adequados à exigência de qualquer cultura, devido a sua manutenção nas profundidades estudadas. Nesse contexto, RIBEIRO *ET. AL.* (2019b) aponta que mudanças no estoque de Carbono (C) do solo resultam em alterações nos conteúdos de Nitrogênio (N) devido ambos serem fonte de energia para a biomassa microbiana, componente essencial da MOS, participante direto do armazenamento e ciclagem de nutrientes para a melhoria das propriedades qualificadoras do solo.

Para RIBEIRO (2021a) a presença do nitrogênio através do processo de acúmulo de MOS, constitui uma importante contribuição aos sistemas, pois o fornecimento de N influenciado pelo estoque de C no solo, intensifica a decomposição da MOS resultando em uma ciclagem de nutrientes mais eficiente. DEVECHIO (2023) afirma, a possibilidade da MOS ser considerada um indicador simples, no entanto, o mais importante para se medir a qualidade do solo e, conseqüentemente, dos agroecossistemas, contribuindo para a melhoria dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo segundo BATISTA *ET. AL.* (2018).

As duas profundidades (0-10 e 10-20 cm) apresentam o COT (Carbono Orgânico Total) superior no SAF MP, porém com valores aproximados ao encontrado na FN, de acordo com a afirmação de IWATA *ET. AL.* (2012a), isso pode estar associado à ausência de revolvimento do solo proporcionando melhores condições para os organismos responsáveis pela fragmentação do material vegetal e pela ciclagem dos nutrientes. Portanto, os valores encontrados de COT no solo do SAF MP, induz o aumento dos níveis de estoque de Carbono nas duas camadas estudadas em virtude do manejo responsável aporte de deposição, qualidade e diversidade de resíduos orgânicos elevando os teores de MOS.

RIBEIRO, *ET. AL.* (2024c) afirma, no solo, que o nitrogênio (N), é o nutriente exigido em maiores quantidades absorvido pelas raízes, absorção é influenciada por diversos fatores, como a disponibilidade do elemento no solo, e da atividade metabólica das raízes e as condições

ambientais. Não é proveniente das rochas, mais sim da matéria orgânica presente no solo, servindo de fonte de energia para as bactérias que decompõem a MOS, porém de difícil avaliação da disponibilidade no solo devido à dinâmica desse a mineralização, imobilização, resíduos orgânicos, clima, tipo de solo segundo DEVECHIO (2023). Nas análises da pesquisa o teor de Nitrogênio em comparação com a pesquisa anterior apresenta-se baixo nas duas profundidade representado pelos valores respectivamente (SAF 2,25 (g/kg) e 1,41(g/kg) e FN 1,55(g/kg) e 1,49(g/kg)) podendo isso está relacionado à falta de umidade no solo consequência da baixa precipitação no ano da pesquisa, associada a altas temperaturas com possível excesso de evapotranspiração do solo ou ainda ao manejo que determina o aporte de resíduo orgânico, voltado para a cobertura do solo, consequentemente a retenção da umidade e da diminuição da temperatura.

3.5 Alumínio e CTC

A tabela 6 aponta os elementos que afetam a capacidade de troca de cátions e os elementos que contribuem na acidez e o pH que determina o nível de acidez no solo. A capacidade de troca de cátions (CTC) de um solo, representa a quantidade total de cátions retidos à superfície em condição permutável.

Tabela 6 - Acidez e Capacidade de Troca Catiônica SAF e FN Morro do Preá 2024

Sistema	Profundidade (cm)	Al ³⁺ (cmolc/dm ³)	H+Al (cmolc/dm ³)	CTC (cmolc/dm ³)	pH (H ₂ O)
Agrofloresta	0 - 10	0,18	2,66	18,89	6,10
	10 - 20	0,14	3,21	14,53	5,85
Floresta Nativa	0 - 10	1,00	5,51	9,25	5,02
	10 - 20	1,48	5,18	7,80	4,84

Fonte: Autora, 2024.

De acordo com BATISTA ET. AL. (2018), solo sob mata nativa apresenta pH na faixa alcalina e, na área de cultivo adjacente, os solos estão na faixa ácida, reflexo das ações naturais e antrópicas que levaram à remoção de bases e adição de H⁺, com consequente diminuição dos teores de Ca e Mg, diminuição do pH no solo, presença de alumínio trocável (Al³⁺). No entanto, as análises do SAF MP e da FN, apontam o contrário, reafirmando a funcionalidade dos SAF's

para a promoção das bases trocáveis. Para RIGHI E BERNARDES (2015), o pH dos solos também influencia diretamente na absorção de nutrientes na estruturação do solo através da matéria orgânica que auxilia na manutenção.

De acordo com PREZOTTI E GUARÇONE, (2013) o pH do solo é um indicativo de fertilidade atual, isto é, da forma química em que o alumínio se encontra, se tóxica (Al^{3+}) ou precipitada ($\text{Al}(\text{OH})_3$), do nível de solubilidade dos macro e micronutrientes e da atividade de micro-organismos no solo. Nas análises realizadas no solo do SAF Morro do Preá onde o pH encontra-se 6,10 e 5,58 respectivamente nas duas profundidades analisadas, aponta as condições ótimas para trocas nutricionais, onde, a ausência de Al^{3+} (tóxico), boa disponibilidade dos demais micronutrientes, o pH encontrado-se ideal para a maioria das culturas sendo superior em relação ao solo sob FN que apresentam valores 5,02 e 4,84 respectivamente.

De acordo com IWATA *ET. AL.* (2012a), o equilíbrio no SAF pode se relacionar com a disponibilidade de MOS que torna os cátions H^+ e Al^{3+} livres ânions dos resíduos adicionando bases (Ca, Mg e K) consequentemente promovendo a redução da acidez do solo e proporcionando o aumento do pH. Pois, conforme BATISTA *ET. AL.* (2018) o tamanho da CTC do solo depende fortemente de alguns atributos, principalmente da quantidade de argila, do tipo de argila, da quantidade de MOS que influencia diretamente em todo o processo de absorção e ciclagem de nutrientes e no pH auxiliando na manutenção.

Conclui-se então, a importância de instalações de SAF's como alternativas sustentáveis para evitar degradação do solo por meio da acidificação e salinização principalmente, em solos da região semiárida onde, segundo IWATA *ET. AL.* (2020b) o favorecimento das perdas é superior ao ganho e manutenção, a considerar as elevadas médias térmicas da região. Os SAF's possuem ainda um papel significativo nas práticas sustentáveis para a manutenção dos ciclos diversificados de culturas agrícolas integrados às florestas nativas, oferecendo um impacto positivo na conservação dos recursos naturais, fauna e flora local.

4 CONCLUSÕES

Esse trabalho aponta a importância dos SAF's para a manutenção dos serviços ecossistêmicos e suas variáveis do solo no uso da terra, no estoque de carbono, na qualidade do solo para sua conservação da capacidade de ciclagem de nutrientes e como alternativa sustentável para a preservação e proteção dos recursos naturais. Diante disso:

1 Os Sistemas Agroflorestais, conseguem se justificar na complexidade biológica no processo de decomposição da MOS, manutenção dos atributos químicos pela capacidade de

bases trocáveis fixando de carbono orgânico através da quantidade e qualidade do aporte de resíduos orgânicos para a conservação e fertilidade com eficiente na camada superficial do solo;

2 Sobre interferência da sazonalidade, os SAF's mantêm sua funcionalidade de melhorar e manter a qualidade do solo, mesmo diante de interferência climáticas como baixa precipitação, altas temperaturas e baixa umidade, devido o manejo e a variedade de espécies;

3 As análises realizadas no ano de 2024, confirmam a eficiência do SAF MP na promoção e manutenção do sequestro de carbono principalmente na camada superficial, por meio do manejo capaz de conservar os nutrientes se comparado à Floresta Nativa e à pesquisa realizada no ano anterior.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, M. I.; VALE, N. F. L.; OLIVEIRA, T. S.; CAMPANHA, M. M. CONGRESSO NORTE E NORDESTE DE PESQUISA E INOVAÇÃO TECNOLÓGICA - CONNEPI, 6., 2011, Natal. Anais. Natal: SETEC/MEC, 2011. p. 99-107. DISPONÍVEL EM: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/927860>.
- AMARAL, M. D.; NEGRÃO, G. N.; OLIVEIRA, B. H. M. METODOLOGIA E ANÁLISE DE AMOSTRAS PARA AVALIAÇÃO DO ESTOQUE DE CARBONO (EC) EM CRONOSSEQUÊNCIA AGROFLORESTAL. **Revista Técnico-Científica do CREA-PR**- ISSN 2358-5420 – Edição Especial – Agosto de 2023 – página 1 de 15
- ASSIS, V. P. de; COSTA, P. F. da; SANTOS, M. dos; FRÓES, C. Q.; SILVA, M. C. de O. **Decomposição foliar da serapilheira de dois sistemas agroflorestais no Cerrado Sul-Mato-Grossense**. Holos Environment, [S. l.], v. 20, n. 4, p. 522–538, 2020. DOI: 10.14295/holos.v20i4.12405. DISPONÍVEL EM: <https://www.cea-unesp.org.br/holos/article/view/12405>. ACESSO EM: 9 jan. 2025.
- BATISTA, M.A., INOUE, T.T., ESPER NETO, M., and MUNIZ, A.S. **Princípios de fertilidade do solo, adubação e nutrição mineral**. In: BRANDÃO FILHO, J.U.T., FREITAS, P.S.L., BERIAN, L.O.S., and GOTO, R., comps. Hortaliças-fruto [online]. Maringá: EDUEM, 2018, pp. 113-162. ISBN: 978-65-86383-01-0. DISPONÍVEL EM: <https://doi.org/10.7476/9786586383010.0006>.
- CALDEIRA, M. V.W.; GOMES, G. S. L.; GOMES, R.; DUARTE, V. B. R.; GODINHO, T. O.; MOREIRA, S. O. **Bases trocáveis e matéria orgânica do solo em povoamentos de magno-africano**. Congresso plantações florestais. IPEF. piracicaba, SP. Série Técnica IPEF v. 26, n. 48, maio de 2023. DISPONÍVEL EM: <https://doi.org/10.18671/sertec.v26n48.028>. ACESSO EM: 10 jan 2025.
- CRESPO, A.M., SOUZA, M.N., SILVA, M.A.B., Ciclo do carbono e sistemas agroflorestais na sustentabilidade da produção agrícola: revisão de literatura. **Incapar em Revista**, Vitória, v. 13 e 14, p. 6-19, dez. 2023.
- DE OLIVEIRA, A. F., et al. Estoques de carbono em agroflorestas e avaliação do ciclo de vida em sistemas agropecuários. **OLIVEIRA, Alan Figueiredo de; GONÇALVES, Lúcio Carlos (org.). Produção de ruminantes em sistemas integrados**. Belo Horizonte: FEPE, 2021.
- ENGLER, Murilo. Sistemas Agroflorestais - O que você precisa saber sobre esta forma de policultivo. **ESALQ Júnior Florestal**, 2021.
- GÂNDARA, Gercinair Silvério. **Teresina: a capital sonhada do Brasil oitocentista. História (São Paulo)**. São Paulo, p. 90-113. jun. 2011. Doi.org/10.1590/S0101-90742011000100005. ACESSO EM: 30 mar. 2024.
- 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 atributos químicos em argissolo vermelho-amarelo do cerrado piauiense. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** v.16, n.7, p.730–738, 2012 Campina Grande, PB, UAEE/UFCG – DISPONÍVEL EM: <http://www.agriambi.com.br>.

IWATA, B. DE F. et al. Manejo de resíduos em argissolo sob agrofloresta no semiárido cearense. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 4, p. 20702–20716, 2020.

DISPONÍVEL

EM:

<https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/9098/7730>. ACESSO

EM: 16 maio. 2024.

IWATA, B. de F. *et al.* TOTAL AND PARTICULATE CONTENTS AND VERTICAL STRATIFICATION OF ORGANIC CARBON IN AGROFORESTRY SYSTEM IN CAATINGA. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 34, n. 2, p. 443-451, jun. 2021. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21252021v34n220rc>. DISPONÍVEL EM: www.scielo.br/j/rcaat/a/gHhJDQ4wJxwCtZVJYm6g6cB/?lang=en. ACESSO EM: 05 mar. 2024.

LINS, D. J. B.; REIS, I. M. S.; GASPARIN, E.; VILDOSO, C. I. A.; SIA, E. F.; ROMANO, M. L. P. Atributos físicos do solo na cultura da mandioca sob manejo diferenciado v. 12 n. 2 (2021): **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais** - Fev 2021. DOI: <https://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2021.002.000>.

MEDEIROS, et. al., **Fome zero e agricultura sustentável**: contribuições da Embrapa – Brasília, DF: Embrapa, 2018. PDF (71 p.): il. color. (Objetivos do desenvolvimento sustentável - 2). ISBN 978-85-7035-783-0.

MORAES, J. A. T.; CAVICHIOLLI, F. A. RECUPERAÇÃO DE SOLO COM O SISTEMA AGROFLORESTA. **Revista Interface Tecnológica**, [S. l.], v. 19, n. 2, p. 597-607, 2022. DOI: 10.31510/inf.v19i2.1458.

DISPONÍVEL EM: <https://revista.fatectq.edu.br/interfacetecnologica/article/view/1458>.

ACESSO EM: 21 fev. 2024.

PREZOTTI, L. C.; GUARÇONI, A. M. Guia de interpretação de análise de solo e foliar – Vitória, ES: Incaper, 2013. 104 p. ISBN 978-85-89274-21-0.

RAULINO, J. A. M. **Eficiência do uso da terra no plantio consorciado de hortaliças em sistema agroflorestal**. 2022. 13 f. Artigo (Graduação) - Curso de Agronomia, Instituto de Desenvolvimento Rural, Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Redenção-Ceará, 2022.

RIBEIRO, J. M.; FRAZÃO, L. A.; CARDOSO, P. H. S.; OLIVEIRA, A. L. G.; SAMPAIO, R. A.; FERNANDES, L. A. **Fertilidade do solo e estoques de carbono e nitrogênio sob sistemas agroflorestais no Cerrado Mineiro**. Ci. Fl., Santa Maria, v. 29, n. 2, p. 913-923, abr./jun. 2019 ISSN 1980-5098. DISPONÍVEL EM: <https://doi.org/10.5902/1980509825310>. ACESSO EM: 14 jan 2025.

RIBEIRO, S. B. **Atributo químico, físico e biológico em sistemas de uso da terra em Marabá do Pará, Jaboticabal**, 2021. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), 51f.

RIBEIRO, M.C.; RAMÃO G.; GUSTAVO, G. S.; GUIMARÃES, C. R. R. MANEJO DE NITROGÊNIO E CICLAGEM DE NUTRIENTES NA CULTURA DO MILHO SAFRINHA. **Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro**, [S. l.], v. 7, n. 1, 2024. DOI: 10.61164/rmnm.v7i1.2593. DISPONÍVEL EM:

<http://revista.unipacto.com.br/index.php/multidisciplinar/article/view/2593>. ACESSO EM: 17 jan. 2025.

RIGHI, C. A.; BERNARDES, M. S.; BRANT, H. S. C.; CAMPOS, H. F. de; PRAGA, D. P. P.; RODRIGUEZ, C. A. S.; NEVES, P. D. M. . Os Sistemas Agroflorestais com funções ecológicas ressaltadas em áreas de conservação no Brasil. In: *Ciro Abbud Righi; Marcos Silveira Bernardes. (Org.). DISPONÍVEL EM: http://www.esalq.usp.br/biblioteca/sites/www4.esalq.usp.br/biblioteca/files/Cadernos_Disciplina_SAFs_2013_Montagem.pdf. 1ed.Piracicaba: University of Sao paulo / College, 2015, v. 1, p. 7-21.*

SANTOS, Antônio Bispo dos. **A terra dá, a terra quer**. São Paulo: Ubu Editora, 2023. 112 p. DISPONÍVEL EM: USBN 97885712610511. ACESSO EM: 29 jul. 2024.

SANTOS , C. R.; VENDRUSCULO, G. L.; ZOLIN, A C. SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS NA TOMADA DE DECISÃO COM FOCO NO DESMATAMENTO EVITADO”: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA : ANALYSIS OF ECOSYSTEM SERVICES IN DIFFERENT BRAZILIAN BIOMES: A SYSTEMATIC REVIEW. **Boletim Goiano de Geografia**, Goiânia, v. 43, n. 01, 2023. DOI: 10.5216/bgg.v43i01.71185. DISPONÍVEL EM: <https://revistas.ufg.br/bgg/article/view/71185>. ACESSO EM: 11 fev. 2025.

SANTOS, D., J. **Uso da terra, funcionamento ecossistêmico e degradação na Caatinga: o papel do clima e fatores socioeconômicos**. 2021. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2021.

SCHUMACHER, M. V.; CORRÊA, R. S.; VIERA, M.; ARAÚJO, E. F. **Produção e decomposição de serrapilheira em povoado de Eucalyptus urophylla x Eucalyptus globulus maidenii**. *Cerne*, Lavra, v.19, n.3, p. 501-508, jul./set.2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/s0104/77602013000300018>. ACESSE EM: 9 jan. 2025.

SILVA, Francisco Dionata de Oliveira. **Avaliação da produção de serviços ambientais dos sistemas agroflorestais (SAFS) do município de Teresina - Piauí**. 2023. 142 f. TCC (Graduação) - Curso de Tecnologia em Gestão Ambiental, Instituto Federal do Piauí, Teresina, 2023. DISPONÍVEL EM: <http://bia.ifpi.edu.br:8080/jspui/handle/123456789/2726>. ACESSO EM: 30 mar. 2024.

SILVA, M.O.; SANTOS, M. P.; SOUSA, A. C. P.; SILVA, R. L. V.; MOURA, I. A. A.; SILVA, R.S.; COSTA, K. D. S.; Qualidade do solo: indicadores biológicos para um manejo sustentável, **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v.7, n.1, p. 6853-6875 Jan. 2021. DISPONÍVEL EM: DOI:10.34117/bjdv7n1-463.

VIEIRA, M.; SCHUMACHER, M. V. TEORES E APORTE DE NUTRIENTES NA SERAPILHEIRA DE *Pinus taeda* L., E SUA RELAÇÃO COM A TEMPERATURA DO AR E PLUVIOSIDADE.R. *Árvore*, Viçosa-MG, v.34, n.1, p.85-94, 2010.

VILELA, G., **Influência de um sistema agroflorestal em consórcio com café na determinação da disponibilidade de fósforo no solo**, Dissertação, Universidade estadual Paulista - UNESP, Sorocaba, 2022, 49 fl. DISPONÍVEL EM: <https://hdl.handle.net/11449/234639>.

IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística; **idades e estados**

DISPONÍVEL EM: https://ibge.gov.br/cidades-e-estados/pi/teresina__ – ACESSO EM: 31/03/2024 às 10:44.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia, Brasília, DF, Brasil. DISPONÍVEL EM: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=tempo2/mapasPrecipitacao> ACESSO EM: 14 de janeiro de 2025 às 11:30.