



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DO SOLOS**  
**CURSO DE AGRONOMIA**

**PAULO UTAN ANDRADE DIÓGENES**

**ANÁLISE TEMPORAL DE AGROBIODIVERSIDADE, PRODUÇÃO DE  
SERRAPILHEIRA E COBERTURA DO SOLO EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS  
DE REGIÃO SEMIÁRIDA**

**FORTALEZA**

**2023**

PAULO UTAN ANDRADE DIÓGENES

ANÁLISE TEMPORAL DE AGROBIODIVERSIDADE, PRODUÇÃO DE  
SERRAPILHEIRA E COBERTURA DO SOLO EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS DE  
REGIÃO SEMIÁRIDA

Monografia apresentada ao curso de  
Agronomia do Departamento de Ciências do  
Solo da Universidade Federal do Ceará, como  
requisito parcial para obtenção do título de  
Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Julius Blum.

FORTALEZA

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Sistema de Bibliotecas  
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

- D622a Diógenes, Paulo Utan Andrade.  
Análise temporal de agrobiodiversidade, produção de serrapilheira e cobertura do solo em sistemas agroflorestais de região semiárida / Paulo Utan Andrade Diógenes. – 2023.  
33 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Curso de Agronomia, Fortaleza, 2023.  
Orientação: Prof. Dr. Julius Blum.
1. SAF. 2. Biodiversidade. 3. Agroecossistemas. 4. Sistemas conservacionistas. I. Título.  
CDD 630
-

PAULO UTAN ANDRADE DIÓGENES

ANÁLISE TEMPORAL DE AGROBIODIVERSIDADE, PRODUÇÃO DE  
SERRAPILHEIRA E COBERTURA DO SOLO EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS DE  
REGIÃO SEMIÁRIDA

Monografia apresentada ao curso de  
Agronomia do Departamento de Ciências do  
Solo da Universidade Federal do Ceará, como  
requisito parcial para obtenção do título de  
Bacharel em Agronomia.

Aprovada em:08/12/2023.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Julius Blum (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Eng. Agrônomo Adão Barros de Moraes  
Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Ceará (Ematerce)

---

Me. Josué Rodrigues Barroso  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

## RESUMO

A degradação do solo e dos ecossistemas, especialmente daqueles mais vulneráveis como as regiões semiáridas, tem ganhado cada vez mais importância no debate mundial. Seus impactos que já são percebidos no presente, geram dúvidas e desafios para o desenvolvimento futuro. Em face a este problema, os meios convencionais de agricultura vêm sendo questionados e repensados, com o objetivo de se desenvolver novos meios de se fazer uma agricultura sustentável que preserve os ecossistemas. Neste cenário, os sistemas agroflorestais surgem como uma possibilidade sustentável de agricultura com aspectos conservacionistas, que se baseia em princípios agroecológicos para garantir uma produção mais sustentável. A amostragem de serrapilheira foi realizada com 10 pontos por área com uma moldura de 0,25x0,25 m. A cobertura de solo foi amostrada esticando- uma corda com 50 pontos equidistantes 10 cm, com 5 repetições por área, observando a presença ou ausência de cobertura na projeção de cada ponto.. O acúmulo de biomassa na superfície do solo dos sistemas agroflorestais (SAFs I, II, III e IV) não foi alterado ao longo dos últimos dois anos, mantendo níveis de deposição de resíduos semelhantes aos da área de regeneração florestal com plantas nativas. Apesar da manutenção da biomassa aculada na superfície, houve redução da cobertura do solo no SAF III e aumento no SAF IV. Apesar da pequena redução em um dos sistemas, os níveis de cobertura de solo foram mantidos em níveis adequados em todas as áreas.

**Palavras-chave:** SAF; biodiversidade; agroecossistemas; sistemas conservacionistas.

## ABSTRACT

Soil and ecosystem degradation, especially those most vulnerable such as semi-arid regions, has gained increasing importance in the global debate. Its impacts, which are already perceived in the present, generate doubts and challenges for future development. Faced with this problem, conventional means of agriculture have been questioned and rethought, with the aim of developing new ways of carrying out sustainable agriculture that preserves ecosystems. In this scenario, agroforestry systems emerge as a sustainable possibility for agriculture with conservation aspects, which is based on agroecological principles to guarantee more sustainable production. Litter sampling was carried out at 10 points per area with a 0.25x0.25 m frame. The soil cover was sampled by stretching a rope with 50 points equidistant 10 cm, with 5 repetitions per area, observing the presence or absence of cover in the projection of each point. The accumulation of biomass on the soil surface of agroforestry systems (SAFs I, II, III and IV) has not been changed over the last two years, maintaining residue deposition levels similar to those in the forest regeneration area with native plants. Despite the maintenance of accumulated biomass on the surface, there was a reduction in soil cover in SAF III and an increase in SAF IV. Despite the small reduction in one of the systems, soil cover levels were maintained at adequate levels in all areas.

**Keywords:** SAF; biodiversity; agroecosystems; conservation systems.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Gráfico 1 –	Precipitação mensal do município de Tururu – CE (2023) .....	19
Figura 1 –	Localização do município de Tururu – CE.....	20
Figura 2 –	Croqui da propriedade e dos SAF.....	21
Figura 3 –	Registro fotográfico de cada SAF.....	21
Quadro 1 –	Histórico das SAFs da propriedade, localizado no município de Tururu-CE.....	22

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Estatística descritiva da massa seca de serrapilheira (kg/ha) nos SAFs e áreas de regeneração florestal. Probabilidade (p) Teste-t: comparação entre massa seca de serrapilheira (kg/ha) na mesma área em 2021 e 2023 e da mata M2 com as outras áreas em 2023....	27
Tabela 2 –	Estatística descritiva da cobertura do solo (%) nos SAFs e áreas de regeneração florestal. Probabilidade (p) Teste-t: comparação entre porcentagem de cobertura de solo na mesma área em 2021 versus 2023 e da mata M2 versus outras áreas em 2023.....	28



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	10
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	12
<b>2.1</b>	<b>Degradação do solo agrícola</b> .....	12
<b>2.2</b>	<b>Sistemas agroflorestais</b> .....	13
<b>2.2.1</b>	<i>Conceitos e princípios</i> .....	13
<b>2.2.2</b>	<i>Aspectos conservacionistas</i> .....	14
<b>2.2.3</b>	<i>Aplicação no semiárido</i> .....	17
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	19
<b>3.1</b>	<b>Caracterização da área experimental</b> .....	19
<b>3.2</b>	<b>Avaliação da agrobiodiversidade</b> .....	24
<b>3.3</b>	<b>Amostragem de serrapilheira</b> .....	24
<b>3.4</b>	<b>Avaliação da porcentagem de cobertura de solo</b> .....	25
<b>3.5</b>	<b>Análise</b> .....	25
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	26
<b>4.1</b>	<b>Avaliação da agrobiodiversidade</b> .....	26
<b>4.2</b>	<b>Amostragem de serrapilheira</b> .....	26
<b>4.3</b>	<b>Porcentagem de cobertura de solo</b> .....	28
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	30
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	31



## 1 INTRODUÇÃO

A agropecuária figura como um dos pilares fundamentais para a evolução das sociedades humanas. Tomando conhecimento dos ciclos de crescimento e manejo, tanto vegetal quanto animal, as civilizações conseguiram maior estabilidade na oferta de alimentos e, conseqüentemente, maior estabilidade para o desenvolvimento populacional. Desta forma, pode-se entender que o desenvolvimento populacional se dava sobre uma base de oferta de alimentos crescente, que era possível pela expansão do conhecimento e técnicas agrícolas (entre outras), mas gerando impactos proporcionalmente crescentes ao ambiente.

Pérez; Brefin; Polidoro (2016) argumentam que a agricultura não figurou apenas no surgimento de grandes civilizações, como no Egito e Mesopotâmia, mas também em seu colapso, tomando como exemplo a civilização Maia que, antes da chegada espanhola, já se encontrava em declínio. Isso se deu, em parte, pelo aumento do desmatamento para exploração agrícola, a diminuição da pluviosidade e o manejo inadequado do solo resultando em processos erosivos, que culminaram em perdas de produção, tornando-as incapazes de dar suporte aos grandes centros urbanos.

Dentre as inovações observadas na história da agricultura, a “revolução verde” do século XX pode ser considerada uma das mais dramáticas. Utilizando-se de motorização-mecanização pesada, grandes quantidades de insumos e elevado capital, alcançou-se níveis de produtividade muito elevados e baixa necessidade de mão de obra empregada diretamente no sistema produtivo. Entretanto, as práticas que permitiram tal produtividade geraram uma série de problemas de natureza ecológica, sanitária e social (MAZOYER e ROUDART, 2010).

Os reveses da exploração agrícola intensa são observados mesmo em áreas que apresentam condições edafoclimáticas favoráveis, uma vez que essas são as áreas exploradas mais intensamente. Esses impactos são ainda mais graves em regiões mais vulneráveis, como as regiões semiáridas que, segundo Aguiar (2016), são caracterizadas por altas temperaturas, baixa pluviosidade, solos pouco profundos e pouca produção de massa vegetal. Tais características edafoclimáticas pouco favoráveis, associadas ao histórico de sistemas agrícolas extrativistas, tornam ainda mais preocupante o equilíbrio ecossistêmico dessas regiões já fragilizadas.

Desta forma, para garantir a preservação dos ecossistemas é necessário prevenir a degradação do solo com práticas conservacionistas (NASCIMENTO *et al*, 2018). Nesse cenário, sistemas agroflorestais (SAFs) apresentam-se como possibilidades interessantes de

produção, especialmente nos ecossistemas semiáridos brasileiros (AGUIAR *et al*, 2018). No entanto, a introdução de sistemas agroflorestais na região semiárida do Brasil ainda é pontual e recente, carecendo de estudos a médio e longo prazo que relacionem biodiversidade e variáveis relacionadas à conservação do solo.

Dessa forma, objetivou-se avaliar a alteração ao longo do tempo de fatores de biomassa de serrapilheira e cobertura de solo em uma área de regeneração florestal e SAFs em uma propriedade no município de Tururu-CE, na comunidade de Serrotinho, partindo da hipótese que áreas de implantação de sistemas agroflorestais apresentam melhoras em características edáficas e de cunho conservacionista ao longo do tempo, fazendo uso mínimo ou nulo de insumos externos,

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Degradação do solo agrícola

Embora não seja o único meio para o desenvolvimento de plantas, tendo em vista a hidroponia e o cultivo em substratos orgânicos por fertirrigação, o solo é o principal e mais importante desses meios (BATISTA *et al.*, 2018). No entanto, ações antrópicas de exploração descontrolada em sistemas naturais, como desmatamento, queimadas e uso inadequado do solo, levam a um processo de degradação ambiental. Essa degradação se dá na forma da aceleração dos processos de intemperismo, perdas e solo por erosão e contaminação por agroquímicos, causando alterações e perdas das qualidades químicas, físicas e biológicas do solo, tendo impacto direto na degradação e redução da fixação da matéria orgânica do solo (MOS). A alteração da dinâmica da MOS pode conduzir a um processo de mineralização da mesma, que aumentaria a emissão de gases do efeito estufa para a atmosfera (BARROS, 2013).

Outra forma que a degradação do solo se manifesta é na diminuição de sua atividade biológica, tendo a prática do monocultivo como uma de suas causas. Isso ocorre porque a baixa biodiversidade provoca consequências como alterações na dinâmica da rizosfera, além da diminuição do carbono estocado e redução de fertilidade (KUZYAKOV, 2010). Zhang *et al.* (2004; 2010) ainda afirma que a perda da atividade da rizosfera leva à redução da microbiota. Os processos bioquímicos que ocorrem na rizosfera são muito importantes na mobilização e absorção de nutrientes do solo pela planta, de modo que a negligência dos processos biológicos relacionados à nutrição do solo acarretam no aumento do uso e dependência de fertilizantes minerais, sem aumento de produtividade em contrapartida.

Segundo Costa *et al.* (2018), existe uma relação direta entre o aumento da degradação de um solo com o aumento da intensificação das atividades agrícolas e de exploração adotadas no mesmo, sendo agravadas naquelas caracterizadas pela adoção de monocultivo, não preservação da cobertura do solo e outros manejos inadequados que facilitam ou levam à erosão, perda de fertilidade e compactação. O avanço dessa degradação para estágios mais críticos também ocasiona a redução da matéria orgânica do solo e o transporte de sedimentos e agroquímicos para além dos sistemas agrícolas (FERREIRA *et al.*, 2016). Souza *et al.* (2020) relacionam o aumento da intensificação dos processos de degradação com o aumento das capacidades tecnológicas produtivas, uma vez que estas

permitem a exploração mais intensa de áreas já produtivas e o avanço sobre áreas naturais.

Em face ao exposto e da realidade do aumento da degradação antrópica dos ecossistemas naturais, há uma preocupação e interesse crescente com práticas sustentáveis e a preservação e melhoria da qualidade dos recursos naturais, especialmente água e solo (ARAÚJO; GOEDERT; LACERDA, 2007).

## **2.2 Sistemas agroflorestais**

### ***2.2.1 Conceitos e princípios***

Segundo Nair (1993), durante a década de 1970 alguns acontecimentos e fatores contribuíram para a aceitação de Sistemas Agroflorestais (SAFs) como alternativas de manejo da terra e produção, dentre eles temos a reavaliação de políticas de desenvolvimento pelo Banco Mundial, análise de políticas florestais pela FAO, crises alimentares em várias áreas em desenvolvimento, a crescente preocupação com o desmatamento de florestas tropicais e degradação ecológica e a vulnerabilidade às variações nos preços de fertilizantes. Ao longo do tempo, a definição de “Agroflorestas” foi bastante discutido, tendo como a mais adotada a definição proposta pelo *International Center for Research in Agroforestry* (ICRAF) que, de acordo com Nair (1993), consiste em:

Sistemas Agroflorestais são sistemas de uso da terra e práticas nas quais plantas perenes lenhosas são deliberadamente integradas com culturas e/ ou animais na mesma unidade de gestão de terras. A integração pode ser com um arranjo espacial ou em uma sequência temporal, onde normalmente existem interações ecológicas e econômicas entre os componentes lenhosos e não-lenhosos.

Desta forma, entende-se que os SAFs podem ser bastante variados, admitindo sistemas simples, com número reduzido de espécies e manejo menos intenso, até sistemas complexos nos aspectos de biodiversidade e manejo, uma vez que haja o consórcio de componentes lenhosos com culturas agrícolas e/ou animais, visando produção econômica enquanto favorece a prestação de serviços ecossistêmicos, contando com maior autonomia e sustentabilidade (DIDONET, 2015; PEZARICO, 2009; SALIN et al, 2012). Dentre as inúmeras possibilidades de SAFs, tende-se a separá-los em três categorias básicas: os agrossilviculturais, que associam o uso de culturas agrícolas anuais e espécies florestais; os silvipastoris, voltados para a criação animal em consórcio com componentes arbóreos; e os agrossilvipastoris onde há a integração dos componentes arbóreos, agrícolas e animais, em

conjunto ou em sequência (DIDONET, 2015; MICCOLIS et al., 2016).

Além das já citadas, as classificações podem focar em aspectos de alta biodiversidade e complexidade/intensidade do manejo, além de uso de diversas espécies com funções ecológicas diferentes e complementares, criando modelos de “Sistemas Agroflorestais Agroecológicos” (NETO *et al.*, 2016). Há ainda outros conceitos como o da “Agricultura Sintrópica”, idealizada por Ernst Götsch, em que o sistema tem como base não apenas a consorciação como também a sucessão ecológica (BALEEIRO e JÚNIOR, 2018), com manejo intenso e amplo emprego da poda.

Dada a diversidade e complexidade das agroflorestas, pode-se inferir que não há um modelo rígido de manejo de agroflorestas, exigindo a compreensão das dinâmicas ecológicas no espaço e no tempo, sendo necessário reconhecer constantemente as possibilidades e limites do ecossistemas em cada momento, para que as intervenções possam se dar de forma mais sustentável (STEENBOCK et al., 2013; STEENBOCK e VEZZANI, 2013).

Com a proposta de redesenhar os sistemas agrícolas, com o aumento de biodiversidade, ciclagem de nutrientes, fixação de carbono, adequação ecológica e diminuição da dependência de insumos, os sistemas agroflorestais se apresentam como ferramentas interessantes para a transição agroecológica, como argumenta Wezel *et al.* (2020). Neste caso, a agroecologia seria uma nova forma de abordagem holística de aspectos ecológicos, agronômicos, ecológicos e sociais, buscando a compreensão mais profunda das relações entre esses diferentes aspectos e, conseqüentemente, dos agroecossistemas como um todo (ALTIERI, 2004).

No âmbito do uso de SAFs para auxiliar na transição agroecológica, teoriza-se convencionalmente que tal sistema produtivo não seria tão economicamente interessante quanto os métodos convencionais, de modo que seria um detrimento para sua aplicação de fato. Entretanto, Ploeg *et al.* (2019) afirmam que tais hipóteses se apoiam fortemente em diferenças de produção bruta, de modo que um estudo mais detalhado dos aspectos econômicos mostram que sistemas baseados em princípios agroecológicos podem ser tão ou mais interessantes economicamente que os modelos convencionais, ainda desconsiderando os outros serviços ecossistêmicos, sociais e de sustentabilidade, promovidos pela aplicação de princípios agroecológicos

### ***2.2.2 Aspectos conservacionistas***

Como exposto anteriormente, os sistemas agroflorestais buscam a produção econômica concomitante à preservação, e até melhoria, dos agroecossistemas, promovendo uma série de “serviços ecossistêmicos”, como produção de biomassa, manutenção da cobertura vegetal, aumento da biodiversidade (vegetal, animal e microbiológica), aporte de matéria orgânica, sequestro de carbono e outros, que agregam melhorias incrementais. Desta forma, os SAFs se mostram como modelo interessante para a implantação em sistemas degradados, aliando uma possibilidade de exploração econômica com a promoção da recuperação ecológica, pois têm em seu funcionamento básico o aumento e conservação do aporte de matéria orgânica, proteção contra agentes erosivos, aumento da atividade microbiana do solo e proporcionando a ciclagem de nutrientes (ARAÚJO FILHO, 2013).

Neste ponto, vários autores, como Araújo Filho (2013), Miccolis *et al* (2016), Franco *et al.* (2002), Ramalho *et al.* (2015), Mbow *et al.* (2013) e outros, convergem no entendimento de que os SAFs, possuem a capacidade de conciliar a atividade econômica agrícola com a preservação ambiental, por meio da promoção de mecanismos e serviços ecossistêmicos, como regulação do ciclo hidrológico, recuperação e manutenção da fertilidade do solo, controle da erosão, aumento da atividade e diversidade biológica do solo, além de mitigar mudanças climáticas e favorecer aspectos de segurança alimentar.

Os SAFs conseguem gerar sistemas mais robustos, resilientes e estáveis, pois, ao explorarem níveis cada vez maiores de biodiversidade, conseguem promover o uso mais eficiente dos recursos disponíveis no sistema, diminuindo a dependência de insumos externos (OLIVEIRA; SAMBUICHI; SILVA, 2013).

No tocante à liberação de gases de efeito estufa (GEE), os sistemas agroflorestais auxiliam na mitigação da liberação de tais gases, conseqüentemente, mitigando as mudanças climáticas de maneira geral. Nos SAFs, similarmente aos ambientes naturais, as plantas e o solo atuam no sequestro e estabilização do carbono, enquanto o oposto também é verdadeiro, pois há a liberação do carbono, outrora fixado, durante processos de desmatamento (CARVAJAL-AGUDELO e ANDRADE, 2020). Segundo Torres *et al.* (2014), os SAFs são sistemas com boa capacidade de estocagem do carbono atmosférico, sendo um instrumento fundamental nas estratégias de diminuição da emissão dos gases do efeito estufa e de mitigação das mudanças climáticas.

Este aspecto de mitigação de impactos e emissão de gases do efeito estufa é desejável por si próprio, mas se torna especialmente interessante para a aplicação na agropecuária, uma vez que esta atividade tem grande impacto na emissão de carbono. Tomando como exemplo o setor agropecuário brasileiro no ano de 2016, foi responsável por



33,6% do total de emissões de gases do efeito estufa, tendo a fermentação entérica como maior contribuinte (BRASIL, 2020). Associando-se as características da atividade produtiva, os benefícios proporcionados por sistemas agroflorestais e a sempre crescente preocupação com o efeito estufa e as mudanças climáticas, torna-se muito interessante a integração de pastagens com sistemas agroflorestais.

Os sistemas agropecuários também sofrem com o problema de compactação do solo, devido ao pisoteamento dos animais em pastejo. Os SAFs também contribuem na mitigação deste problema, uma vez que aumentam a porcentagem de macroagregados do solo (SILVA et al., 2016), além das melhorias dos atributos físicos do solo proporcionadas pelo aporte de matéria orgânica.

O aumento do aporte e estabilização da matéria orgânica do solo observada em SAFs, têm papel muito importante na melhoria dos atributos do solo. Este aporte de matéria orgânica se dá na forma de serrapilheira, sendo esta referente à todo material vegetal da parte aérea das plantas que caem ao solo, como frutos, sementes, galhos e folhas (TORRES et al, 2014). A MO influencia na qualidade dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo, atuando na capacidade de troca de cátions (CTC), na disponibilização de nutrientes, na agregação do solo, na adsorção de moléculas orgânicas e na complexação de elementos tóxicos. Isso tem reflexo direto na melhoria de outros atributos, como porosidade, densidade e desenvolvimento da microbiota (ALCÂNTARA, 2017).

Como dito anteriormente, o solo é o principal meio para o desenvolvimento das plantas, mas esta relação não é unilateral, sendo a cobertura vegetal um importante meio de preservação do solo. Uma maior capacidade de preservação do solo é alcançado com a maior cobertura vegetal do mesmo, seja na cobertura oferecida pelo dossel das árvores ou pela deposição de serrapilheira sobre a superfície do solo. Esta cobertura funciona como um obstáculo físico, protegendo o solo do impacto direto das gotas de chuvas que causam a desagregação e arraste das partículas, além de funcionar como uma constante fonte de matéria orgânica, que atua no solo como um agente cimentante, especialmente quando associada a uma maior atividade biológica, além de servir de fonte para manutenção e melhoria da fertilidade (MAIA et al, 2006; WOLSCHICK et al, 2016).

Contudo, a mera implantação de um SAF, sem o planejamento e manejo adequado, não é suficiente para se beneficiar de todo seu potencial conservacionista, especialmente se considerarmos a diversa gama de sistemas que se enquadram como SAF, de modo que é possível se observar a degradação do solo, com erosão, perdas de água, solo e nutrientes. Isso foi evidenciado em estudos de Aguiar *et al* (2006) e Maia *et al* (2006),

realizadas em um sistema agrossilvipastoril, com revolvimento de solo, no Ceará.

### **2.2.3 Aplicação no semiárido**

As regiões semiáridas cobrem aproximadamente 41% da superfície continental do planeta, num total de aproximadamente 5,17 bilhões de hectares. Como já abordado, a degradação do solo está mundialmente em expansão, sendo ainda mais grave e perceptível em regiões semiáridas. Está presente em mais de 100 países e afeta mais de 900 milhões de pessoas, sendo um grande entrave para o desenvolvimento das regiões semiáridas, particularmente na África. A degradação dos ecossistemas semiáridos africanos é evidenciado nas crescentes taxas de erosão e mudança da cobertura vegetal, e refletido diretamente na queda de produtividade e biodiversidade (MGANGA; MUSIMBA; NYARIKI, 2015).

A quantidade de matéria orgânica do solo (MOS) em regiões semiáridas na maioria das situações é naturalmente baixa (DE FARIAS et al., 2017), tornando-se ainda mais importante o uso de técnicas que visem seu incremento. Dentre outras, uma das formas que se dá esse aporte é pela adição de matéria orgânica a partir da adubação verde, técnica bastante difundida em manejos agroecológicos e agroflorestais, e que se dá basicamente por meio do cultivo de espécies vegetais, geralmente leguminosas, com bom potencial de produção de biomassa, como gliricídia, feijão-guandu, mucuna, entre outras espécies (SILVA et al., 2016).

Araújo Filho (2013) afirma que os SAFs são excelentes sistemas para serem implantados em regiões semiáridas, uma vez que proporcionam recuperação dos ecossistemas enquanto possibilitam a exploração econômica das áreas, mesmo em ecossistemas degradados, além de exercer um importante papel na proteção de recursos hídricos. Especialmente o uso dos componentes lenhosos, na forma de espécies arbóreas, garantem ao sistema a capacidade de promover a circulação ativa dos nutrientes no solo e manter o aporte de matéria orgânica. Além disso, a cobertura vegetal também funciona como proteção física do sistema, influenciando na velocidade de escoamento e na qualidade das águas pluviais que vertem em direção aos corpos hídricos, pois ao interceptar a água e diminuir sua velocidade de impacto e escoamento superficial, promove a redução de efeitos erosivos e de enxurradas.

Mganga, Musimba e Nyariki (2015) tendem a convergir com este pensamento, afirmando que além de combater a degradação, a aplicação dos sistemas agroflorestais promove a melhoria da qualidade de vida de produtores em regiões semiáridas no Quênia. Isso se deve ao fato dos SAFs fornecerem uma variedade de produtos alimentícios e/ou de interesse econômico, promovendo aumento da segurança alimentar e econômica de tais

produtores.

Voltando o olhar ao cenário brasileiro, tem-se que o semiárido nordestino se estende por uma área de aproximadamente 1.128.697 km<sup>2</sup>, afetando uma população de 27.870.241 habitantes em 1.262 municípios (SUDENE, 2017).

Historicamente, desde o período colonial, a exploração agrícola do semiárido nordestino é marcada por seu aspecto extrativista dos recursos naturais (ARAÚJO FILHO, 2013). Segundo Coelho *et al* (2014), a exploração intensa pode causar degradação ambiental, com perda de biodiversidade, intensificação de processos erosivos e perda de fertilidade do solo.

Um exemplo favorável de implantação de SAFs no semiárido brasileiro é o abordado nos estudos de Iwata *et al* (2012), realizado no Piauí, que ao se comparar com uma área de produção agrícola convencional (corte e queima), os SAFs apresentaram melhores indicadores, como maior saturação por base, maior teor de carbono orgânico total, maior pH, fornecendo melhores condições para a microbiota do solo. Além disso, observou-se melhor distribuição de nutrientes em profundidade no solo, atribuído à diversidade estrutural e de estratificação das espécies cultivadas.

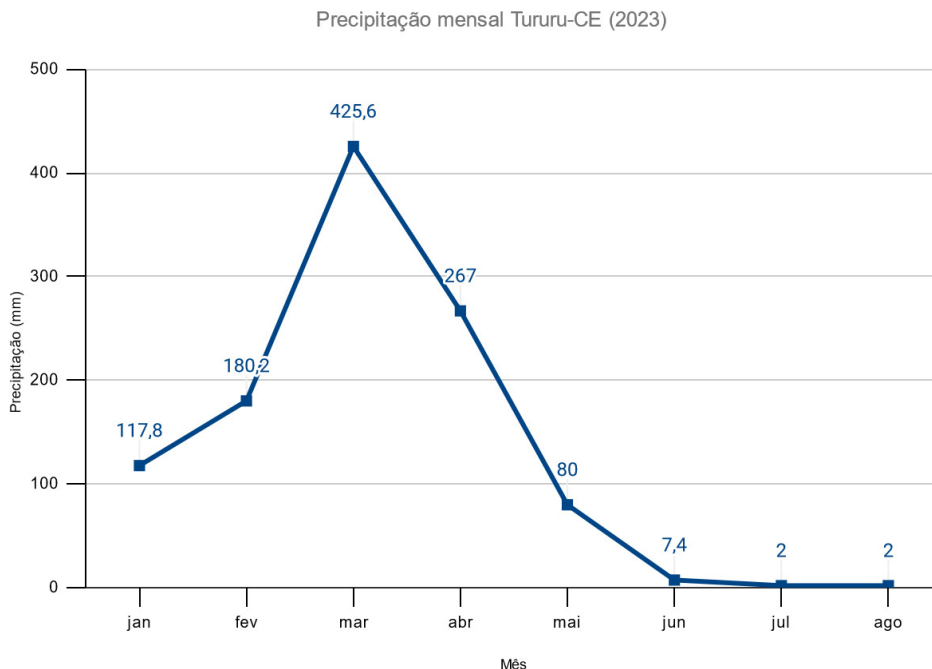
### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Caracterização da área experimental

Trata-se da mesma área utilizada em um estudo realizado em agosto de 2021 por Pereira (2021), cujos resultados serão comparados ao levantamento atual. Para manter a comparação temporal possível e observar como o sistema se alterou ao longo de 2 anos, o presente estudo foi realizado na mesma época do ano, após o período chuvoso, e replicou-se todas as avaliações e métodos utilizados por Pereira (2021).

A propriedade em questão está localizada na divisa entre os municípios de Tururu-CE (Figura 1) e Itapipoca-CE (3°32'53,2" S 39°24'33,6" W), na região do Vale do Curu, à 107 km de Fortaleza, e a uma altitude de 105,5 m (IPECE, 2017). Na classificação de Köppen, o clima dessa região é enquadrado como **BS w' h'**, sendo semiárido com chuvas irregulares, com duas estações climáticas bem definidas (EMBRAPA, 2001)

Gráfico 1 – Precipitação mensal do município de Tururu – CE (2023).



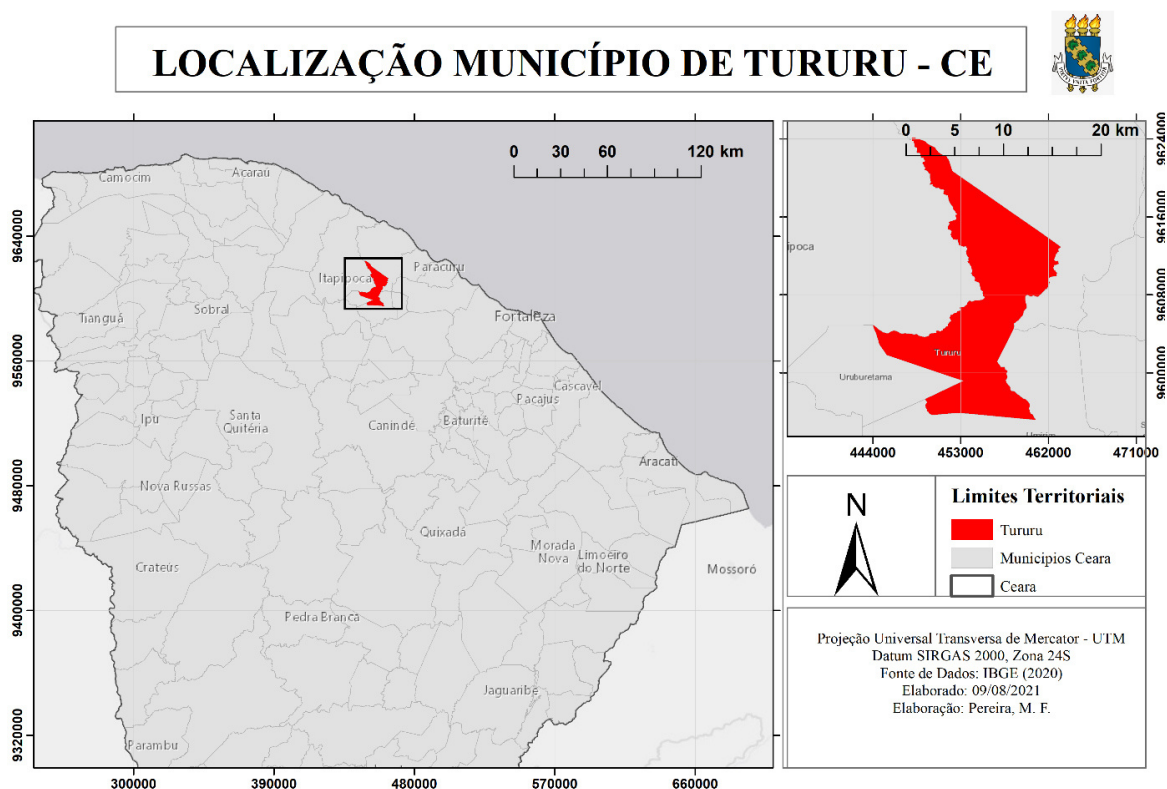
Fonte: Autor, dados adaptados de FUNCEME.

O clima característico da região estudada é do tipo tropical quente semiárido,

tropical quente semiárido brando, com pluviosidade anual média de 897,5 mm, com período chuvoso de janeiro a maio, e temperatura média de 26° a 28°C. O relevo é composto por depressão sertaneja e maciços residuais com complexo vegetacional de caatinga arbustiva aberta, caatinga arbustiva densa, floresta subcaducifólia tropical pluvial, floresta subperenifólia tropical pluvio-nebular. Os solos variam entre litólicos, latossolo vermelho-amarelo, podzólicos vermelho-amarelo e regossolo (IPECE, 2017).

A coleta dos dados ocorreu em 08 de setembro de 2023, mais de dois meses após o final da estação chuvosa (Gráfico 1), época em que a maior parte da folhagem da vegetação caducifólia já havia senescido, sendo depositadas sobre o solo como componente da serrapilheira.

Figura 1 – Localização do município de Tururu – CE.



Fonte: Pereira (2021).

A propriedade está localizada na comunidade Serrotinho, contando com área implantada de SAFs de 3.528 m<sup>2</sup>, dividido em 4 SAFs (Figura 2 e Figura 3), apresentando diferentes composições e época de início de implantação. Existe ainda, aos fundos da propriedade, uma área de regeneração florestal.

Em cada SAF foi adotada uma estratégia de manejo específica com o objetivo experimental do próprio agricultor, propiciando um agroecossistema mais equilibrado.

Figura 2 – Croqui da propriedade e dos SAFs.



Fonte: Pereira (2021).

No Quadro 1 é apresentado um resumo do histórico de manejo, elencando as informações levantadas por Pereira (2021) bem como as alterações descritas pelos proprietários (em negrito).

Figura 3 – Registro fotográfico de cada SAF.

M1



M2



SAF II



SAF IV



SAF I



SAF III



Fonte: Autor.

Quadro 1 – Histórico dos SAFs, localizados no município de Tururu-CE.

Área	Histórico
SAF I	Anteriormente à 2017 eram cultivados feijão, milho e macaxeira com manejo convencional, a partir do segundo semestre de 2017 foi iniciado a implantação do SAF. Iniciou-se o SAF plantando milho, feijão e macaxeira sem realizar capina em menor densidade de plantio com propósito de permitir a regeneração de algumas espécies nativas a partir de rebrota e germinação do banco de sementes existente. O milho, feijão e macaxeira foram consorciados com mudas de aroeira, pau d'arco, ipê, carnaúba entre outras de forma aleatória, dado que esta era a forma de conhecimento do agricultor sobre SAF. As brotações a partir de remanescentes florestais de espécies como mororó, sabiá, mofumbo, jurema, entre outras, foram mantidas. Não foi utilizado nenhum insumo (fertilizante, esterco e adubo) externo durante a implantação do SAF. Em 2018 foi plantado novamente milho, feijão e macaxeira. Nesse ano houve uma invasão de porcos que comeram boa parte das macaxeiras. Também foi plantado amendoim, o qual apresentou boa produção. Foi plantado também batata-doce, todavia os porcos as comeram. Em 2019 a estratégia de manejo do sistema foi alterada devido à dois fatores: i) frequente invasão de galinhas e <b>caprinos</b> pertencentes aos vizinhos,

	<p>destruindo a produção de culturas anuais; ii) baixa produtividade de culturas anuais devido à baixa qualidade do solo, condição herdada do histórico de exploração da área. O agricultor observou que a deposição de fitomassa em razão da senescência natural e podas das árvores não estavam sendo suficientes para manter a cobertura do solo e aumentar a matéria orgânica e consequentemente a qualidade do solo. No final de 2019 foram plantadas as linhas de capim mombaça com espaçamento de 8 metros para produzir biomassa e cobrir o solo. Este capim foi coletado na beira da estrada onde havia uma plantação de forragem para alimentação animal. No início de 2020 foi observado um crescimento muito rápido do capim, gerando uma boa quantidade de biomassa e sendo a principal cobertura de solo da área I. <b>Não foram relatadas novas alterações de manejo.</b></p>
SAF II	<p>Anteriormente à 2017 a área era manejada da mesma forma que o SAF I, com cultivo convencional de milho e feijão. Durante o ano de 2017 a área foi mantida em pousio, permitindo regeneração natural de espécies nativas, no entanto, especificamente no local do SAF II, a regeneração florestal foi incipiente, com crescimento lento apenas de espécie herbácea denominada “vassourinha”, com baixa produção de fitomassa. Em 2018 foi planejado fazer da área um SAF para tentar recuperar a área que estava inutilizada. Toda a vegetação que estava cobrindo o solo foi retirada e armazenada em um saco para esquematizar e fazer os canteiros na área. As linhas foram espaçadas a cada 5,50 metros uma da outra e plantada mudas a cada 1 metro de distância em cada linha. Nas bordas foram plantados milho e feijão. Depois a vegetação foi lançada novamente na superfície do solo. Em 2019 foi plantado macaxeira, bananeira, feijão e milho. Dois meses depois foi observado uma boa produção de milho. Para acelerar a produção de matéria e biomassa para cobrir o solo, foi plantada uma linha de capim. No segundo semestre de 2020 foi mantida a mesma dinâmica, todavia a serrapilheira de uma área de mata próxima foi coletada e utilizada para cobrir a superfície da área II já que apresentava baixa cobertura. <b>Não foram relatadas novas alterações de manejo.</b></p>
SAF III	<p>Em 2018 esta área era feita roça convencional, com alguns cajueiros e macaxeiras. Em 2019 foi plantado milho, feijão e mandioca. Depois da colheita dos grãos, surgiu a ideia de SAF. Foi deixado de pousio entre 2019 e 2020 para produção de fitomassa para ser utilizada como cobertura de solo, para desta forma não precisar trazer matéria orgânica de outras áreas externas. Em setembro de 2020 foi iniciada a implantação do SAF. Foi feita a poda nos cajueiros e algumas árvores nativas foram derrubadas para ser utilizadas como cobertura de solo. Depois foi plantado o capim em fileiras com a finalidade de produzir fitomassa e cobertura para o solo. Logo após vieram as frutíferas e as plantas dos SAFs anteriores. <b>A poda dos cajueiros foi continuada, conferindo boa quantidade de biomassa e certa proteção contra a ação de galinhas dos vizinhos. Além disso foi relatado o início da adição de esterco caprino proveniente de uma criação iniciada recentemente na propriedade. Por conta da proximidade da criação de caprinos, as variedades de mandioca estão sendo gradativamente substituídas por variedades de macaxeira com menor toxicidade.</b></p>
SAF IV	<p>Iniciado em 2021, esta área tem o SAF ainda incipiente. Era somente uma área de mata rasteira e bem rala. Foram feitos os canteiros e utilizados o mato da capina para cobrir o solo. Na época de implantação, foram plantadas</p>



	algumas plantas, porém ainda na fase inicial do SAF, sem muita cobertura de solo. Não foi plantado o capim nesta área porque o proprietário tem o objetivo de fazer uma dinâmica diferente para fazer uma experiência sem o capim. <b>O proprietário enfatizou que é perceptível que este SAF tem o solo mais arenoso que o SAF III. Além disso, não foram relatadas novas alterações de manejo.</b>
Mata M1 e M2	Área de regeneração natural da vegetação após 2017. Anteriormente à 2017 a área era manejada com cultivos sucessivos de lavoura de milho e feijão, à exemplo das áreas de SAF I e II. A área de mata foi avaliada em duas SAFs: M1 área de regeneração mantida em pousio, sem intervenção. M2 área de regeneração com retirada de serrapilheira no ano de 2020 para fornecimento de fitomassa e cobertura de solo para o SAF II. <b>Não foram relatadas novas alterações de manejo.</b>

Fonte: Autor, adaptado de Pereira (2021).

Desta forma fica evidenciado que não houveram grandes mudanças nos sistemas, tendo como principal manejo as podas realizadas no período chuvoso.

### 3.2 Avaliação da agrobiodiversidade

O levantamento florístico de espécies cultivadas e não cultivadas foi previsto para ser realizado nos moldes de Pereira (2021), com a observação de toda a área de SAF, com registro histórico de manejo da vegetação local repassada pelo proprietário, e para a representação da área de mata seria avaliada uma parcela com dimensões de 10 x 20 metros, sendo considerado unidade amostral os indivíduos vivos que atendiam os critérios de inclusão (diâmetro do caule (D) ao nível do solo  $\geq 3$  centímetros; altura total (H)  $\geq 1$  metro).

Entretanto, durante as observações in loco e em conversas com o proprietário, decidiu-se por não continuar o levantamento florístico. Mais informações serão oferecidas na seção de resultados e discussão.

### 3.3 Amostragem de serrapilheira

Foram coletadas 10 amostras de cada área de SAF e de mata. A coleta das amostras consistia no lançamento aleatório de uma moldura de madeira (0,25x0,25 m) na área amostrada, coletando-se como serrapilheira toda material orgânico morto sobre o solo e que se encontrava completamente dentro da área delimitada pela moldura coletora,

cortando com uma tesoura de poda e descartando os materiais que ultrapassaram o limite da moldura. O material coletado foi acondicionado em sacos de papéis limpos e identificados.

Posteriormente, as amostras foram levadas ao Laboratório de Manejo e Conservação do Solo e da Água da Universidade Federal do Ceará, onde passaram por secagem em uma estufa a um temperatura de 65°C até a estabilização da massa do material. Uma vez secas, cada amostra foi pesada em uma balança de precisão de 0,01g.

### 3.4 Avaliação da porcentagem de cobertura do solo

Foi utilizada uma corda de poliéster, marcada com pontos a cada 10 centímetros, com um total de 50 pontos. A corda foi esticada em trechos aleatórios sobre a superfície do terreno de cada SAF, observando-se a presença ou ausência de cobertura orgânica nos pontos onde as marcações da corda se projetavam sobre o solo. Foram feitas 5 repetições dentro de cada SAF.

O percentual de cobertura do solo foi calculado a partir da seguinte equação:

$$C_s = \frac{(50 - P_{sc})}{P_t} \times 100$$

Onde:  $C_s$  – Cobertura do solo (%);

$P_{sc}$  – pontos sem cobertura do solo;

$P_t$  – total de pontos avaliados.

### 3.5 Análise

Foi realizada a análise estatística descritiva dos dados, calculando médias, desvios padrões e quartis de distribuição das porcentagens de cobertura do solo e massa de serrapilheira. O teste T de Student foi utilizado para comparar as médias das avaliações realizadas em 2023 com as avaliações realizadas em 2021 e para comparar a floresta em regeneração M2 com os resultados obtidos em cada uma das demais áreas na avaliação realizada em 2023. As análises em questão foram realizadas no software LibreOffice Calc.

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1 Avaliação da agrobiodiversidade**

Durante visita à propriedade, por observação e em conversa com o proprietário, não foi constatada adição ou remoção de espécies das áreas de SAF cultivadas. Posto que a biodiversidade florística é bastante dependente do manejo, onde o produtor escolhe deliberadamente a densidade, quantas e quais espécies ocuparão a área, os índices de biodiversidade das áreas cultivadas deve manter-se constante a menos que haja alteração intencional pelo agricultor. Desta forma, uma vez que o agricultor não promoveu tais mudanças nas áreas cultivadas, sua biodiversidade permaneceu constante, restando como única variável a biodiversidade das áreas de regeneração florestal.

Entretanto, mesmo nas áreas de regeneração florestal foram observadas as mesmas condições descritas por Pereira (2021), e diferenças observadas em áreas amostradas poderiam ser facilmente explicadas por uma simples diferença amostral, sem significância estatística, especialmente por se tratarem de amostras simples e únicas. Entende-se então que a ordem de biodiversidade apontada por Pereira (2021) se mantém.

Ainda assim, mesmo que estático dentro do período estudado, o resultado nos mostra que o aumento de biodiversidade implantado intencionalmente por meio de manejo agroflorestal se mostra ainda mais interessante, pelo menos no caso deste estudo, uma vez que a mata de regeneração florestal não conseguiu apresentar em dois anos, nas condições ecológicas locais, aumento de biodiversidade comparáveis aos obtidos em pequenos períodos de tempo de implantação de SAF. Ainda é razoável considerar que quanto mais lento for o aumento de biodiversidade da área de regeneração florestal observado ao longo do período, mais é acentuada a capacidade de promoção de biodiversidade de SAFs em ambientes com condições similares às de estudo.

### **4.2 Amostragem de serrapilheira**

Como observado por Pereira (2021), no ano de 2023 os SAF I, II e III apresentaram dados amostrais mais dispersos, com maiores variações entre seus valores de menor e maior massa, que o SAF IV, M1 e M2 (Tabela 1). Isso pode ser compreendido pela prática de acumulação de material orgânico (serrapilheira) próximo às linhas de cultivo, em detrimento das entrelinhas, deixando mais pronunciada a diferença entre os pontos de

amostragem nas áreas do sistema agroflorestal. Nas áreas de mata a deposição natural proporcionou uma deposição mais homogênea e na área IV a menor massa de serrapilheira resultou em menor variabilidade.

O SAF IV se manteve como o pior desempenho, sendo a única a diferir significativamente da área de regeneração florestal sem intervenção recente M2 (Tabela 1), sem apresentar diferença significativa se comparada ao ano de 2021 (Tabela 1). Esse menor poder de acumulação de serrapilheira poderia ser explicado por ser o SAF de implantação mais recente, com solo arenoso, sem aporte extra de matéria orgânica proveniente de capim ou esterco, e com retirada parcial de material vegetal para a alimentação animal. Ou seja, a menor capacidade de deposição de serrapilheira pode estar relacionada à menor presença de matéria orgânica no solo, em uma relação interdependente.

Tabela 1 – Estatística descritiva da massa seca de serrapilheira (kg/ha) nos SAFs e áreas de regeneração florestal. Probabilidade (p) Teste-t: comparação entre massa seca de serrapilheira (kg/ha) na mesma área em 2021 e 2023 e da mata M2 com as outras áreas em 2023

		SAF I	SAF II	SAF III	SAF IV	M1	M2
2021	Média	9.476,90	12.378,53	11.413,61	2.863,54	8.108,39	6.511,51
	Primeiro quartil	7.140,98	8.682,55	6.042,99	1.015,92	6.224,65	4.934,78
	Terceiro quartil	12.552,17	13.876,33	17.101,37	2.839,47	8.931,70	7.876,02
	Desvio padrão	3.752,49	6.501,01	6.473,14	2.915,58	2.566,58	1.641,00
	Mínimo	4.195,00	6.191,09	4.748,01	849,21	5.185,75	4.278,17
	Máximo	15.125,34	25.847,03	22.444,34	10.434,24	14.213,39	8.786,88
2023	Média	9.682,72	8.943,52	8.088,16	3.711,04	8.648,64	9.959,04
	Primeiro quartil	6.401,20	5.638,40	4.294,40	2.795,20	7.190,40	8.038,80
	Terceiro quartil	12.237,20	12.131,60	9.855,60	4.001,60	10.315,20	11.493,60
	Desvio padrão	3.548,09	4.305,95	5.082,54	2.044,40	2.420,15	2.301,63
	Mínimo	4.851,20	3.574,40	2.248,00	761,60	5.216,00	6.958,40
	Máximo	14.793,60	15.460,80	18.552,00	8.504,00	11.972,80	13.755,20
p(T) 2021 vs 2023		0.90961	0.18058	0.21757	0.44541	0.53039	<b>0.00085</b>
p(T) M2 vs demais 2023		0.84578	0.58299	0.32069	<b>0.00013</b>	0.20542	-

Fonte: Autor.

Ainda vale notar que, quando comparadas com sua situação no ano de 2021, apenas a área de regeneração florestal M2 apresentou mudança significativa, com aumento da deposição média de massa seca de serrapilheira. Vale destacar que durante o período foram incluídos caprinos ao sistema, os quais estão confinados, no entanto, possuem maior

dependência da fenação das áreas III e IV o que poderia resultar em decréscimo do acúmulo de serrapilheira nessas áreas. No entanto, a quantidade de serrapilheira não sofreu alterações, apesar do consumo de biomassa pelos caprinos (Tabela 1).

É importante destacar também que as áreas sob sistema agroflorestal, à exceção da área IV, estão cumprindo com o objetivo de acúmulo de biomassa na superfície, mantendo a massa de resíduos na superfície semelhante à área de regeneração natural.

#### 4.3 Porcentagem de cobertura do solo

Em comparação com a avaliação realizada em 2021, houve redução da cobertura de solo na área III e aumento na área IV (Tabela 2). Apesar da redução, a cobertura do solo na área foi mantida em 86,5%, nível considerado suficiente para prevenir problemas relacionados à conservação do solo. Na área IV ocorreu aumento de 65% de cobertura em 2021 para 94,5% em 2023, evidenciando amadurecimento do sistema, visto que em 2021 o sistema havia sido implantado a apenas alguns meses.

Tabela 2 – Estatística descritiva da cobertura do solo (%) nos SAFs e áreas de regeneração florestal. Probabilidade (p) Teste-t: comparação entre porcentagem de cobertura de solo na mesma área em 2021 versus 2023 e da mata M2 versus outras áreas em 2023

		SAF I	SAF II	SAF III	SAF IV	M1	M2
2021	Média	95,15	98,18	94,55	65,46	98,18	96,36
	Primeiro quartil	96,97	96,97	90,91	63,64	96,97	93,94
	Terceiro quartil	100,00	100,00	96,97	69,70	100,00	100,00
	Desvio padrão	7,61	1,66	3,95	5,91	2,71	3,95
	Mínimo	81,81	96,97	90,91	57,57	93,94	90,91
	Máximo	100,00	100,00	100,00	72,73	100,00	100,00
2023	Média	96,00	97,50	86,50	94,50	99,00	98,00
	Primeiro quartil	95,50	96,00	85,50	91,50	98,00	97,00
	Terceiro quartil	96,50	98,50	89,00	97,00	100,00	100,00
	Desvio padrão	1,63	1,91	5,97	4,43	1,15	2,83
	Mínimo	94,00	96,00	78,00	90,00	98,00	94,00
	Máximo	98,00	100,00	92,00	100,00	100,00	100,00
p(T) 2021 vs 2023		0.83472	0.58441	<b>0.04489</b>	<b>0.00008</b>	0.59396	0.51002
p(T) M2 vs demais 2023		0.26657	0.77956	<b>0.01313</b>	0.23159	0.53696	-

Fonte: Autor.

Comparado à área de regeneração florestal M2 no ano de 2023, somente o SAF III apresenta diferença significativa (Tabela 2), sendo estatisticamente a área com pior porcentagem de cobertura do solo.

A situação da variação do SAF III pode ser atribuída ao resultado do manejo ao longo do tempo ou problemas de representatividade de amostragem, posto que, conforme o registro fotográfico (Figura 3), o SAF III é a que apresenta a diferença mais marcante entre linhas de cultivo e entrelinhas. Outro fator que pode estar relacionado à redução observada no SAF III é a introdução de animais ao sistema, resultando em maior retirada de biomassa para forragem, mesmo que esse impacto não tenha sido evidenciado no acúmulo de resíduos na superfície.

Já a melhora apresentada no SAF IV pode evidenciar de fato uma melhora do atributo devido ao manejo ao longo do tempo, apesar de não ter sido observado aumento no acúmulo de resíduos vegetais na superfície. Essa observação pode estar associada ao fato de que grande parte da matéria orgânica depositada na superfície do SAF IV encontrava-se em estado de degradação avançado apresentando-se em partículas pequenas, de modo a cobrir uma grande área com pequeno volume de material, visto que a matéria orgânica se espalhava bem pela área, mas sem acumular muita massa.

## 5 CONCLUSÃO

Quanto à biodiversidade, as áreas de SAF mantiveram sua configuração conforme planejamento e manejo do proprietário. As áreas de mata, mesmo que sofrendo menores intervenções e podendo expressar maiores mudanças, não apresentaram mudanças significativas, passado o período de dois anos.

O acúmulo de biomassa na superfície do solo dos sistemas agroflorestais não foi alterado ao longo dos últimos dois anos, mantendo níveis de deposição de resíduos semelhantes aos da área de regeneração florestal com plantas nativas.

Apesar da manutenção da biomassa acumulada na superfície, houve redução da cobertura do solo no SAF III e aumento no SAF IV, sendo que ambos passaram a ter influência da extração de biomassa para alimentação de animais. Apesar da pequena redução em um dos sistemas, os níveis de cobertura de solo foram mantidos em níveis adequados em todas as áreas.

Por fim, sumariza-se que após um período de dois anos as alterações dos fatores observados puderam tomar proporções significativas, mesmo que nem sempre positivas, apenas em alguns SAFs. Vale ressaltar que esses resultados podem ser atribuídos ao período de dois anos ser relativamente reduzido, especialmente em condições semiáridas, ou até pelo fator humano. Desta forma recomenda-se a repetição de estudo similar no futuro, de modo que fiquem cada vez mais evidentes as taxas de variação dos aspectos estudados. A introdução de animais ao sistema provavelmente foi o fator que causou pequena diminuição da cobertura do solo, no entanto, a distribuição do esterco dos animais pode trazer benefícios não quantificados a partir das variáveis analisadas. Futuros estudos na área devem incluir novas variáveis capazes de evidenciar melhoria da qualidade química do solo.

## REFERÊNCIAS

- ALCÂNTARA, F. A. **Manejo agroecológico do solo** / Flávia Aparecida de Alcântara. - Santo Antônio de Goiás : Embrapa Arroz e Feijão, 2017. 28 p. - (Documentos / Embrapa Arroz e Feijão, ISSN 1678-9644 ; 314)
- ALTIERI, Miguel. **Agroecologia: a dinâmica produtiva da agricultura sustentável**. 5. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2004. 120 p.
- AGUIAR, M. I., MAIA, S. M. F., OLIVEIRA, T. S., MENDONÇA, E. S., ARAÚJO FILHO, J. A. **Perdas de solo, água e nutrientes em sistemas agroflorestais no município de Sobral**, CE. Revista Ciência Agronômica, v. 37, n. 3, p. 270-278, 2006.
- ARAÚJO, R.; GOEDERT, W. J.; LACERDA, M. P. C. **Qualidade de um solo sob diferentes usos e sob cerrado nativo**. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p.1099-1108, 2007.
- ARAÚJO FILHO, João Ambrósio de. **Manejo Pastoril Sustentável da Caatinga**. Recife, PE: Projeto Dom Helder Câmara, 2013. 200p.
- BALEEIRO, André Vinícius Freire; JÚNIOR, Paulo de Marco. **Bases científicas e epistemológicas para a Agricultura Sintrópica**. Cadernos de Agroecologia, v. 13, n. 1, 2018.
- BARROS, José Deomar de Souza. **Contribuições da matéria orgânica do solo para mitigar as emissões agrícolas de gases de efeito estufa**. Revista Polêmica, v. 12, n. 2, abril/junho, 2013.
- BATISTA, Marcelo Augusto et al. **Princípios de fertilidade do solo, adubação e nutrição mineral**. In: FILHO, José Torres Brandão, FREITAS, Paulo Sérgio Lourenço de, BERIAN, Luís Otávio Saggion, GOTO, Romy (orgs.). Hortaliças-fruto. Maringá: EDUEM, p. 113-161, 2018.
- BATISTA, M. C. **Estoque de carbono e frações da matéria orgânica em áreas sob sistemas agroflorestais e agricultura no Agreste Paraibano**. 2017, 46 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Agronomia), Universidade Federal da Paraíba, Areia-PB, 2017.
- BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação – MCTI. **Estimativas anuais das emissões de gases de efeito estufa do Brasil**. 5. ed. Brasília: MCTI; 2020. 108 p.
- CARVAJAL-AGUDELO, Blanca N., ANDRADE, Hernán J. . **Captura de carbono en biomasa de sistemas de uso del suelo, municipio de Yopal, Casanare, Colombia**. Orinoquia 24, no. 1, 2020, pp. 13-22
- COELHO, V. H. R.; MONTENEGRO, S. M. L.; ALMEIDA, C. N.; LIMA, E. R. V.; NETO, A. R.; MOURA, G. S. S. **Dinâmica do uso e ocupação do solo em uma bacia hidrográfica do semiárido brasileiro**. Revista brasileira de engenharia agrícola ambiental, v. 18, n. 1, p.64-72, 2014.



COSTA, T. G. A.; IWATA, B. de F.; TOLEDO, C. E.de; COELHO, J. V.; CUNHA, L. M.; CLEMENTINO, G. E. dos S.; LEOPOLDO, N. C. M. **Dinâmica de Carbono do Solo em Unidade de Conservação do Cerrado Brasileiro sob diferentes fitofisionomias**. Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental, v. 7, n. 4. p. 306-323, 2018.

DE FARIAS, Daniel Tavares et al. **Avaliação de atributos químicos e uso de solos da região semiárida**. In: II Congresso Internacional das Ciências Agrárias COINTER - PDVAgro, 2017.

DIDONET, A. D. **Sistemas agroflorestais: segurança alimentar, produtos e serviços associados** / Agostinho Dirceu Didonet. - 1. ed. atual. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2015. 24 p.: il.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Agroindústria Tropical (Fortaleza, CE), **Dados climatológicos: Estação de Pentecoste, 2000**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical/UFC, 2001. 14p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Boletim Agrometeorológico, 26).

FERREIRA, E. M.; ANDRAUS, M. P.; CARDOSO, A. A.; COSTA, L. F. S. LÔBO, L. M.; LEANDRO, W. M. **Recuperação de áreas degradadas, adubação verde e qualidade da água**. Revista Monografias Ambientais, v. 15, n.1, p.228-246, 2016.

FRANCO, Fernando Silveira et al. **Quantificação de erosão em sistemas agroflorestais e convencionais na Zona da Mata de Minas Gerais**. Revista Árvore, v. 26, n. 6, p. 751-760, 2002.

GONÇALVES, M. V. R. **Fertilidade do solo em sistema agroflorestral na zona litorânea nordestina**. 2021, 61 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Agronomia), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE, 2021.

IPECE - INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ. **Perfil básico municipal - 2017 - Tururu**. IPECE, 2017.

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.

KUZYAKOV, Yakov. **Priming effects: interactions between living and dead organic matter**. Soil Biology and Biochemistry, v. 42, n. 9, p. 1363-1371, 2010.

MAIA, S. M. F., XAVIER, F. A. S., OLIVEIRA, T. S., MENDONÇA, E. S., ARAÚJO FILHO, J. A. **Impactos de sistemas agroflorestais e convencionais sobre a qualidade do solo no semiárido cearense**. Viçosa – MG, v. 30, n. 5, p.837-848, 2006.

MAZOYER, Marcel; ROUDART, Laurence. **História das agriculturas no mundo: do neolítico à crise contemporânea**. Tradução: Cláudia F. Falluh Balduino Ferreira. São Paulo: Editora da UNESP; Brasília, DF: NEAD, 2010.

MBOW, Cheikh et al. **Agroforestry solutions to address food security and climate change challenges in Africa**. Current Opinion in Environmental Sustainability, v. 6, p. 61-67, 2014.

MGANGA, Kevin Z.; MUSIMBA, Nason K. R.; NYARIKI, Dickson M. **Combining sustainable land management Technologies to combat land degradation and improve rural livelihoods in semi-arid lands in Kenya**. *Environmental management*, v. 56, n. 2, 2015.

MICCOLIS, Andrew et al. **Restauração ecológica com sistemas agroflorestais: como conciliar conservação com produção: opções para Cerrado e Caatinga**. Embrapa Cerrados-Livro técnico (INFOTECA-E), 2016.

NAIR, PK Ramachandran. **An introduction to agroforestry**. Springer Science & Business Media, 1993.

NASCIMENTO, C. D. V. *et al.* **Plant components of agroforestry system have different contributions to soil fertility**. *Journal of Agricultural Science*, v. 10, n. 4, p. 381-391, mar, 2018.

NETO, Nelson Eduardo Corrêa et al. **Agroflorestando o mundo de facão a trator**. Petrobrás Ambiental. Barra do Turvo, 2016.

OLIVEIRA, Michel Angelo Constantino de; SAMBUICHI, Regina Helena Rosa; SILVA, Ana Moreira da. **Experiências agroecológicas brasileiras: uma análise à luz do desenvolvimento local**. *Revista brasileira de agroecologia*, v. 8, n. 2, p. 14-27, 2013.

PEREIRA, M. F. **Agrobiodiversidade, produção de serrapilheira e cobertura do solo em sistemas agroflorestais de região semiárida**. 2021, 41 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Agronomia), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE, 2021.

PÉREZ, Daniel Vidal; BREFIN, Maria de Lourdes Mendonça; POLIDORO, José Carlos. **Solo, da origem da vida ao alicerce das civilizações: uso, manejo e gestão**. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 51, n. 9, p. 1-4, 2016.

PEZARICO, C. R. **Indicadores de qualidade em sistemas agroflorestais**. Orientador: Antônio Carlos Tadeu Vitorino. 2009. 67f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal da Grande Dourados, Mato Grosso do Sul, 2009.

PLOEG, J. D. van der *et al.* **The economic potential of agroecology: Empirical evidence from Europe**. *Journal of Rural Studies*, 71, p. 46-61, 2019

RAMALHO, Israel Oliveira et al. **A busca da construção da fertilidade do solo sob Sistema Agroflorestal na região serrana, no estado do Rio de Janeiro**. XXXV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 2015, Rio Grande do Norte.

SALIN, T. C.; FERREIRA, R. L. C.; ALBUQUERQUE, S. F.; SILVA, J. A. A.; ALVES JUNIOR, F. T. **Caracterização de sistemas agrícolas produtivos no semiárido brasileiro como bases para um planejamento agroflorestal**. *Revista Caatinga*, v. 25, n. 2, mar-jun 2012, p. 109-118. Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró, Brasil, 2012.

SILVA, Adeildo Fernandes da *et al.* **Agricultura agroflorestal e criação animal no semiárido**. Recife: Centro Sabiá, v. 7, 2 ed. 2016. 40 p.

SOUZA, A. G. V. *et al.* **Degradação dos solos de agricultura intensiva, diagnóstico e métodos de recuperação.** Revista Agroecologia, Ipameri,, v. 11, n. 1, p. 23-29, 2020

STEENBOCK, Walter *et al.* **Agrofloresta, ecologia e sociedade.** Curitiba: Kairós. 2013. 422 p.

STEENBOCK, Walter; VEZZANI, Fabiana Machado. **Agrofloresta: aprendendo a produzir com a natureza.** Curitiba: Fabiane Machado Vezzani, v. 201, n. 3, 2013.

TORRES, C. M. M. E.; JACOVINE, L. A. G.; OLIVEIRA NETO, S. N.; BRIANEZI, D.; ALVES, E. B. B. M. **Sistemas agroflorestais no Brasil; uma abordagem sobre a estocagem de carbono.** Pesquisa florestal brasileira, Colombo, v. 34. N. 79, p. 235-244, jul./set. 2014.

WEZEL, Alexander *et al.* **Agroecological principles and elements and their implications for transitioning to sustainable food systems. A review.** Agronomy for Sustainable Development, v. 40, n. 6, p. 1-13, 2020

WOLSCHICK, N. H., BARBOSA, F. T., BERTOL, I., SANTOS, K. F., WERNER, R. S., BAGIO, B. **Cobertura do solo, produção de biomassa e acúmulo de nutrientes por plantas de cobertura.** Revista de ciências agroveterinárias, Lages, v. 15, n. 2, p. 134-143, 2016.

ZHANG, Fusuo *et al.* **An overview of rhizosphere processes related with plant nutrition in major cropping systems in China.** Plant and Soil, v. 260, n. 1, p. 89-99, 2004.

ZHANG, Fusuo *et al.* **Rhizosphere processes and management for improving nutrient use efficiency and crop productivity: implications for China.** Advances in agronomy, v. 107, p. 1-32, 2010.