

CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA
FACULDADE DE TECNOLOGIA DE CAMPINAS
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM PROCESSOS QUÍMICOS

MARINA ROSSI MARQUES
MARIA FABIANA DE PAULA SILVA
EMILLY BEATRIZ BRAMBILLA DE ANDRADE

**AVALIAÇÃO DE ATRIBUTOS DA QUALIDADE DO SOLO EM
SISTEMAS AGROFLORESTAIS**

CAMPINAS/SP
2024

CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA
FACULDADE DE TECNOLOGIA DE CAMPINAS
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM PROCESSOS QUÍMICOS

MARINA ROSSI MARQUES
MARIA FABIANA DE PAULA SILVA
EMILLY BEATRIZ BRAMBILLA DE ANDRADE

**AVALIAÇÃO DE ATRIBUTOS DA QUALIDADE DO SOLO EM
SISTEMAS AGROFLORESTAIS**

Trabalho de Graduação apresentado por Marina Rossi Marques, Maria Fabiana De Paula Silva, Emilly Beatriz Brambilla De Andrade, como pré-requisito para a conclusão do Curso Superior de Tecnologia em Processos Químicos, da Faculdade de Tecnologia de Campinas, elaborado sob a orientação do Prof^a. Dr^a. Haydée Siqueira Santos

CAMPINAS/SP
2024

FICHA CATALOGRÁFICA
CEETEPS - FATEC Campinas – Biblioteca

M357a

MARQUES, Marina Rossi

Avaliação de atributos da qualidade do solo em sistemas agroflorestais. Marina Rossi Marques, Maria Fabiana de Paula Silva e Emily Beatriz Brambilla de Andrade. Campinas, 2024.
32 p.; 30 cm.

Trabalho de Graduação do Curso de Processos Químicos
Faculdade de Tecnologia de Campinas.
Orientador: Profa. Dra. Haydée Siqueira Santos.

1. Agrobiodiversidade. 2. Agroflorestal. 3. Qualidade do solo.
I. Autor. II. Faculdade de Tecnologia de Campinas. III. Título.

CDD 631.4

Catálogo-na-fonte: Bibliotecária: Aparecida Stradiotto Mendes – CRB8/6553

TG PQ 24.1

Emilly Beatriz Bram. Andrade,
Marina Rossi Marques
Maria Fabiana de Paula

Avaliar a qualidade do solo nos
sistemas agroflorestais

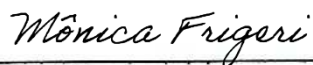
Trabalho de Graduação apresentado como exigência parcial para obtenção do título de Tecnólogo em Processos Químicos, pelo CEETEPS / Faculdade de Tecnologia – Fatec Campinas.

Campinas, 25 de junho de 2024.

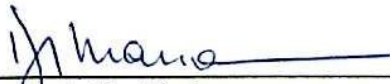
BANCA EXAMINADORA



Haydée S. Santos
Fatec Campinas



Monica Frigeri
Fatec Campinas



Isabella Clerici De Maria
IAC Campinas

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Fatec Campinas e ao governo do estado de São Paulo por me proporcionar uma formação de qualidade e gratuita, por me oferecer os recursos necessários para realizar este estudo e a todos que, de alguma forma direta ou indiretamente contribuíram para a minha formação e para a realização deste trabalho. Agradeço também imensamente aos meus professores que foram essenciais para minha formação profissional e pessoal. Gratidão eterna! Hoje, concluo esta etapa da minha vida com a sensação de dever cumprido e com o coração cheio de gratidão.

Emilly Beatriz Brambilla De Andrade

Dedico essa formação primeiramente à Deus. À Deus que sempre tem demonstrado o seu grande amor por mim, sinto a sua presença a todo momento em minha vida. Ao meus pais Francisco e Nair. Devo tudo a vocês: minha fé, superação, honestidade, os valores da vida e educação. Vocês são os pilares essenciais de mais uma construção na minha vida. Ao meu esposo Junior e meu filho Vinícius. Vocês sempre foram grandes incentivadores na minha formação segurando a minha mão por muitas vezes quando pensei em desistir. Vocês acreditaram em mim e assim mais uma etapa se cumpriu. Aos amigos que fiz durante a graduação e em especial a Marina que me proporcionou amizade, companheirismo e esteve ao meu lado durante os dias da rotina de trabalho e estudo, no qual as dificuldades do curso pesaram sobre o meu emocional. A todos os mestres que passaram na minha vida acadêmica e também os da graduação que com a sua dedicação e empenho me proporcionaram conhecimento abrangente na química e contribuíram para a minha formação. E também a faculdade de Tecnologia de Campinas por proporcionar ensino gratuito e de qualidade.

Maria Fabiana De Paula Silva

Agradeço a todos que contribuíram para a realização deste trabalho, professores, amigos e familiares. Agradeço imensamente a orientação da Prof^a. Haydée e a oportunidade de desenvolver o Trabalho de Graduação através do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), que foram fundamentais para o desenvolvimento deste estudo. Este trabalho não teria sido possível sem o suporte e a dedicação de cada um de vocês. Agradecimento especial a minha família, Douglas e Cauê, pela paciência, pela compreensão e por batalharem comigo pelos meus sonhos, gratidão por fazerem parte desta jornada. E agradeço a Deus por me dar saúde para concluir esta etapa da vida.

Marina Rossi Marques

EPÍGRAFE

Depois de algum tempo você aprende que o tempo não é algo que se possa voltar atrás.

E você aprende que realmente pode suportar que é forte e que pode ir muito mais longe depois de pensar que não se pode ir muito mais longe depois de pensar que não se pode mais.

Aprende que, ou você controla seus atos ou eles o controlarão e que ser flexível, não significa ser fraco ou não ter personalidade, pois não importa quão delicada e frágil seja uma situação, sempre existem dois lados.

Nossas dúvidas são traidoras e nos fazem perder o bem que poderíamos conquistar, se não fosse o medo de tentar.

William Shakespeare

DEDICATÓRIA

Dedicamos este trabalho de graduação a orientadora, Dr^a. Isabella Clerici De Maria, cuja sabedoria e orientação moldaram este trabalho. Pela sua dedicação, paciência, conhecimento profundo e compromisso ao longo deste processo acadêmico. Este trabalho é um testemunho não apenas do nosso esforço, mas também do impacto positivo da sua orientação. Suas orientações foram uma ferramenta valiosa, guiando-nos através dos desafios deste projeto. É com profunda gratidão que dedicamos este Trabalho de Graduação a você, confirmando a importância vital do seu papel nesta jornada acadêmica.

RESUMO

Os sistemas agroflorestais (SAFs) vem ganhando destaque com a conscientização da população sobre as questões ambientais e com a implementação da Lei Florestal na recuperação das áreas degradadas em áreas de preservação permanente e reserva legal em pequenas propriedades. O trabalho consistiu em verificar se em curto espaço de tempo alguns dos atributos do solo se alteram significativamente e podem ser utilizados como indicadores de qualidade do solo. Foram coletadas amostras de solo em ensaio de avaliação de inhamos e barbascos em Campinas e Pindorama, em 3 tratamentos (Floresta, SAF e Pleno Sol), 5 pontos de amostragem, nas profundidades 0-20 cm e 20-40 cm. Nos atributos físicos foram analisados argila total e argila dispersa em água para determinar o grau de floculação (GF), a estabilidade de agregados por via úmida para indicar o diâmetro médio geométrico (DMG). Nos atributos químicos foram analisados C, P, K e Ca para determinar os parâmetros de fertilidade do solo e quantificar os nutrientes analisados. Os tratamentos analisados em Campinas, mostraram-se degradados, sendo que a textura argilosa do tratamento Pleno Sol dificultou a comparação com os tratamentos SAF e Floresta. Em Pindorama, os tratamentos Floresta, SAF e Pleno Sol apresentaram perda de qualidade químicas e físicas do solo. Concluiu-se que houve alterações na qualidade do solo em sistemas agroflorestais, tanto em Campinas quanto em Pindorama, essas variações podem estar associado ao manejo e uso anterior das áreas.

Palavras-chave: agrobiodiversidade; agroflorestal; qualidade do solo.

ABSTRACT

Agroforestry systems (SAFs) have been gaining prominence as the population has become more aware of environmental issues and with the implementation of the Forestry Law in the recovery of degraded areas in permanent preservation areas and legal reserves on small properties. The work consisted of checking whether some of the soil attributes change significantly in a short space of time and can be used as indicators of soil quality. Soil samples were collected in a trial to evaluate yams and barbascos in Campinas and Pindorama, in 3 treatments (Forest, SAF and Full Sun), 5 sampling points, at depths of 0-20 cm and 20-40 cm. In terms of physical attributes, total clay and water-dispersed clay were analyzed to determine the degree of flocculation (GF), and the stability of wet aggregates to indicate the geometric mean diameter (DMG). The chemical attributes analyzed were C, P, K and Ca to determine soil fertility parameters and quantify the nutrients analyzed. The treatments analyzed in Campinas were degraded, with the clayey texture of the Pleno Sol treatment making it difficult to compare with the SAF and Floresta treatments. In Pindorama, the Floresta, SAF and Pleno Sol treatments showed a loss of chemical and physical soil quality. It was concluded that there were changes in soil quality in agroforestry systems, both in Campinas and Pindorama, these variations may be associated with the management and previous use of the areas.

Keywords: agrobiodiversity; agroforestry; soil quality.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Pleno Sol - Campinas/SP	22
Figura 2 - SAF - Campinas/SP.....	22
Figura 3 - Pleno Sol - Pindorama/SP	23
Figura 4 - SAF - Pindorama/SP.....	23
Figura 5 - Incidência de luz solar nos plantios pleno sol (PL) e sistema agroflorestal (SAF) em Campinas, SP.	27
Figura 6 - Temperatura da camada superficial do solo nos plantios pleno sol (PL) e sistema agroflorestal (SAF) em Campinas, SP.	27
Figura 7 - Umidade do solo nas camadas 0-20 cm e 20-40cm nos plantios pleno sol (PL) e sistema agroflorestal (SAF) em Campinas, SP.	27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Atributos químicos e físicos nos tratamentos x profundidade, em Campinas-SP, 2024	25
Tabela 2 - Atributos químicos e físicos nos tratamentos x profundidade, em Pindorama-SP, 2024	25

LISTA DE ABREVIACES

SAF	Sistema Agroflorestal
IAC	Instituto Agronômico de Campinas
C	Carbono
P	Fósforo
K	Potássio
Ca	Cálcio
GF	Grau de Floculação
DMG	Diâmetro Médio Geométrico
RL	Reserva Legal

Sumário

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO.....	12
1.2	JUSTIFICATIVA/PROBLEMÁTICA.....	13
1.3	OBJETIVOS.....	13
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1	CULTIVO EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS	14
2.2	A CULTURA DO INHAME/ CARÁ	15
2.3	CULTIVO DO CARÁ.....	15
2.4	CORREÇÃO E ADUBAÇÃO DO SOLO	16
2.5	CULTIVO CONVENCIONAL	17
2.6	QUALIDADE DO SOLO.....	18
	2.6.1 Atributos Físicos Do Solo.....	18
	2.6.2 19 Atributos Químicos Do Solo	19
2.7	RESERVA LEGAL.....	20
3	MATERIAL E MÉTODOS	21
3.1	LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL.....	21
3.2	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	23
3.3	AVALIAÇÕES ANALÍTICAS	24
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	25
5	CONCLUSÕES	29
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	30

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

O crescente interesse da sociedade por um modelo sustentável de agricultura, baseado em aspectos ambientais, econômicos e sociais vem direcionando um novo cenário com demandas por tecnologias apropriadas (Pezarico, 2009). A preocupação com a alta demanda por alimentação, novas tecnologias e ambiental se devem ao crescimento populacional, necessitando de um meio que consiga abranger todos os aspectos necessários para a saúde humana e ambiental. Em relação a alimentação, os Sistemas Agroflorestais (SAFs) estão sendo colocados como uma alternativa para a produção agrícola e preservação florestal. De acordo com Tavares (2014, p. 1, apud Nair et al., 2008a e b) os SAFs são reconhecidos por conciliar a produção agrícola e florestal, aliado à conservação dos recursos naturais. Esses sistemas são considerados estruturalmente e funcionalmente mais complexos, comparados a culturas individuais ou monoculturas de árvores.

O desempenho dos SAFs pode ser relacionado com a quantidade de nutrientes liberados durante o processo de decomposição do material orgânico aportado ao solo (Ribeiro *et al.*, apud SILVA, 2011). Para Tavares (2014), para que os ecossistemas florestais sejam realmente efetivos, deve-se avaliar através de serviços ecossistêmicos realizados por esses ambientes. Além de que esses serviços podem ser comprometidos, dependendo dos tipos de manejos que sejam praticados, tanto dentro quanto no entorno dessas áreas.

Os serviços ecossistêmicos são as interações entre elementos de um ecossistema, então pode-se avaliar esses serviços através de: transferência de energia, a ciclagem de nutrientes, a regulação de gases, a regulação climática e do ciclo da água.

Embora os SAFs sejam considerados muito benéficos, precisa-se de mais estudos para avaliar a qualidade do solo na interação dos inhames nesses sistemas. A qualidade do solo pode ser avaliada pelos atributos químicos e físicos, indicando se houve melhora na qualidade do solo comparado ao cultivo convencional.

A manutenção da qualidade do solo pode ser considerada um aspecto chave para a sustentabilidade da agricultura, podendo ser alcançada através de práticas agrícolas orientadas pelos princípios dos processos ecológicos (Tavares, 2014, p. 6). Os SAFs visam otimizar a produção de alimentos, utilizando a área com culturas anuais associadas a espécies arbóreas, podendo ou não serem envolvidas com a criação e exploração de ambiente agrícola de maneira geral e animais (Pezarico, 2009, p. 1-2).

1.2 JUSTIFICATIVA/PROBLEMÁTICA

O trabalho desenvolvido avaliou os atributos do solo nas parcelas com os sistemas agroflorestais ao longo da condução do ensaio de cará/inhame e em parcelas próximas com sistemas de agricultura convencional, visando, principalmente verificar se em curto espaço de tempo (5 meses) algum desses atributos se alteram significativamente e podem ser utilizados como indicadores de qualidade do solo em sistemas agroflorestais.

Os SAFs também desempenham um papel na mitigação da mudança climática, pois podem aumentar os nutrientes no solo e sequestrar gás carbônico da atmosfera transformando-os em oxigênios e contribuindo para a redução dos gases de efeito estufa.

Os sistemas agroflorestais são propostos como uma alternativa viável em áreas de reserva legal, tornando-a produtiva, e cumprindo a exigência do Código Florestal em preservar determinada área em propriedades rurais para proteção ambiental.

1.3 OBJETIVOS

O objetivo geral é verificar o grau de alteração da qualidade dos solos em sistemas agroflorestais.

Objetivos Específicos

- A. Analisar se o sombreamento no sistema agroflorestal produz condições favoráveis para o cultivo do inhame.
- B. Investigar se a temperatura e a umidade do solo refletem melhoria dos atributos de qualidade do solo.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 CULTIVO EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS

Os sistemas agroflorestais constituem uma alternativa de produção agropecuária que busca minimizar o efeito da intervenção humana. A consorciação de várias espécies dentro de uma área aumenta a diversidade do ecossistema, onde as interações benéficas são aproveitadas entre as plantas de diferentes ciclos, portes e funções (Sanchez, 1995).

Para Tavares (2014, p.7, apud Rousseau *et al.*, 2012; Tschaentke *et al.*, 2012; Tonrquist *et al.*, 1999) a maior estabilidade e resiliência observada no solo se deve à contribuição do componente arbóreo em vários aspectos fundamentais para a promoção de melhorias na qualidade do solo, como fixação de N₂ atmosférico, ciclagem de nutrientes (pela presença de raízes mais profundas), aporte de matéria orgânica, e manutenção da fauna e da qualidade química, física e biológica do solo.

De acordo com Silva (2013, p. 155)

Os sistemas agroflorestais quando são consorciados diferentes tipos de espécies em um único ambiente busca-se imitar os sistemas de vegetação natural, contribuindo assim, em muito para a manutenção e conservação da biodiversidade. Imitando os sistemas naturais, os sistemas agroflorestais são ainda de fundamental importância para a fixação de carbono no solo e na biomassa presente, reduzindo com isso os efeitos do tão conhecido e rotulado aquecimento global, e ainda para a manutenção ou bom funcionamento dos ciclos biogeoquímicos, consequentemente funcionando como regulador climático, importâncias essas, que não podem ser quantificadas ou transformadas em valor econômico.

Embora mercados tradicionais mantenham a sua importância, os SAFs representam uma ótima perspectiva para a agricultura familiar, cujas vantagens são, cada vez mais, associadas a uma agricultura orgânica e artesanal (Gomes *et al.* 2017). Entre os benefícios ambientais dos SAFs estão aqueles relacionados à conservação, especialmente importantes em paisagens muito fragmentadas (Schroth 2004, Nair 2007, Bhagwat *et al.* 2008, Udawatta & Godssey 2010, Umrani & Jain 2010, Nair 2011, Jose 2012, Bernacci *et al.* 2021): a) fornecem serviços ecossistêmicos tais como sequestro de carbono, melhora da qualidade do ar, da qualidade e quantidade de água e da proteção e qualidade do solo; b) ajudam a reduzir as taxas de conversão do ambiente natural; c) oferecem suporte à integridade dos remanescentes florestais, constituindo corredores ecológicos, trampolins ou zonas de amortecimento; d) fornecem habitats para as espécies e aumento e/ou conservação da biodiversidade; e) fornecem uma alternativa mais sustentável e produtiva aos sistemas extrativistas.

Os benefícios socioeconômicos decorrem principalmente da alternância e da diversificação da produção, do aproveitamento e reaproveitamento dos recursos do próprio sistema e do maior

envolvimento dos agricultores com o sistema de produção (Macedo 2000, Yamada & Gholz 2002, Nair 2007, May & Trovatto 2008, Santos 2010, Souza *et al.* 2011, Bernacci *et al.* 2021).

2.2 A CULTURA DO INHAME/ CARÁ

O cará (*Dioscorea cayennensis* Lam. e *Dioscorea alata* L.) representa um alimento de alta utilidade para os povos das regiões tropicais do mundo, sendo fortemente utilizado na dieta alimentar no continente africano (Mafra, 1973).

A planta é uma olerícola de caule volúvel e hábito de crescimento trepador, bastante rústica, que produz tubérculos comestíveis, ricos em carboidratos (Silva, 1971a; Filgueira, 1981). Além de carboidratos, o principal componente dos tubérculos o cará contém: proteínas de alto valor nutritivo (4,84 a 8,42% na matéria seca, dependendo da cultivar), fibras, cálcio, fósforo, vitaminas do complexo B e saponina (Moura *et al.*, 1982). É um alimento feculento muito plantado e consumido pelos habitantes dos países tropicais.

Na culinária, pode-se utilizar o cará como substituto da macaxeira, da batata doce e da batata inglesa, com a vantagem de ser menos perecível, pois os tubérculos podem ser conservados por alguns meses, tanto no solo como depois de colhidos em estado natural. Pode-se utilizar ainda na forma de farinha para fabricação de bolo, doces e biscoitos, bem como na panificação até um percentual de 20% em relação à farinha de trigo (Mafra, 1973). Por ser rico em amido e vitaminas do complexo B, é um alimento de fácil digestibilidade, de elevadas qualidades nutritivas, sendo muito indicado para dietas (Camargo, 1954; Ipeane, 1969; Albuquerque, 1970; Mafra, 1973).

No Brasil, em termos estatísticos, a produção de cará é computada junto com a da mandioca, não sendo possível identificar a sua participação na economia, especialmente no Nordeste, que parece ser detentor do maior volume de produção dessa cultura. No entanto, devido sua rusticidade e valor nutritivo, o cará merece especial atenção, notadamente nas regiões Norte e Nordeste, que são carentes de alimentos energéticos. Na região Meio-Norte, o seu cultivo constitui uma boa opção para os agricultores, pois se realiza a colheita no período seco do ano e, conseqüentemente, pode-se utilizar o excesso de mão-de-obra nesse período.

2.3 CULTIVO DO CARÁ

O cará é uma planta tropical, preferindo clima quente e úmido e precipitações elevadas, embora resista bem ao déficit hídrico. A planta não tolera frio nem geadas e, portanto, em regiões de altitude, como no Sudeste do Brasil, o seu cultivo é feito no período quente e chuvoso (Filgueira,

1981).

Na região Nordeste, onde o clima é quente o ano inteiro, o seu cultivo pode ser feito em qualquer época do ano, sendo a irrigação o único fator limitante. Observações em Pernambuco mostraram que a umidade adequada do solo no período de formação e desenvolvimento das túberas é muito importante. Contudo, após o completo desenvolvimento das túberas, a redução da umidade do solo é benéfica à cultura (Filgueira, 1981).

Nas condições edafoclimáticas dos tabuleiros costeiros do Piauí, pode-se cultivar o cará em duas épocas: o cultivo da época das "águas" ou de sequeiro e o cultivo da época das secas. No cultivo de sequeiro, a época mais apropriada para realizar-se o plantio é antes do início das chuvas, ou seja, entre novembro e dezembro, pois, como as túberas-sementes requerem um período de repouso de aproximadamente dois meses, esse período pode ser completado com as túberas já plantadas. Nessas condições, as túberas começam a brotar com o início das chuvas (Silva, 1971 b). Na época seca, o cultivo dessa dioscoreacea pressupõe o uso de irrigação, pois a partir de junho as chuvas são escassas e totalmente insuficientes para permitir o desenvolvimento e produção normais da cultura. Deve-se realizar o plantio no final do período chuvoso (maio/junho), aproveitando as últimas chuvas e, a partir daí, utilizando a irrigação até o completo desenvolvimento das túberas.

Como as experiências com essa cultura na região mostraram que a colheita das túberas-sementes ocorre com aproximadamente nove meses, para proceder-se ao cultivo da época seca, é necessário que o produtor disponha de túberas-sementes do ano anterior ou disponha de uma área plantada com essa finalidade.

2.4 CORREÇÃO E ADUBAÇÃO DO SOLO

O cará é considerado uma planta pouco exigente em relação ao tipo de solo. Contudo, em se tratando de cultivos em escala comercial, os areno-argilosos e os arenosos devem ser preferidos. Em solos argilosos, os tubérculos têm seu desenvolvimento atrasado e apresentam-se, em sua maioria, deformados. Além disso, a colheita é dificultada. A cultura também é considerada um pouco tolerante à acidez do solo (Filgueira, 1981). Entretanto, em solos muito ácidos, a calagem é indispensável. A quantidade de calcário a ser aplicada deve ser determinada com base nos resultados da análise de fertilidade do solo.

Em relação à adubação, o conhecimento existente sobre as necessidades nutricionais da cultura ainda é bastante escasso. Entretanto, a preferência da cultura é por solos húmidos e de boa fertilidade, leves e profundos. A matéria orgânica, sob a forma de esterco de curral bem curtido

ou composto orgânico, pode ser incorporada ao solo no ato do plantio. A quantidade de matéria orgânica a ser incorporada varia de acordo com a fonte e quantidade disponível. No caso do esterco de curral, podem-se incorporar, por hectare, em torno de 15 m³ (Monteiro & Peressin, 1993; Matias & Almeida, 1985). Quanto à adubação mineral, Freitas et al. (1990b) avaliaram, nas condições de solos arenosos dos tabuleiros costeiros do Piauí, três níveis de nitrogênio e três de potássio e as combinações desses níveis no comportamento produtivo da cultura, e não encontraram efeito significativo desses nutrientes nos níveis estudados. Assim, para as condições da região, sugerem os menores níveis em virtude de ser mais econômico, ou seja, 60 kg.ha⁻¹ de N e 60 kg.ha⁻¹ de K₂O, além de 60 kg.ha⁻¹ de P₂O₅. Filgueira (1981) recomenda para solos arenosos e de baixa fertilidade em torno de 300 a 400 kg.ha⁻¹ da fórmula N-P-K, aplicados por ocasião do plantio, e de 30 a 40 kg.ha de nitrogênio na forma de sulfato de amônio, aplicados em cobertura única após o início das brotações das túberas-sementes. Nas condições edafoclimáticas dos tabuleiros costeiros do Piauí, essa cobertura pode ser realizada em torno de 30 dias após o início das brotações.

2.5 CULTIVO CONVENCIONAL

O cultivo convencional é entendido como o método de cultivo tradicional, que envolve uma série de práticas para tornar as culturas mais produtivas. Tilman *et al* (2011) assimila esta abordagem ao uso generalizado de produtos químicos, como fertilizantes químicos, pesticidas e herbicidas, além de plantas geneticamente modificadas. Nesse sentido, o objetivo principal do cultivo convencional é tornar a agricultura mais eficaz e eficiente.

Os processos de cultivo convencional são o seguinte: preparação do solo. Esta etapa é proeminente pelo arado, que se utiliza para arar o solo para o plantio; depois vem o plantio, que envolve semear e plantar com sementes selecionadas, que geralmente são híbridas e geneticamente modificadas. A fertilização é feita aplicando fertilizantes sintéticos que contêm nutrientes essenciais para o crescimento das plantas. Para o controle de pragas e doenças, são aplicados pesticidas e herbicidas que ajudam a proteger as plantas de insetos, fungos e ervas daninhas. A irrigação é realizada através de sistemas instalados de forma que garantam que as plantas recebam água suficiente durante a estação seca, e finalmente, a colheita é feita utilizando máquinas que ajudam a colher as culturas de maneira rápida e eficiente. A principal vantagem do cultivo convencional é a alta produtividade. Tilman *et al* (2011) relatam que este método tem garantido um aumento constante na produção de alimentos, garantindo que uma população em crescimento seja alimentada. Além disso, a tecnologia e a força de trabalho química têm melhorado a eficiência desta

atividade agrícola.

No entanto, o cultivo convencional também apresenta várias desvantagens. De acordo com Tilman *et al.* (2002), o uso intensivo de químicos pode levar à contaminação do solo, água e biodiversidade. Pimentel (2006) afirma que práticas como monocultura e aragem intensiva podem causar erosão e perda de fertilidade do solo. Segundo Georghiou (1990), pragas podem desenvolver resistência a pesticidas, necessitando de doses maiores ou novos produtos químicos. Além disso, de acordo com Damalas e Eleftherohorinos (2011), a exposição a pesticidas e outros químicos pode ter impactos negativos na saúde dos trabalhadores agrícolas e consumidores. Por fim, a agricultura convencional pode tornar os agricultores dependentes de grandes empresas que fornecem sementes, fertilizantes e pesticidas.

2.6 QUALIDADE DO SOLO

Segundo Pezarico, (2009, p. 7, apud Araújo *et al.*, 2007) a preocupação com o uso dos recursos naturais tem priorizado cada vez mais a busca de alternativas de produção que visem sobretudo a sustentabilidade e qualidade desses recursos.

A qualidade do solo pode ser estudada por meio de indicadores, que são capazes de apontar como esse recurso natural se encontra, se é capaz de apoiar a capacidade dos ecossistemas, preservar qualidade do ar e da água e viabilizar a saúde de seres vivos.

Para tornar possível a avaliação da qualidade do solo é necessário levar em consideração as relações físico-químicas-biológicas, para qual fim será este solo e as intervenções já feitas.

Para Araújo; Monteiro (2007, p. 66 apud Doran; Sarrantonio; Liebig, 1996) o solo é um recurso natural vital para o funcionamento do ecossistema terrestre, e representa um balanço entre os fatores físicos, químicos e biológicos. Os principais componentes do solo incluem minerais inorgânicos e partículas de areia, silte e argila, formas estáveis da matéria orgânica derivadas da decomposição pela biota do solo, a própria biota, composta de minhocas, insetos, bactérias, fungos, algas e nematóides e gases como O₂, CO₂, N₂, Nox.

2.6.1 Atributos Físicos Do Solo

Segundo Pezarico (2009, p. 9, apud Gomes e Filizola, 2006) do ponto de vista das atividades agrícolas, os indicadores físicos assumem importância por estabelecerem relações diretas nos processos hidrológicos, como taxa de infiltração, escoamento superficial, drenagem e erosão. Outra função essencial está ligada ao suprimento e armazenamento de água, de nutrientes e de oxigênio no

solo. Entre os principais indicadores físicos de qualidade de solo sob o ponto de vista agrícola, estão a textura, estrutura, resistência à penetração, profundidade de enraizamento, capacidade de água disponível, percolação ou transmissão da água e sistema de cultivo.

Para Silva et al. (2020, apud Stefanoski *et al.*, 2013; Querubim et al., 2016) a textura do solo é uma propriedade empregada na classificação pedogenética e tem a capacidade de influenciar outros fatores tais como a densidade, porosidade do solo e condutividade hidráulica saturada. Entretanto, não é um indicador recomendado por não sofrer alterações pelo manejo, inviabilizando comparações.

De acordo com Da Ros *et al.* (1997) o manejo aplicado com menor revolvimento do solo possível, é a melhor opção para que haja uma recuperação e manutenção das características físicas do solo. Para Oliveira (2011) o preparo do solo é um dos componentes de extrema importância, pois atua no comportamento físico, diretamente na estrutura do solo.

Para Brady; Weil, (2013) a estrutura do solo é dada pelo arranjo de areia, silte, argila e matéria orgânica. Os agregados são formados pela força de atração entre essas partículas, que juntas criam massas estruturais maciças de formatos: granular, laminar, prismático ou em bloco. Esse arranjo é também uma propriedade que define a natureza do sistema de poros e canais de um solo. Portanto, a textura e a estrutura do solo contribuem para definir a capacidade de reter e conduzir a água e o ar necessários para que seja possível a vida naquele solo. Ambos fatores também determinam como o solo se comporta quando movimentado pelo cultivo ou usado na construção de estradas ou edificações. Essas propriedades físicas, também influenciam na movimentação da água que entra ou sai dos solos, podendo provocar consideravelmente a destruição do solo pela erosão.

2.6.2 Atributos Químicos Do Solo

Em ecossistemas florestais tropicais, a fertilidade do solo é baseada na ciclagem de nutrientes, oriundos da biomassa vegetal. Logo, a substituição das áreas de floresta por sistemas agropecuários mais simplificados colocam os solos em situação de vulnerabilidade, alterando suas características químicas, físicas e biológicas. Essas alterações podem apresentar diferentes impactos, que serão mais ou menos intensos de acordo com as propriedades originais do solo, o histórico, bem como o tempo e a intensidade de uso (Perin 11 *et al.*, 2003).

Os atributos químicos para determinar qualidade do solo são: pH em água e KCl, fósforo

solúvel, Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , S, Al_3^+ , H^+ , C orgânico e Capacidade de Troca de Cátions (CTC), sendo esta última uma maneira de medir como o solo pode reter e disponibilizar nutrientes.

Esses indicadores auxiliam para identificação da capacidade do solo na sustentabilidade dos biomas, por meio da ciclagem dos nutrientes. Além disso, esses parâmetros estão correlacionados ao rendimento das culturas, permitindo analisar e determinar ações de correção no solo por meio de adubações e calagens para prover condições para produção (Cardoso et al., 2013).

2.7 RESERVA LEGAL

De acordo com a Lei 12.651/2012 a área de Reserva Legal (RL) refere-se a uma área situada dentro de uma propriedade ou posse rural, cujo propósito é garantir a utilização econômica sustentável dos recursos naturais da terra, apoiar a conservação e a recuperação dos processos ecológicos e promover a preservação da biodiversidade. Além disso, serve como refúgio e proteção para a fauna silvestre e a flora nativa. A extensão mínima dessa área, em termos percentuais da área total da propriedade, varia conforme sua localização. Em que imóveis rurais localizados na Amazônia, a RL será de 80% da propriedades nas áreas florestais; 35% no Cerrado; 20% para os imóveis em áreas de campos gerais; demais regiões 20% da propriedade, independentemente do tipo de vegetação.

De acordo com Master Juris (2019) a manutenção da reserva legal traz vários benefícios ambientais. A título de exemplo, a reserva legal tem função de manutenção da conectividade ecológica e facilitação do fluxo gênico de populações e espécies silvestres nas paisagens rurais. Além disso, a reserva legal, por ser uma área com vegetação nativa, com diversidade biológica maior do que monocultivos, abriga espécies que ajudam no fornecimento de serviços ecossistêmicos como polinização e manutenção de inimigos naturais de pragas agrícolas. Cita-se, ainda, a contribuição da reserva legal para a conservação do solo, dos corpos hídricos e da biodiversidade, bem como para a proteção do solo contra a erosão e a perda de nutrientes, além da contribuição na preservação do ambiente para as gerações futuras e na conservação da água, fauna e flora.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

O projeto foi realizado de setembro de 2022 a agosto de 2023, em dois locais:

(1) Campinas-SP no Instituto Agronômico, na Fazenda Santa Elisa (CEC) (latitude 22°52'18.2"S, longitude 47°04'39.8"W e altitude 680 m); e (2) Pindorama-SP na estação experimental da APTA (Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios) Regional (latitude 21°13'09.2"S, longitude 48°53'51.7"W e altitude 527m).

O Centro Experimental Central (CEC), localizado em zona periurbana de Campinas, proporciona apoio operacional e logístico às necessidades da pesquisa científica e tecnológica do Instituto Agronômico. O CEC, conhecido como “Fazenda Santa Elisa”, tem 692 hectares e 14 km de divisas. O espaço total é dividido em três áreas distintas: agrícola, urbanizada e ambiental. Área agrícola: ocupando 55% da fazenda é destinada à experimentação e produção de sementes melhoradas. O solo, de diversos tipos, é altamente fértil, produtivo e adequado para o cultivo de plantas anuais e perenes, de clima tropical, subtropical e temperado. Área urbanizada: ocupa 10% da unidade com sete centros de pesquisa (Café, Grãos e Fibras, Horticultura, Solos, Ecofisiologia e Biofísica, Fitossanidade e Recursos Genéticos Vegetais), outras unidades de infraestrutura (subfrota, pátio de máquinas agrícolas e armazéns). Os prédios de pesquisa e administração, laboratórios e estufas são rodeados por bosques, gramados e coleções raras de plantas nativas e exóticas. Área ambiental: ocupa 35% da fazenda com áreas ciliares, cerrados, várzeas, Mata Santa Elisa, nascentes, córregos e represas. De acordo com o sistema brasileiro de classificação de solos (Santos et al., 2018), é considerado solo Latossolo Vermelho Distrófico Típico, textura argilosa.

Figura 1 - Pleno Sol - Campinas/SP



Fonte: DE AUTORIA PRÓPRIA. (2023).

Figura 2 - SAF - Campinas/SP



Fonte: DE AUTORIA PRÓPRIA. (2023).

A APTA Regional de Pindorama-SP foi fundada em 10 de março de 1934, criada como Estação Experimental do Instituto Agrônômico. A presença de matas nativas e sua transformação em reserva biológica em 1986 possibilita estudos na área ambiental. A unidade desenvolve trabalhos de melhoramento vegetal em várias culturas; técnicas de cultivo; conservação do solo; plantio direto; fitopatologia; estudo de novas alternativas agrícolas e monitoramento quantitativo da água em microbacia hidrográfica.

De acordo com o sistema brasileiro de classificação de solos (Santos *et al.*, 2018), é caracterizado como Argissolo Vermelho Eutrófico Típico, textura arenosa/média.

Figura 3 - Pleno Sol - Pindorama/SP



Fonte: BERNACCI (2023)

Figura 4 - SAF - Pindorama/SP



Fonte: BERNACCI (2023)

3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O local do experimento inclui porções já florestadas (SAF implantado), com coleções de árvores aromáticas e medicinais e árvores em geral, em parte, associadas com o cultivo de espécies no sub-bosque e podem ser manejadas. O delineamento é em blocos casualizado.

As amostras de solo foram coletadas em ensaio de avaliação de inhames e barbascos em Campinas e Pindorama, em 3 tratamentos (Floresta, SAF e Pleno Sol), 5 pontos de amostragem em cada tratamento, nas profundidades de 0-20 cm e 20-40 cm. Para as análises físicas de estabilidade de agregados, argila total e argila dispersa em água e químicas foram coletadas amostras nas profundidades 0-20 cm e 20-40 cm, cerca de 3 kg, utilizando-se um enxadão, as amostras foram destorroadas e homogeneizadas em um balde e transferidas para sacos plásticos devidamente

identificados. Os pontos coletados foram próximos ao sistema radicular/planta.

Os dados foram analisados usando a análise de variância, e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

3.3 AVALIAÇÕES ANALÍTICAS

Todas as análises ocorreram em amostras deformadas.

As análises químicas foram feitas no Laboratório de Fertilidade do Solo do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) de acordo os métodos descritos em Raij *et al.* (2001). As análises realizadas foram: Carbono (C), Fósforo (P), Potássio (K) e Cálcio (Ca).

A análise física de estabilidade de agregados foi realizada no Laboratório de Física do Solo do IAC, analisada pelo método de peneiramento úmido para obter o diâmetro médio geométrico (DMG) com metodologia descrita em Camargo *et al.* (2009, Boletim IAC 106).

As análises físicas de granulometria e argila dispersa em água foram realizadas no Laboratório de Física do Solo do IAC, utilizando o método da pipeta, a fim de calcular o grau de dispersão e grau de floculação (GF). A metodologia usada para análise granulométrica está descrita em Camargo *et al.* (2009, Boletim IAC 106).

Em Campinas foram monitoradas a incidência de luz, a temperatura e a umidade do solo.

A incidência de luz solar foi coletada em três alturas a partir do nível do solo (0,50m; 1,00m e 2,00 m), com o instrumento LI-250-A medidor de Luz acoplado no sensor LI-190-R Quantum sensor, Marca Li-Cor. T

A temperatura do solo foram realizadas com o instrumento Inconterm – Termômetro Digital tipo espeto. Ref.:9226.16.0.00, sensor Termistor NTC. As medições de temperatura do solo foram feitas nos mesmos dias da incidência solar, também com 5 repetições em cada ponto de amostragem em cada tratamento, o espeto do instrumento foi posicionado na base da planta.

Para a umidade foram coletadas amostras nos mesmos dias da incidência solar, também com 5 repetições em cada ponto de amostragem em cada tratamento, nas profundidades: 0-20 cm e 20-40 cm. Foram coletadas amostras de solo cerca de 40 cm da base da planta, para não danificá-la, utilizando um trado. Transferidas para potinhos de umidade com tampa, devidamente identificados. Foram pesados umidas, secas na estufa a 110 °C por 2 dias, e pesados novamente.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram analisados 3 tratamentos (Floresta, SAF e Pleno Sol), 5 pontos de amostragem em cada tratamento, nas profundidades de 0-20 cm e 20-40 cm. Para as análises físicas e químicas foram coletadas amostras nas profundidades 0-20 cm e 20-40 cm, cerca de 3 kg, utilizando-se um enxadão. O tratamento Floresta foi analisado para fins de comparação, não teve plantação de inhames.

Analisando as tabelas 1 e 2, pode-se notar que os atributos diâmetro médio geométrico (DMG) e grau de flocculação da argila (GF) se mostraram adequados para comparar os tratamentos em um mesmo tipo de solo.

Tabela 1 - Atributos químicos e físicos nos tratamentos x profundidade, em Campinas-SP, 2024

Tratamento	C g/dm ³	P mg/dm ³	K mmolc/dm ³	Ca	DMG mm	Argila Total --- g kg ⁻¹ <0,002 mm ---	ADA	GF %
Floresta								
0 – 20 cm	11,60 c	39,40 c	2,36 c	61,00 c	1,07 c	22,92 c	17,44 c	23,90 bc
20 – 40 cm	6,14 c	21,80 c	1,42 c	20,40 c	0,45 c	32,52 c	26,88 c	17,31 c
SAF								
0 – 20 cm	10,78 c	38,80 c	2,54 c	50,20 c	1,20 c	24,02 c	18,66 c	22,62 c
20 – 40 cm	6,38 c	14,20 c	2,30 b	20,20 c	0,54 c	31,80 c	26,20 c	17,58 c
Pleno Sol								
0 – 20 cm	10,78 c	37,60 c	3,34 b	44,40 c	1,16 c	50,12 b	33,74 b	32,50 b
20 – 40 cm	9,04 c	20,80 c	3,92 a	32,40 c	0,80 c	49,10 b	37,48 b	23,53 c

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo Teste Tukey (p<0,05). Floresta: local com árvores nativas; SAF: sistema agroflorestal; Pleno Sol: plantio convencional.

Tabela 2 - Atributos químicos e físicos nos tratamentos x profundidade, em Pindorama-SP, 2024

Tratamento	C g/dm ³	P mg/dm ³	K mmolc/dm ³	Ca	DMG mm	Argila Total --- g kg ⁻¹ <0,002 mm ---	ADA	GF %
Floresta								
0 – 20 cm	11,48 a	16,60 b	3,94 a	49,60 a	0,85 a	11,90 a	5,58 a	53,86 b
20 – 40 cm	7,19 a	10,00 b	3,10 b	28,00 b	0,23 b	10,14 a	6,20 a	38,86 b
SAF								
0 – 20 cm	4,40 b	35,80 ab	2,54 b	16,00 b	0,19 b	6,00 b	3,18 b	46,42 b
20 – 40 cm	3,59 b	26,80 ab	2,46 b	14,40 b	0,18 b	5,34 b	2,92 b	45,03 b
Pleno Sol								
0 – 20 cm	4,52 b	48,20 a	2,14 b	24,60 b	0,18 b	6,04 b	3,30 b	45,25 b
20 – 40 cm	4,06 b	36,80 a	2,16 b	17,00 b	0,17 b	6,02 b	3,64 b	39,72 b

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo Teste Tukey (p<0,05). Floresta: local com árvores nativas; SAF: sistema agroflorestal; Pleno Sol: plantio convencional.

Em Campinas o solo tem textura mais argilosa. Nos tratamentos Floresta e SAF, a camada de 20-40 cm possui um teor de argila total maior que na camada de 0-20 cm, podendo indicar que a camada superficial sofreu perda de argila, ligada ou não a iluviação (Portugal et al., 2010). Já no pleno sol as camadas não apresentaram diferenças relevantes, porém, nota-se que sua textura indica um solo bem mais argiloso, entre 49,10 a 50,12 g kg⁻¹ de argila total, dificultando a comparação com os tratamentos floresta e SAF.

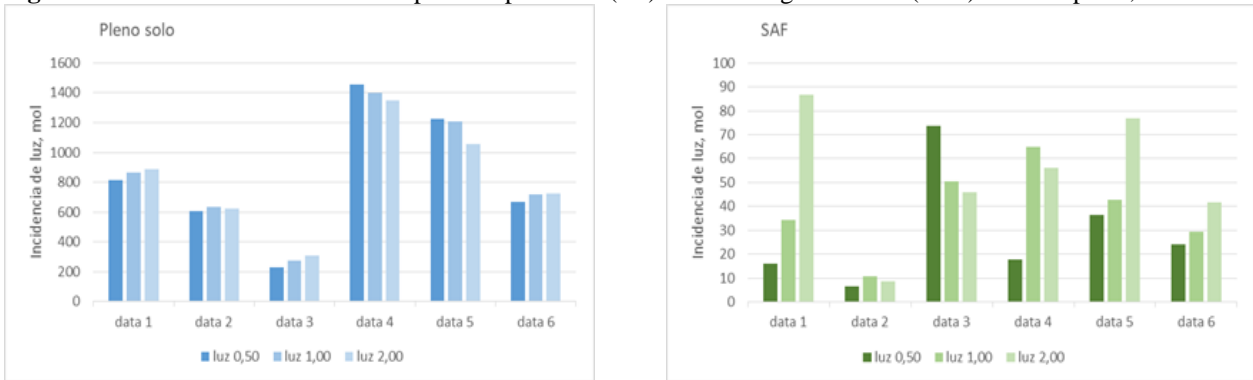
Nos tratamentos Floresta e SAF, nas camadas de 0-20 cm observou-se menores valores de argila dispersa em água (ADA), maiores GF e maiores DMG, indicando um solo com bom índice de agregação e estabilidade. Na camada de 20-40 cm, de ambos tratamentos, ocorre o oposto, maior valor de ADA, menor GF e menor DMG, indicando menor agregação e menos estabilidade do solo. No pleno sol, em ambas camadas, encontra-se maiores valores de ADA e GF, apontando possíveis processos erosivos nesses ambientes por uso anterior. O DMG e GF tendem a ser maiores nos solos com maior teor de argila total, por isso o tratamento pleno sol apresentou valores mais elevados desses atributos. Porém os tratamentos, de forma geral, apresentaram GF baixo, indicando solo pouco estruturado. A floresta apontou um teor alto de P, nas duas profundidades, seguido de pleno sol e SAF, indicando o uso de adubação mineral na floresta, o que não era esperado. Notou-se que o C não apresentou diferenças significativas entre os tratamentos.

Em Pindorama o solo tem textura arenosa nos três tratamentos, com baixos teores de argila total. Os atributos DMG e GF apresentaram valores na seguinte ordem: floresta > SAF > pleno sol, o que era esperado, pois há maior agregação e mais estabilidade do solo da floresta. Porém o DMG apresentou-se baixo nos tratamentos de forma geral, indicando baixa qualidade do solo. Notou-se o GF com valores médios, porém todos menores que 50%, apontando um solo pouco estruturado. Os valores da ADA não apresentaram valores significativos entre as camadas 0-20 cm e 20-40 cm comparando cada tratamento isolado.

Ao avaliar os valores gerais da argila total percebeu-se que os valores foram baixos podendo indicar um solo com baixa capacidade de retenção de água. Observou-se mais carbono na floresta, seguido de pleno sol e SAF. O esperado era que o SAF tivesse teor semelhante ao da floresta, podendo ter havido revolvimento e ações perturbadoras ao solo para preparação da área. Para o P a ordem foi: floresta < SAF < pleno sol o que pode indicar o uso de adubação mineral no pleno sol.

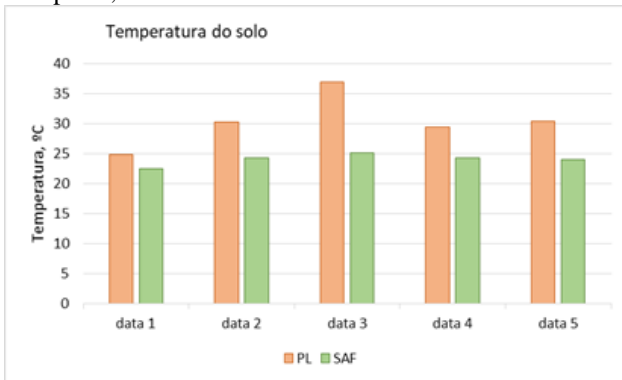
Em Campinas foram monitoradas a incidência de luz (Figura 1), a temperatura (Figura 2) e a umidade (Figura 3) do solo. Os valores médios obtidos para as áreas de cultivo a pleno sol e em SAF foram de 437,7 e 39,4 mol, respectivamente.

Figura 5 - Incidência de luz solar nos plantios pleno sol (PL) e sistema agroflorestal (SAF) em Campinas, SP.



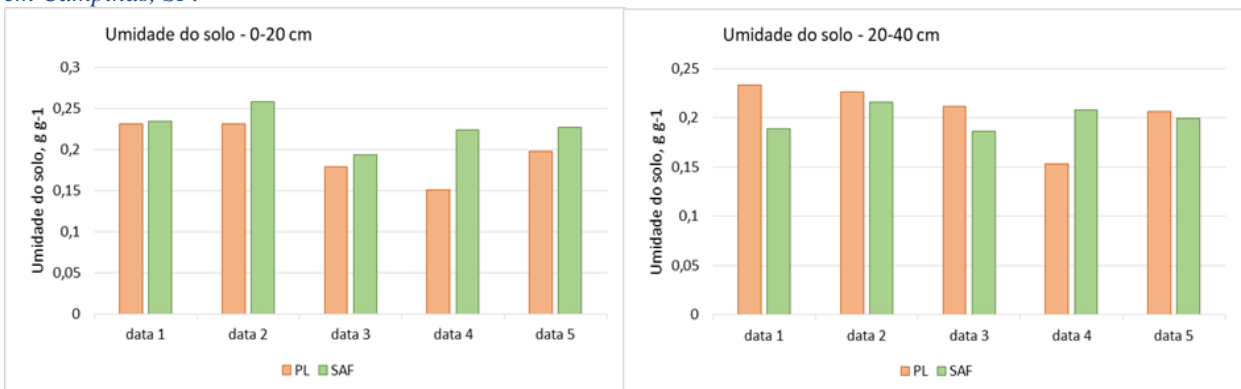
Fonte: De Maria, Isabella. (2023).

Figura 6 - Temperatura da camada superficial do solo nos plantios pleno sol (PL) e sistema agroflorestal (SAF) em Campinas, SP.



Fonte: De Maria, Isabella. (2023).

Figura 7 - Umidade do solo nas camadas 0-20 cm e 20-40cm nos plantios pleno sol (PL) e sistema agroflorestal (SAF) em Campinas, SP.



Fonte: De Maria, Isabella. (2023).

A temperatura do solo foi, consistentemente, mais elevada no sistema a pleno sol. Os valores médios da temperatura foram de 30,5 e 24,0 °C, respectivamente, para sistema a pleno sol e no SAF.

As condições climáticas desse período (janeiro a abril/2023) de cultivo foram de chuvas mais frequentes e em quantidades acima da média, fazendo com que o solo se mantivesse em condições adequadas de umidade para suprir as plantas no sistema a Pleno Sol e no SAF. Ainda assim, o teor

de umidade do solo foi mais baixo para o sistema a pleno sol na camada superficial, que concentra a maior parte das raízes das plantas. Em relação ao sombreamento, temperatura e umidade, observou-se que foram melhores no SAF do que no Pleno Sol, demonstrando-se que a cobertura do solo, árvores e matéria orgânica ajudam a manter a umidade do solo, reduzindo a evaporação da água e protegendo as raízes das plantas da exposição direta ao sol.

5 CONCLUSÕES

Os atributos químicos e físicos analisados mostraram-se adequados para comparar os tratamentos desde que sejam o mesmo tipo de solo.

Em Campinas o solo dos três tratamentos encontra-se degradado, com baixos teores de C, refletindo o uso anterior com agricultura convencional (elevados teores de P e Ca).

Em Pindorama os indicadores (C, DMG e GF) mostram perda das qualidades físicas e químicas do solo no tratamento Pleno Sol e mostram que o SAF não conseguiu ainda recuperar o teor de carbono no solo em relação à floresta.

Conclui-se que houve alterações na qualidade do solo em sistemas agroflorestais, tanto em Campinas quanto em Pindorama, essas variações podem estar associado ao manejo e uso anterior das áreas.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADL, S.; IRON, D.; KOLOKOLNIKOV, T. **A threshold area ratio of organic to conventional agriculture causes recurrent pathogen outbreaks in organic agriculture.** Science of the Total Environment, Amsterdam, v.409, p.2192–2197, 2011.
- ALTIERI, M. & NICHOLLS, C.I. 2011. **O potencial agroecológico dos sistemas agroflorestais na América Latina.** Revista Agriculturas: experiências em agroecologia, 8(2): 31-4.
- BERNACCI, L.C.; BORGES, W.L.B.; DEVIDE, A.C.P. & DE MARIA, I.C. (Org.) 2021. **Sistemas Agroflorestais: experiências no âmbito da APTA.** Documentos IAC 118: 1-162.
- BHAGWAT, S.A.; WILLIS, K.J.; BIRKS, H.J.B. & WHITTAKER, R.J. 2008. **Agroforestry: a refuge for tropical biodiversity?** Trends in Ecology & Evolution 23(5): 261-7.
- BRADY, Nyle C.; WEIL, Ray R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos.** Bookman Editora, 2009.
- CAMARGO, O.A.; MONIZ, A.C.; JORGE, J.A. & VALADARES, J.M.A.S. 2009. **Métodos de Análise Química, Mineralógica e Física de Solos do Instituto Agronômico de Campinas.** Campinas, Instituto Agronômico, 77 p. (Boletim técnico, 106, Edição revista e atualizada).
- CARDOSO, E. L.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; FERREIRA, M. F.; FREITAS, D. A. **F. Qualidade química e física do solo sob vegetação arbórea nativa e pastagens no Pantanal Sul-MatoGrossense.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.35, n.2, p.613-622, 2011.
- DAMALAS, C.A., & ELEFTHEROHORINOS, I.G. (2011). **Pesticide exposure, safety issues, and risk assessment indicators.** International Journal of Environmental Research and Public Health, 8(5), 1402-1419.
- DA ROS, C. O. et al. **Manejo do solo a partir de campo nativo: efeito sobre a forma e estabilidade da estrutura ao final de cinco anos.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 21, n. 2, p. 241-247, 1997.
- DA SILVA, Daniel Pereira. **SAFs–Sistemas Alternativos de Produção.** Revista de Extensão e Estudos Rurais, v. 2, n. 1, 2013.
- DE ARAÚJO, Ademir Sérgio Ferreira; MONTEIRO, Regina Teresa Rosim. **Indicadores biológicos de qualidade do solo.** Bioscience Journal, v. 23, n. 3, 2007. View of Indicadores biológicos de qualidade do solo (ufu.br)
- DE OLIVEIRA SILVA, Michelangelo et al. **Indicadores químicos e físicos de qualidade do solo.** Brazilian Journal of Development, v. 6, n. 7, p. 47838-47855, 2020.
- DE SOUZA, Valdomiro Aurélio Barbosa et al. **Tecnologias para produção em solos arenosos de Tabuleiros Costeiros do Meio-Norte.** 2000. <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1147903/1/Cultura-Cara-Capitulo4-Pag-161-178.pdf>

Entenda o que é a Área de Reserva Legal. Master Juris. 2019. Disponível em: <https://masterjuris.com.br/o-que-e-area-de-reserva-legal/>. Acesso em 04 de maio de 2023.

GEORGHIOU, G.P. (1990). **Overview of insecticide resistance.** In *Managing Resistance to Agrochemicals* (pp. 18-41). American Chemical Society.

GOMES, H.B.; CULLEN JUNIOR, L.; SOUZA, A.S.; CAMPOS, N.R. & MARIN, W.S.L. 2017. **Sistemas Agroflorestais: perspectivas e desafios na ampliação de sistemas produtivos sustentáveis para a agricultura familiar no Pontal do Paranapanema, SP.** In CANUTO, J.C. (ed.). *Sistemas Agroflorestais: experiências e reflexões*: 74-87. Embrapa, Brasília – DF.

GEORGHIOU, G.P. (1990). **Overview of insecticide resistance.** In *Managing Resistance to Agrochemicals* (pp. 18-41). American Chemical Society.

JOSE, S. 2012. **Agroforestry for conserving and enhancing biodiversity.** *Agroforestry Systems* 85(1): 1-8.

MACEDO, R.L.G. 2000. **Princípios básicos para o manejo sustentável de sistemas agroflorestais.** Lavras: UFLA / FAEPE.

MACHADO FILHO, Gilberto Coutinho; DA SILVA, Fabiano Rocha. **Benefícios sociais, econômicos e ambientais dos sistemas agroflorestais (SAFs) em pequenas propriedades rurais.** *Inclusão Social*, v. 6, n. 1, 2012.

MAY, P.H. & TROVATTO, C.M.M. 2008. **Manual agroflorestal para a Mata Atlântica.** Brasília: **Ministério do Desenvolvimento Agrário.** Secretaria de Agricultura Familiar.

NAIR, P.K.R. 2007. **The coming of age of agroforestry.** *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 87, p. 1613-1619.

NAIR, P.K.R. 2011. **Agroforestry Systems and Environmental Quality:** Introduction. *Journal of Environmental Quality*40(3): 784-90.

NOVAK, Elaine et al. **Variação temporal dos atributos microbiológicos do solo sob diferentes usos.** *Revista de Ciências Agrárias*, v. 41, n. 3, p. 603-611, 2018. <https://revistas.rcaap.pt/rca/article/view/16717/13613>

OLIVEIRA, J. O. A. P., VIDIGAL FILHO, P. S., TORMENA, C. A., PEQUENO, M. G., SCAPIM, C. A., MUNIZ, A. S., & SAGRILO, E.. (2001). **Influência de sistemas de preparo do solo na produtividade da mandioca** (*Manihot esculenta*, Crantz). *Revista Brasileira De Ciência Do Solo*, 25(2), 443–450. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832001000200020>

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

PEZARICO, Carmen Regina et al. **Indicadores De Qualidade Em Sistemas Agroflorestais.** 2009.

PIMENTEL, D. (2006). **Soil erosion: A food and environmental threat.** *Environment, Development and Sustainability*, 8(1), 119-137.

ROSCOE, Renato; MERCANTE, Fábio Martins; SALTON, Júlio Cesar. **Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas conservacionistas**: modelagem matemática e métodos auxiliares. 2006.

SANCHEZ, Pedro A. **Science in agroforestry**. Agroforestry systems, v. 30, p. 5-55, 1995.

SANTOS, A.C. 2010. **O papel dos sistemas agroflorestais para usos sustentáveis da terra e políticas públicas relacionadas** - Indicadores de Funcionalidade Econômica e Ecológica de SAFs em Redes Sociais da Amazônia e Mata Atlântica. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, Subprograma Projetos Demonstrativos (PDA), 62pp.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; ARAUJO FILHO, J. C. de; OLIVEIRA, J. B. de; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília, DF: EMBRAPA, 2018.

SCHROTH, G.; FONSECA, G.A.B.; HARVEY, C.A.; VASCONCELOS, H.L.; GASCON, C. & IZAC, A.-M.N. 2004. **Introduction: The Role of Agroforestry in Biodiversity Conservation in Tropical Landscapes**. In: SCHROTH, G.; FONSECA, G. DA; HARVEY, C. et al. (Eds.). Agroforestry and Biodiversity Conservation in Tropical Landscapes. Washington: Island Press, p. 1-12.

SOUZA, H.N.; GRAAFF, J. & PULLEMAN, M.M. 2011. **Strategies and economics of farming systems with coffee in the Atlantic Rainforest Biome**. Agroforestry Systems, 84:227-242.

STOTZ, E. N.. (2012). **Os limites da agricultura convencional e as razões de sua persistência**: estudo do caso de Sumidouro, RJ. Revista Brasileira De Saúde Ocupacional, 37(125), 114–126. <https://doi.org/10.1590/S0303-76572012000100014>

TAVARES, Patricia Dias et al. **Qualidade do solo em sistemas agroflorestais na Mata Atlântica**. 2014. <https://tede.ufrj.br/jspui/handle/jspui/2997>.

TILMAN, D., CASSMAN, K.G., MATSON, P.A., NAYLOR, R., & POLASKY, S. (2002). **Agricultural sustainability and intensive production practices**. Nature, 418(6898), 671-677.

TÓTOLA, M. R.; CHAER, G. M. **Microrganismos e processos microbiológicos como indicadores da qualidade dos solos**. Tópicos em ciência do solo, v. 2, n. 3, p. 195-276, 2002. https://www.researchgate.net/profile/Guilherme-Chaer/publication/285842908_Microrganismos_e_processos_microbiologicos_como_indicadores_da_qualidade_dos_solos/links/5bf2fda592851c6b27cad578/Microrganismos-e-processos-microbiologicos-como-indicadores-da-qualidade-dos-solos.pdf.

WIETHÖLTER, S. **Calagem no Brasil**. 2000. CNPTDOC.2200.pdf (embrapa.br).