

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

THAINARA WRZESINSKI IEBIK

**ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO EM SISTEMA AGROFLORESTAL
NO SUDOESTE DO PARANÁ**

DOIS VIZINHOS - PR

2022

THAINARA WRZESINSKI IESBIK

**ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO EM SISTEMA AGROFLORESTAL
NO SUDOESTE DO PARANÁ**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentada como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Florestal da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador: Prof^o Dr. Carlos Alberto Casali.

DOIS VIZINHOS - PR

2022



Esta licença permite compartilhamento, remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

THAINARA WRZESINSKI IESBIK

**ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO EM SISTEMA AGROFLORESTAL
NO SUDOESTE DO PARANÁ**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Florestal da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 30/novembro/2022

Carlos Alberto Casali
Doutor em Ciência do Solo
Universidade Tecnológica Federal do Paraná-Campus Dois Vizinhos

Elisandra Pocojeski
Doutora em Ciência do Solo
Universidade Tecnológica Federal do Paraná-Campus Dois Vizinhos

André Pellegrini
Doutor em Ciência do Solo
Universidade Tecnológica Federal do Paraná-Campus Dois Vizinhos

DOIS VIZINHOS - PR

2022

Dedico este trabalho à minha família, pelos momentos de
ausência.

AGRADECIMENTOS

Agradeço acima de tudo aos meus pais Berenice Wrzesinski e Sidnei Iesbik e a minha irmã Ana Luiza W. Iesbik por todo incentivo e dedicação para que nunca faltassem motivos para continuar essa caminhada, quero agradecer a minha namorada Ana Luiza Begnini que me apoiou, auxiliou e me ajudou a enfrentar todas as dificuldades.

Estendo os agradecimentos aos meus familiares e amigos que também colaboraram para a minha formação, a todas as amizades que criei durante o curso em especial aos meus colegas do Grupo de solos, com os nossos esforços diários motivando uns aos outros, e a todos os bons momentos que compartilhamos ao decorrer da graduação.

Aos Professores deixo meu muito obrigado pela dedicação e competência em sala de aula e a todo o conhecimento partilhado durante esses anos, um agradecimento especial ao prof. Dr. Carlos Alberto Casali pela disponibilidade, dedicação e a qualidade em seu trabalho tanto como professor como orientador no desenvolvimento do trabalho.

Não é o mais forte ou o mais inteligente que sobrevive,
mas sim o que consegue lidar melhor com a mudança.
(DARWIN; CHARLES).

RESUMO

A busca por sistemas de produção agropecuários com menor impacto ambiental, mais economicamente viável e ecologicamente sustentável é necessária, visto que atualmente existe uma expansão de sistemas de produção baseados em monocultivos, com uso indiscriminado de agrotóxicos e fertilizantes minerais solúveis, que leva a degradação dos biomas e seus solos. Por isso, os sistemas agroflorestais (SAF'S) tornam-se importante alternativa para produzir alimentos em consonância com a preservação ambiental, pois, tem como entendimento os agroecossistemas variados e procura agir de forma parecida com a dinâmica da sucessão ecológica natural. Esse estudo objetivou caracterizar quimicamente o solo após 5 anos de implantação de um sistema agroflorestal e comparar esses dados com os de uma mata secundária (M) e um sistema de pastagem (P). O experimento foi realizado na UTFPR, Campus Dois Vizinhos, clima predominante Cfa (subtropical úmido) e solo classificado como Nitossolo Vermelho Distrófico latossólico. A agrofloresta foi implantada em setembro de 2013 em 1.800 m² que até 2010 era cultivada com hortaliças e de 2010 a 2013 foi ocupada com plantas forrageiras (rami - *Boehmeria nivea* - e grama estrela roxa - *Cynodon nlemfluensis*). Para efeitos de comparação, foi avaliado o solo de uma área de pastagem há 5 anos cultivada com pasto Aruanã (*Panicum maximum*) e uma Floresta Ombrófila mista em estágio secundário de regeneração. A amostragem de solo foi realizada em outubro de 2018, com oito repetições em cada tratamento, totalizando 24 amostras. Os atributos químicos do solo variaram entre os tratamentos. O revolvimento do solo na implantação da agrofloresta e mais o histórico de adubação no período que o solo foi cultivado com hortaliças explica o alto teor de P (164,9 mg kg⁻¹) na camada de 0-20 cm. Esse fato também justifica os valores de pH obtidos, que no SAF ficou na faixa de 5,5, enquanto na mata e na pastagem os valores ficaram abaixo de 5,5. Conclui-se que cinco anos de implantação do sistema agroflorestal não foram suficientes para alterar significativamente a disponibilidade de nutrientes do solo e elevar o teor de MOS aos níveis do solo sob floresta natural. Assim, é necessário continuar monitorando os atributos químicos do solo sob esses sistemas de uso ao longo do tempo para identificar possíveis mudanças ao longo do tempo.

Palavras-chave: sistemas integrados, fertilidade do solo, mata secundária.

ABSTRACT

The search for agricultural production systems that have a lower environmental impact, are more economically viable and ecologically sustainable is necessary, given that there is currently an expansion of production systems based on monocultures, with indiscriminate use of pesticides and soluble mineral fertilizers, which leads to the degradation of biomes and their soils. For this reason, agroforestry systems (SAF'S) have become an important alternative for producing food in line with environmental preservation, as they understand varied agroecosystems and seek to act in a similar way to the dynamics of natural ecological succession. The aim of this study was to chemically characterize the soil after 5 years of implementing an agroforestry system and to compare this data with that of a secondary forest (M) and a pasture system (P). The experiment was carried out at UTFPR, Campus Dois Vizinhos, with a predominantly Cfa (humid subtropical) climate and soil classified as a Red Nitosol Dystrophic Latosolic. The agroforestry was set up in September 2013 on 1,800 m² which until 2010 was cultivated with vegetables and from 2010 to 2013 was occupied with forage plants (ramie - *Boehmeria nivea* - and purple star grass - *Cynodon nlemfluensis*). For comparison purposes, the soil of an area that had been grazed for 5 years and cultivated with Aruanã grass (*Panicum maximum*) and a mixed Ombrophilous Forest in a secondary stage of regeneration was evaluated. Soil sampling was carried out in October 2018, with eight replicates in each treatment, totaling 24 samples. The soil's chemical attributes varied between treatments. The revolving of the soil when the agroforestry was planted, plus the history of fertilization during the period when the soil was cultivated with vegetables, explains the high P content (164.9 mg kg⁻¹) in the 0-20 cm layer. This also explains the pH values obtained, which in the SAF were in the 5.5 range, while in the forest and pasture the values were below 5.5. It can be concluded that five years of implementing the agroforestry system were not enough to significantly alter the availability of nutrients in the soil and raise the MOS content to the levels of the soil under natural forest. Thus, it is necessary to continue monitoring the chemical attributes of the soil under these use systems over time to identify possible changes over time.

Keywords: integrated systems, soil fertility, secondary forest.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Sistema Agroflorestal (SAF) na UTFPR, Campus Dois Vizinhos - como unidade de ensino e demonstração.

Figura 2: Amostragem de solo dos quadrantes da agrofloresta (Q1, Q2, Q3 e Q4), Mata (M) e área de Pastagem (P), nas camadas de 0-10 e 10-20 cm, no ano de 2018. UTFPR, Dois Vizinhos - PR, 2022.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Atributos químicos do solo dos quadrantes da agrofloresta (Q1, Q2, Q3 e Q4), Mata (M) e área de Pastagem (P), nas camadas de 0-10 e 10-20 cm, no ano de 2018. UTFPR, Dois Vizinhos - PR, 2022.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AIA Inter-American Foundation

ASSESOAR Assistência Rural

PTE Projeto Tecnologias Ecológicas

SAF'S Sistemas agroflorestais

UPVF's – Unidades de Produção e Vida Familiar

UTFPR Universidade Tecnológica Federal do Paraná

LISTA DE SÍMBOLOS

Al^{+3} Alumínio

C Carbono

Ca^{+2} Calcio

CO_2 Dióxido de carbono

ha^{-1} Hectare

K^{+} Potássio

Mg^{+2} Magnésio

MOS Matéria orgânica do solo

P Fósforo

SB Soma de bases

SPD Sistema de plantio direto

Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	14
2. OBJETIVOS.....	16
2.1. Objetivos Especificos.....	16
3. REVISÃO BIBLIOGRAFICA.....	17
3.1. Sistemas Agroflorestais: Ferramenta para restaurar e conservar.....	17
3.2. Qualidade do solo em sistemas agroflorestais.....	17
3.3. Sistemas Agroflorestais no Sudoeste do Paraná.....	18
4. METODOLOGIA.....	20
4.1. Área de Estudo.....	20
4.2. Amostragem e análises de solo.....	21
4.3. Análise dos dados.....	23
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	24
6. CONCLUSÃO.....	27
7. REFERÊNCIAS.....	28

1. INTRODUÇÃO

A busca por sistemas de produção agropecuários com menor impacto ambiental, mais economicamente viável e ecologicamente sustentável é necessária, tendo em vista que atualmente existe uma expansão de sistemas de produção baseados em monocultivos, com uso indiscriminado de agrotóxicos e fertilizantes minerais solúveis, que leva a degradação dos biomas e seus solos.

Assim, os sistemas agroflorestais (SAF'S) tornam-se importante alternativa para produzir alimentos em consonância com a preservação ambiental, pois tem como entendimento os agroecossistemas variados e procura agir de forma parecida com a dinâmica da sucessão ecológica natural. Os sistemas agroflorestais (SAF'S) são uma combinação de elemento arbóreo com herbáceas e animais, organizados no espaço ou tempo (ICRAF, 2016). Para Rocha (2006), os SAF'S é uma combinação de culturas anuais, que tiveram cultivo tradicional pelos agricultores com espécies perenes, onde se consegue ter um novo desenho produtivo. Para Vivan (1995) os SAF'S são formas do uso e manejo da terra, no qual as árvores ou arbustos são utilizados em associação com algum cultivo agrícola e/ou com animais. Em uma mesma área, de uma maneira simultânea ou com uma sequência temporal".

Entre vários benefícios ambientais dos SAF'S, vale destacar o melhor controle de temperatura, da umidade relativa e da umidade do solo, os quais tem uma grande variação em condições de áreas abertas ou sem árvores. Com a presença dos componentes arbóreos temos uma regularização da temperatura do ar, reduzindo essa variação ao longo do dia, assim tornando um ambiente controlado (Ribaski, 2001). Outro ponto positivo segundo Toma (2013), os SAF'S elevam a incorporação de biomassa lenhosa através da serrapilheira das árvores, o qual proporciona uma melhora na qualidade do solo, decorrente do maior aporte de nutrientes, aumento da microbiota, maior dinâmica do C orgânico e redução da compactação.

O aumento da biomassa microbiana no solo em sistemas agroflorestais é resultado do efeito rizosférico que trabalha como agente de transformação da matéria orgânica do solo (MOS) e como um reservatório de nutrientes, o que representa cerca de 2 a 5% de C orgânico do solo (Foquesatto, 2017). Assim a atividade microbiana tem uma grande importância como indicador de qualidade de solo, pois a sua avaliação é através da sua respiração que libera CO₂ que pode ser monitorada por meio de métodos químicos.

Nesse contexto, o monitoramento de atributos químicos e microbiológicos de solos sob SAF'S é importante para verificar a evolução da melhoria do sistema solo frente a manejos

convencionais de solo e áreas naturais de referência. Esses estudos devem ser regionalizados, pois a capacidade do sistema agroflorestal em recuperar a qualidade do solo varia em função das condições edafoclimáticas e no Sudoeste do Paraná poucos estudos como esse são desenvolvidos.

2. OBJETIVOS

O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito de cinco anos de implantação de um sistema agroflorestal sobre os atributos químicos de um Nitossolo Vermelho no Sudoeste do PR.

2.1 Objetivos Específicos

Quantificar parâmetros de acidez, teor de matéria orgânica e nutrientes de um solo sob cinco anos de sistema agroflorestal;

Comparar os atributos químicos do solo de um sistema agroflorestal com os observados em solos sob floresta natural e pastagem com culturas anuais.

3. REVISÃO BIBLIOGRAFICA

3.1 Sistemas Agroflorestais: Ferramenta para restaurar e conservar

Os sistemas agroflorestais (SAF's) são ferramentas para restauração e conservação de ecossistemas e considerando os ensinamentos de Primavesi (1998), têm em sua fundamentação essencial os princípios básicos da agricultura ecológica. A autora mostra que a agricultura ecológica recupera ao invés de agredir o ambiente, muito embora opera com sistemas simplificados e nos fala ainda que quanto mais semelhante a sistemática natural dos processos, maior será a produção obtida.

Em função disso, os SAF's são alguns dos modelos utilizados na recuperação de áreas degradadas (VIEIRA; HOLL; PENEIREIRO, 2009; SUÁREZ et al. 2012). Ao atender as necessidades de fisiologia das plantas cultivadas, atende também as necessidades do solo pois, solo-planta-clima são fatores que estão completamente sincronizados (PRIMAVESI, 1998). O manejo agroflorestal tem a capacidade de equilibrar o potencial de recuperação, ampliando a capacidade produtiva dos solos, auxiliando na preservação ao seu redor de áreas protegidas, auxiliando como uma zona de amortecimento, papel esse que é reconhecido principalmente na mata atlântica (CULLEN et al., 2001).

Sistemas agroflorestais sequestram significativamente mais carbono (C) do que áreas com apenas uma cultura, pois quanto maior a variabilidade e densidade de espécies arbóreas, maior é o índice de sequestro de C no solo. SAF's em seu desenvolvimento pode fixar quantidades significativas de carbono, pois quanto maior o metabolismo e taxa fotossintética, maior a absorção de C pelas plantas (NAIR et al., 2010; STEENBOCK et al., 2013). O sequestro de C é muito variável pois depende da composição das espécies, sistema que foi avaliado, localização geográfica, idade das espécies que compõe o sistema, práticas de manejo e fatores ambientais (clima e solo). A dinâmica de C em SAFs de 4 a 15 anos, que foram manejadas por agricultores familiares na Mata Atlântica no Estado de São Paulo, identificou o incremento médio anual de 6,6 toneladas de C ha⁻¹ (MICCOLIS, 2016).

Ademais, os SAF constituem opção que melhora e conserva os recursos produtivos, pois preconiza a produção de biomassa e alimentos em consonância com a preservação dos recursos naturais, pois é considerado um policultivo. Isso pode acarretar no aumento da oferta de madeira, alimentos e de outros bens e serviços explorados em uma mesma unidade de área (MONTROYA; MAZUCHOWSKI, 1994).

3.2 Qualidade do solo em sistemas agroflorestais

Grigolo (2013) afirma que as agroflorestas passam a ser lugar de estudos dos mais variados aspectos, das áreas da ciência do solo e ciências agrárias num contexto geral. Com a degradação das raízes e parte aérea de diversas espécies alocadas em um ambiente de SAF's, temos uma maior quantidade de MOS por meio da deposição desses resíduos no solo, o que garante um maior aporte de nutrientes e que resulta, conseqüentemente, em um aumento da fertilidade do solo, além de estimular a produtividade (STEENBOCK et al., 2013).

A MOS em agroflorestas é indispensável para a eficiência do sistema e é resultado de resíduos sejam eles produzidos na própria SAF, ou provenientes de ambientes externos a ela que entra em processo de decomposição e devolve ao solo os nutrientes, além de melhorar a sua estrutura física, proporcionando condições de maior infiltração da água em profundidade. A MOS também é capaz de manter condições ideais de umidade e temperatura no solo, propiciando um microclima favorável, aumentando o número de agentes biológicos ativos, tornando um solo rico e com máximo potencial produtivo. Aumentos no teor de MOS, notadamente na camada superficial, têm sido associados a sistemas com o mínimo revolvimento do solo (TORMENA et al., 2004).

Dentre os serviços ecossistêmicos que os SAF's podem proporcionar ao ambiente, vale destacar a melhoria nas condições de fertilidade do solo e a manutenção por meio da ciclagem de nutrientes (MAY; TROVATTO, 2008). Com esse entendimento em que o sistema tem de suprir e reciclar nutrientes das plantas, suportar o crescimento e desenvolvimento das raízes e proporcionando a atividade biológica entre inúmeros fatores que são aspectos observados para realizar a avaliação da qualidade do solo (CASALINHO et al., 2007).

Contudo, mesmo em sistemas como SAF's, que preconiza menor intervenção e alteração artificial dos atributos do solo, é importante o conhecimento sobre as suas condições químicas físicas e biológicas, principalmente antes da sua implantação. Como nesses sistemas também se utiliza espécies exóticas e que objetivam produzir alimentos ou biomassa, elas são exigentes na disponibilidade de nutrientes do solo, o que na implementação do sistema requer, por vezes, ajustes e melhorias nos atributos químicos, físicos e biológicos do solo. Contudo, tem-se como perspectiva o manejo ecológico, com um conjunto de medidas tem a finalidade de recuperar ou fazer a manutenção das condições físicas, químicas e biológicas do solo.

3.3 Sistemas Agroflorestais no Sudoeste do Paraná

A região Sudoeste do Paraná possui 42 municípios e apresenta economia predominantemente agrícola, sendo que 90% dos estabelecimentos rurais possuem área inferior a 50 ha, e por isso, são classificados como Agricultores Familiares (PEROND,2007). Na busca pelo desenvolvimento da agricultura familiar na região e pela necessidade em atender os anseios através de sistemas e práticas compatíveis com a realidade e estrutura local, se fez necessário potencializar e valorizar as questões agrícola, social e de biodiversidade, aliada as políticas públicas voltadas à agroecologia e produção orgânica (DELGADO, 2017).

Na região Sudoeste do Paraná, 40 unidades agroflorestais foram implantadas em 11 municípios da região, por meio de uma iniciativa no ano de 2010, realizada pela Associação de Estudos, Orientações e Assistência Rural (ASSESOAR), através do Projeto Tecnologias Ecológicas (PTE), financiado pelo AIA – Inter-American Foundation, que objetivou o fortalecimento da agroecologia na região, buscando gerar autonomia produtiva às famílias agricultoras dentro das UPVF's – Unidades de Produção e Vida Familiar (ASSESOAR, 2015).

Nesse mesmo ano, foi aprovado pelo grupo de pesquisa em Agroecologia e Agricultura Familiar da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR Campus Dois Vizinhos – o projeto “Agroecologia: construção do conhecimento científico e de práticas em sistemas agroflorestais” que buscou 26 maneiras de ampliar ainda mais o projeto de implantação de agroflorestas na região, espalhando o conhecimento adquirido e ainda, resultando em outras unidades agroflorestais implantadas, posterior a esse projeto.

SAF é um nome relativamente recente dado para práticas antigas, desenvolvidas em grande parte de comunidades tradicionais em várias partes do mundo. Os sistemas agroflorestais são uma alternativa de produção agropecuária que busca diminuir o efeito da ação humana. A junção da variedade das espécies dentro de uma área aumenta a diversidade do ecossistema, onde as relações positivas são aproveitadas entre as plantas de diferentes ciclos, portes e funções (SANCHEZ, 1995). Com isso tenta proporcionar um rendimento sustentável ao longo do tempo, introduzindo espécies anuais nos primeiros anos, seguidas de frutíferas semi-perenes e perenes e por fim as madeiráveis, os quais podem ainda, ser consorciadas com animais em uma mesma área (FERREIRA, 2009).

4. METODOLOGIA

4.1 Área de Estudo

O experimento realizado na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Dois Vizinhos (UTFPR-DV), com latitude 25°41'59.65"S; longitude 53°6'1.00"W, altitude média de 530 m e de clima predominante descrito como Cfa (subtropical úmido), segundo classificação de Köppen, com verão quente e sem estação seca definida (ALVARES et al., 2013), com umidade relativa entre 64 a 74% e com regime de chuvas bem distribuído ao longo do ano. O solo foi classificado do tipo Nitossolo Vermelho Distrófico latossólico (Santos et al., 2013).

A agrofloresta foi implantada em setembro de 2013 em 1.800 m² que até 2010 era utilizada para cultivo de hortaliças e de 2010 a 2013 foi ocupada com plantas forrageiras (rami - *Boehmeria nivea* - e grama estrela roxa - *Cynodon nlemfluensis*), as quais foram afetadas pelas fortes geadas de final de julho de 2013.

Figura 1: localização do Sistema Agroflorestal (SAF), da floresta nativa e da área de pastagem na UTFPR, Campus Dois Vizinhos.



Fonte: Google Earth (2020) elaborado por Biava (2020)

No SAF foram plantadas 260 mudas, em espaçamento médio de 1,70 m, de 39 espécies florestais nativas e exóticas (madeireiras e fruteiras), em oito linhas de plantio com espaçamento de 4,0 m entre linhas. A composição de espécies foi heterogênea nas linhas, plantadas em

sequência pelo tamanho final que elas atingem: espécie de grande porte, médio e pequeno porte totalizando 33 mudas por linha. Para acelerar o aporte de biomassa e o sombreamento, em outubro de 2013 foram plantadas mais 56 bananeiras (*Musa sp.*), sendo sete mudas em cada linha de plantio em espaçamento de 8,0 m na linha. Ao final da avaliação do experimento (março de 2016), a agrofloresta estava composta por 288 indivíduos de 40 espécies.

Para efeitos de comparação, foi avaliado o solo de uma área de pastagem há 5 anos cultivada com pasto Aruanã (*Panicum maximum*) no verão e azevém durante o inverno e o solo sob um ecótono entre floresta Ombrófila Mista e Floresta Estacional Semi-decidual em estágio secundário de sucessão, ambos distantes 200 m da área de SAF e que estão nas mesmas condições edafoclimáticas.

4.2 Amostragem e análises de solo

A amostragem de solo foi realizada em outubro de 2018, com oito repetições em cada tratamento, totalizando 24 amostras em cada sistema (Figura 2). Visando identificar se havia heterogeneidade nos atributos de solo e no crescimento das árvores na agrofloresta, subdividiu-se a área em quadrantes (Q1, Q2, Q3 e Q4) de 14 x 28 metros, totalizando área de 1568 m² avaliada na agrofloresta. Nesta área, foram coletadas 24 amostras de solo (seis amostras por quadrante, consideradas repetições), distribuídas equidistantes e de forma que cada amostra representasse ¼ de cada linha de plantio das árvores, à exceção das duas linhas externas que foram utilizadas de bordadura. Para isso, foram abertas trincheiras e realizada coleta de solo na camada de 0-10 e 10-20 cm, com pá de corte para as análises de atributos químicos.

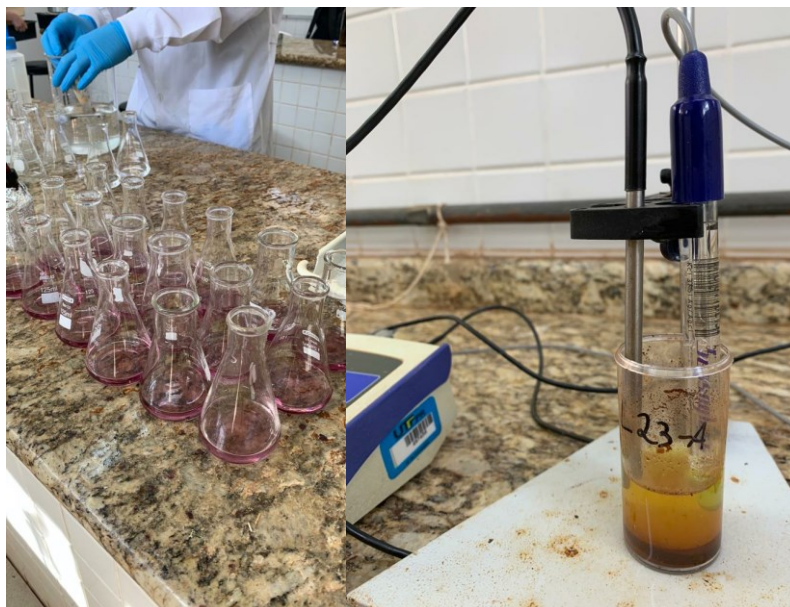
Figura 2: Amostragem de solo da agrofloresta, Mata (M) e área de Pastagem (P), nas camadas de 0-10 e 10-20 cm, no ano de 2018. UTFPR, Dois Vizinhos - PR, 2022.



Fonte: Autoria própria (2022).

Em seguida, as amostras foram encaminhadas para o Laboratório de solos da UTFPR-DV, onde foram secadas a 65°C, moídas e peneiradas em malha 2,0 mm. O solo foi submetido as análises químicas, seguindo a metodologia da EMBRAPA (2011), quantificando teor de C (extração por combustão úmida e leitura por titulometria), pH (em CaCl₂) (figura 3); Cálcio (Ca⁺²), Magnésio (Mg⁺²) e Alumínio trocável (Al⁺³) (extraídos com KCl 1 mol L⁻¹) - em espectrofotômetro de absorção atômica (Ca⁺² e Mg⁺²) e titulometria (Al⁺³); P e K disponíveis, extraídos com solução de Mehlich-1 e determinados em espectrofotômetro UV-Visível e fotômetro de chama, respectivamente. A partir das determinações foi possível calcular o teor MOS e soma de bases (SB).

Figura 3: Análises químicas de quantificação de teor de C e leitura de Ph.



Fonte: Autoria própria (2022).

4.3 Análise dos dados

As análises do experimento foram realizadas considerando o modelo matemático do delineamento inteiramente casualizado, localizadas em áreas distintas (FERREIRA et al., 2012). Sendo submetidos à análise de variância e quando significativos comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, com o programa SASM-Agri.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A disponibilidade de P foi maior no solo sob os sistemas agroflorestais em todos os quadrantes avaliados e no solo sob pastagem nas camadas de 0-10 e 10-20 cm (Tabela 1).

Tabela 1: Atributos químicos do solo dos quadrantes da agrofloresta (Q1, Q2, Q3 e Q4), Mata (M) e área de sistema de Pastagem (P), nas camadas de 0-10 e 10-20 cm no ano de 2018. UTFPR, Dois Vizinhos-PR, 2022.

Área	Camada 0-10 cm							
	M.O	P	K	pH _{CaCl2}	Al ³⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	SB
	g dm ³	----- mg dm ³ -----					cmol dm ³ -----	
Q1	40,9 c	148,8 a*	364,3 b	5,8 a	0,0 ^{NS}	9,4 a	3,4	13,7 a
Q2	49,9 c	78,2 a	355,5 b	5,8 a	0,0	10,2 a	3,2	14,3 a
Q3	56,2 b	29,7 a	500,2 a	5,6 a	0,0	8,8 a	2,5	12,6 a
Q4	44,5 c	49,0 a	443,1 a	5,7 a	0,0	9,3 a	2,9	13,3 a
M	70,1 a	2,7 b	107,2 c	5,0 b	0,0	7,7 a	2,2	10,2 a
L	48,2 c	60,5 a	147,0 c	4,8 c	0,0	4,3 b	2,2	6,9 b
CV (%)	14,6	31,4	28,2	3,1	5,9	21,8	41,8	15,6
Área	Camada 10-20 cm							
	M.O	P	K	pH _{CaCl2}	Al ³⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	SB
	g dm ³	----- mg dm ³ -----					cmol dm ³ -----	
Q1	36,9 c	164,9 a	334,5 b	5,8 a	0,0 b	9,9 a	4,5 a	15,3 a
Q2	46,9 b	76,3 a	294,6 b	5,6 a	0,0 b	9,5 a	2,5 b	12,8 b
Q3	45,7 b	22,9 a	392,4 a	5,4 a	0,0 b	8,6 b	2,7 b	12,3 b
Q4	41,9 c	29,4 a	366,9 a	5,6 a	0,0 b	9,1 a	2,9 a	12,9 b
M	57,3 a	1,8 b	70,4 c	4,4 b	0,2 a	5,0 c	1,6 c	6,8 c
L	42,5 c	11,8 a	88,3 c	4,5 b	0,1 a	3,9 c	1,9 c	6,1 c
CV (%)	23,4	50,1	24,8	3	4	16,9	16,8	15,6

*médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Da mesma forma, a disponibilidade de K foi maior em todas os quadrantes com agrofloresta em ambas as camadas avaliadas, diferindo do solo sob floresta e pastagem. A maior disponibilidade de P e K têm relação com o histórico da área, a qual anteriormente à implantação da SAF foi cultivado com hortaliças e de 2010 a 2013 com plantas forrageiras (rami - *Boehmeria nivea* - e grama estrela roxa - *Cynodon nlemfluensis*) que receberam calagem e adubação em grande quantidade, principalmente para atender a demanda das hortaliças. Além disso, na implantação da agroflorestal o solo foi adubado e revolvido, explicando o alto teor desses nutrientes também em profundidade.

Na camada de 0-10 e 10-20 do solo sob SAF's o pH em CaCl₂ foi maior e variou de 5,4 a 5,8, acima do recomendado para áreas agrícolas que é de 5,5 segundo (PAULETTI; MOTTA

2017) quando comparados a mata e a pastagem (Tabela 1), indicando que a acidez não é limitante ao desenvolvimento das plantas nesses sistemas. Em função disso, não apresenta Al^{+3} trocável, já que este só aparece em pH $CaCl_2$ abaixo de 5,0. Por outro lado, no solo sob floresta e pastagem os valores de pH demonstraram-se abaixo de 5,5, mas também sem apresentar Al^{+3} trocável.

Da mesma forma, o teor de Ca^{+2} foi maior no solo sob SAF's em ambas as camadas de solo, mas sem diferir do solo sob floresta na camada de 0-10 (Tabela 1), enquanto o teor de Mg na camada de 0-10 cm não diferiu entre os tratamentos e na camada de 10-20 o teor foi maior no solo sob SAF's (tabela 1). A soma de bases (SB) acompanhou a variação dos teores de Ca e Mg no solo, sendo maior no solo sob SAF's em ambas as camadas de solo, mas sem diferir do solo sob floresta na camada de 0-10 cm (tabela 1).

A calagem, além de corrigir a acidez do solo, fornece Ca e Mg, aumentando o teor desses nutrientes no solo e, conseqüentemente, reduzindo atividade de Al tóxicos no solo e a lixiviação de bases, fatores esses que fornece condições favoráveis a nutrição das plantas e crescimento radicular (CAIRES et al., 2006). Isso ajuda explicar a relação do histórico de manejo da área do SAF com os resultados observados para os altos teores de nutrientes.

Em estudo de agrofloresta com cultivo de cafeeiro, Theodoro (2001) comparou os efeitos de manejo orgânico, convencional e em conversão, onde pode constatar que houve incrementos no pH e nos valores de Ca, Mg, K, P do solo e V (%), diminuindo ainda o Al trocável. Esses efeitos foram maiores nos cafeeiros orgânicos, seguidos pelo cafeeiro em conversão. Segundo o autor, esses maiores incrementos estão diretamente relacionados com a prática da adubação orgânica e cobertura vegetal permanente do solo, ainda nesse estudo foi analisado que as condições químicas dos solos se apresentaram com melhores características no monocultivo, o que pode ter ocorrido devido à demanda nutricional das árvores.

A MOS foi maior para a floresta nativa na camada de 0-10 e 10-20 cm, resultado do tempo de decomposição e acúmulo da serapilheira, não diferenciando do Q2 da agrofloresta na camada de 0-10 cm. Por outro lado, o solo sob agrofloresta não diferiu do solo sob pastagem, indicando que o tempo de adoção do sistema agrofloresta ainda não foi suficiente para restaurar os teores de MOS. Os teores de MOS tendem a ter mudança lentas, pois necessita de um período mais longo para mostrar efeitos na qualidade do solo (PRAUDEL et al., 2012). Dado a informação explica-se o maior acúmulo de MOS nas camadas superficiais do solo de floresta que nunca sofreu alteração no uso.

Áreas com mata geralmente tem maior teor de C em relação a outros tipos de uso devido a maior acúmulo de biomassa, principalmente pela parte aérea das árvores. Nas pastagens sob SPD a decomposição dos resíduos orgânicos e da MOS é acelerada pela menor adição de resíduos e pela exposição ambiental deste, reduzindo o teor de MOS. A maior variação ocorre mais na superfície pois temos o maior acúmulo de biomassa na superfície. As raízes das árvores melhoram a incorporação de MOS no solo, a qual traz outros benefícios que estão ligados na boa estrutura do solo, entre eles manutenção adequada de macroporosidade e aumento da vida e atividade biológica que decompõe e transportam MO (PRIMAVESI, 2002; CADISH et al., 2006). Podendo ser o motivo pelo qual os quadrantes Q1 e Q2 não se difere em teores de MO da mata.

A maior fertilidade do solo nos quadrantes da agrofloresta em todas as camadas avaliadas mostra que o calcário e a adubação realizadas nos usos anteriores ao sistema agroflorestal ainda têm efeito residual no solo. O efeito residual da calagem nos atributos químicos do solo foi observado por Caires et al. (2000) e Silva et al. (2007).

6. CONCLUSÃO

Cinco anos de implantação do sistema agroflorestal não foram suficientes para alterar significativamente a disponibilidade de nutrientes e elevar o teor de matéria orgânica do solo em níveis do solo sob floresta natural.

7. REFERÊNCIAS

ALVARES, C. A.G. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013

ASSESOAR, 2015. Agroflorestas no sudoeste paranaense: agroecologia com base na dinâmica florestal. Associação de Estudos, Orientação e Assistência Rural. – Francisco Beltrão: ASSESOAR, 2015. 105p.

BORGES, J.R.; PAULETTO, E.A.; SOUSA, R.O.; PINTO, L.F.S.; LEITZKE, V.W. 2004. Resistência à penetração de um gleissolo submetido a sistemas de 51 cultivo e culturas. *Current Agricultural Science and Technology*, v. 10, n. 1, 2004.

CAIRES, E.F.; KUSMAN, M. T.; BARTH, G.; GARBUIO, F.J.; PADILHA, J.M. Alterações químicas do solo e resposta do milho à calagem e aplicação de gesso. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 28, n. 1, p. 125-136, 2004.

CAIRES, E.F.; CORRÊA, J.C.L.; CHURKA, S.; BARTH, G.; GARBUIO, F.J. Surface application of lime ameliorates subsoil acidity and improves root growth and yield of wheat in an acid soil under no-till system. *Scientia Agrícola*, v. 63, p. 502- 509, 2006.

CARDINAEL, R. et al. Competition with winter crops induces deeper rooting of walnut trees in a Mediterranean alley cropping agroforestry system. *Plant and Soil*, v. 391, 86 p. 219-235, 2015.

CAMARGO, M.S.; BARBOSA, D.S.; RESENDE, R.H.; KORNDÖRFER, G.H.; PEREIRA, H. S. Fósforo em solos de cerrado submetidos a calagem. *Bioscience Journal*, v. 26, n. 2, p. 187-194, 2010.

CULLEN, L. Jr. et al. Agroforestry between zones: a tool for the conservation management of Atlantic Forest fragments. *Natural Areas Journal*, v. 21, n. 4, p. 346-356, 2001.

DELGADO, G. C; BERGAMASCO, S. M. P. P. Agricultura familiar brasileira: desafios e perspectivas de futuro. Brasília: Ministério do Desenvolvimento Agrário, v. 470, 2017.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). Manual de métodos de análise de solos. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230 p. (Documentos, 132).

FERREIRA, L. M. M. Sistema Agroflorestal é alternativa sustentável para produção rural. *Agronline.com.br*. 2005. Disponível em: Acesso em: 19 de agosto de 2009.

FERREIRA, D.F.; CARGNELUTTI FILHO, A.; LÚCIO, A.D. Procedimentos estatísticos em planejamentos experimentais com restrições na casualização. *Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo*, v.37, n.3, p.16-19, 2012.

Foquesatto, C.F. Qualidade do solo de uma agrofloresta no sudoeste do estado do Paraná [dissertação]. Pato Branco: Universidade Tecnológica Federal do Paraná; 2017.

GERDEMANN, J. W.; NICHOLSON, T. H. Spores of mycorrhizal *Endogone* species extracted from soil by wet and decanting. *Transactions of the British Mycological Society*, v. 46, n. 2, p. 235-244, 1963.

GRIGOLO, S. C. Projeto Agroecologia: conhecimento e práticas em sistemas agroflorestais. *Cadernos de Agroecologia*, v. 8, n. 2, 2013.

HAYNES, R.J. Lime and phosphate in the soil-plant system. *Advances in Agronomy*, v. 37, p. 249-315, 1984.

JENKINS, W. R. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. *Plant Disease Report*, Washington, v. 4B, n. 7, p. 692, 1964.

KÂMPF, A.N. Seleção de materiais para uso como substrato. In: KÂMPF, A. N., FERMINO, M. H. (Eds.) *Substrato para plantas: a base da produção vegetal em recipientes*. Porto Alegre: Gênese, 2000. p. 139-145.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ, Londrina, PR. Amostragem de solo para análise química: plantio direto e convencional, culturas perenes, várzeas, pastagens e capineiras. Londrina, 1996. 28p. ilustr. (IAPAR. Circular, 90).

LE BISSONNAIS, Y. et al. Soil aggregate stability in Mediterranean and tropical agro ecosystems: Effect of plant roots and soil characteristics. - *Plant and Soil*, v. 424, p. 303–317, 2017.

MAY, P. H.; TROVATTO, C. M. M. (Org.). *Manual agroflorestal para a Mata Atlântica*. Brasília, DF. Ministério do Desenvolvimento Agrário, 2008. 196 p.

MONTOYA, L. J.; MAZUCHOWSKI, J. Z. Estado da arte dos sistemas agroflorestais na região sul do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE ECOSSISTEMAS AGROFLORESTAIS, 1., 1994, Porto Velho. Anais... Colombo: Embrapa-CNPQ, 1994. p.77-96. (Documentos, 27)

NAIR, P. K. R. Agroforestry: Trees in support of sustainable agriculture. In: ELIAS, S. A. et al. (Eds.), *Reference module in Earth systems and environmental sciences*. Elsevier, 2013. p. 1-15.

OLIVEIRA, E.L.; PAVAN, M.A. Control of soil acidity in no-tillage system for soybean production. *Soil and Tillage Research*, Amsterdam, v. 38, n. 1-2, p. 47-57, 1996.

PRADO, R. M. A calagem e as propriedades físicas de solos tropicais: revisão de literatura. *Revista Biociências*, v. 9, n. 3 p. 7-16, 2003.

PEPPE, I. A.; CASALI, C. A.; DONAZOLLO, J.; ROSA, G. F.; ACOSTA, A. C. B. Atividade microbiana do solo sob sistema agroflorestal no sudoeste do Paraná. In: VI REUNIÃO PARANAENSE DE CIÊNCIA DO SOLO – RPCS. Ponta Grossa – PR, 2019. Anais eletrônicos [...]. Ponta Grossa, 2019. Disponível em: <http://rpcs2019.com.br/trabalhos_aprovados/arquivos/05202019_180523_5ce31d23a462f.pdf>. Acesso em: 11 nov. 2021.

PAULETTI; MOTTA. *Manual de adubação e calagem para o Estado do Paraná*. Curitiba: SBCS/NEPAR. Acesso em: 10 nov. 2022., 2017

PERONDI, M. A. Diversificação dos meios de vida e mercantilização da agricultura familiar. 2007.

PRIMAVESI, A. M. Agroecologia: Manejo ecológico do solo. In: *AGROECOLOGIA EM PERSPECTIVA (3ª Conferência Brasileira de Agricultura Biodinâmica)*, Piracicaba – SP. Anais eletrônicos [...]. Piracicaba: USP, 1998. Disponível em: Acesso em: 09 nov. 2021.

PRIMAVESI, A. *Manejo ecológico do solo*. São Paulo: Nobel, 2002. 525p.

- RAIJ, B.V; ZULLO, M.A.T. Métodos de análise de solo. Campinas: Instituto Agronômico, (Circular, 63),1977. 16 p
- Ribaski J; Montoya J.L; Rodigheri R.H. Sistemas Agroflorestais: aspectos ambientais e socioeconômicos. Embrapa Florestas, v. 22, n. 212, p. 61-67, set./out. 2001.
- SALGADO, Bruno Grandi et al. Avaliação da fertilidade dos solos de sistemas agroflorestais com cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em Lavras-MG. **Revista Árvore**, v. 30, p. 343-349, 2006.
- SANCHEZ, P.A. Science in agroforestry. *Agroforestry Systems*, v.30, p.5-55, 1995.
- SOUTO, P.C.; SOUTO, J.S.; MIRANDA, J.R.P.; SANTOS, R.V.; ALVES, A.R. Comunidade microbiana e mesofauna edáficas em solo sob caatinga no semiárido da Paraíba. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 32, n. 1, p. 151- 160, 2008.
- STEENBOCK, W. et al. *Agrofloresta, ecologia e sociedade*. Curitiba: Kairós, 2013. 422 p.
- Toma RS, Cooper M, Tavares MF, Carvalho CCD. Teato, A.C. Evolução temporal do comportamento físico-hídrico do solo de um sistema agroflorestal no Vale do Ribeira–SP. *Scientia Forestalis*, v. 41, n. 98, p. 237-248, 2013.
- TORMENA, C.A. et al. Propriedades físicas e taxa de estratificação de carbono orgânico num Latossolo Vermelho após dez anos sob dois sistemas de manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.28, n. 6, p.1023-1031, 2004
- TÓTOLA, M. R.; CHAER, G. M. Microorganismos e processos microbiológicos como indicadores da qualidade dos solos. In: VENEGAS, V. H. A. et al. (Eds.). *Tópicos em Ciência do Solo*. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v. 2. p. 195-276, 2002.
- VIEIRA, D. L. M.; HOLL, K. D.; PENEIREIRO, F. M. Agrosuccessional restoration as a strategy to facilitate tropical forest recovery. *Restoration Ecology*, v. 17, n. 4, p. 451-459, 2009.