

TRANSFORMAÇÕES DE UM SOLO URBANO A PARTIR DA IMPLANTAÇÃO DE UMA AGROFLORESTA

Maria Filomena Souza DIAS

Jéssica Rafaela COSTA

Rodrigo Ferreira SANTOS

Marcos Roberto PINHEIRO

RESUMO

Este estudo se propôs a identificar e compreender as transformações ocorridas num solo urbano a partir da implantação de uma agrofloresta no campus Butantã da Universidade de São Paulo. Para tanto, foram realizados trabalhos de campo com abertura de trincheiras numa área de gramado e outra de SAF (Sistema Agroflorestal), vizinhas, sob as mesmas condições geomorfológicas e pedológicas. Os perfis de solo foram descritos morfológicamente e amostras foram coletadas para análises físicas e químicas em laboratório. Foram analisados e comparados os atributos morfológicos cor, textura, estrutura, consistência molhada, transição entre horizontes, profundidade, raízes e pedofauna, assim como granulometria, densidade, estabilidade de agregado e pH H₂O, pH CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹, MO, P, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Al³⁺, H+Al, SB, CTC, V% e m%. Os resultados mostraram que o solo da agrofloresta apresenta cor mais brunada que o do gramado, sugerindo maior quantidade de MO naquela área. Além disso, o solo da agrofloresta tem maior grau de desenvolvimento da estrutura, característica esta observada em campo e confirmada pelos ensaios de estabilidade de agregado realizados em laboratório. Destaca-se, ainda, a maior quantidade e profundidade de alcance de raízes no solo da agrofloresta, ausência de formigas e cupins, muito comuns no gramado, e presença de minhocas e besouros. Verificou-se também diminuição significativa da densidade do solo no SAF. Com relação aos atributos químicos, observou-se uma ligeira diminuição da acidez do solo da agrofloresta e um aumento substancial da quantidade de MO, P, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, bem como da SB, CTC e V%. Em contrapartida, Al³⁺, H+Al e m% diminuíram. Nesse contexto, conclui-se que ocorreram modificações no solo em todas as variáveis analisadas, o que sugere uma recuperação das funções do solo a partir da implantação da agrofloresta, no período de 1 ano e 4 meses. Assim, pode-se dizer que as mudanças encontradas no solo ocorreram num tempo muito curto, sobretudo se forem consideradas as condições do solo urbano analisado, cujas características naturais foram bastante modificadas pela ação antrópica.

Palavras-chave: Agrofloresta; Sistema Agroflorestal; Solo urbano; Recuperação de área degradada.

ABSTRACT

TRANSFORMATIONS OF AN URBAN SOIL FROM THE IMPLANTATION OF AN AGROFOREST. This study aimed to identify and understand the possible transformations occurred in an urban soil due to the implementation of an agroforestry in the Butantã campus of the University of São Paulo. To accomplish this objective, field surveys were carried out to study the soil of a grassy area and an agroforestry zone. Both areas share similar geomorphological and pedological conditions. The soil profiles were described morphologically, and samples were collected to perform physical and

chemical analyses in the laboratory. The morphological attributes described in the field are: (i) color, (ii) texture, (iii) structure, (iv) wet consistency, (v) transition between horizons, (vi) depth, (vii) roots, and (viii) soil fauna. The following physical analyses were carried out in the laboratory: (i) grain-size, (ii) density, and (iii) aggregate stability. Finally, the main chemical parameters related to soil fertility were surveyed: pH H₂O, pH CaCl₂ 0.01 mol L⁻¹, O.M., P, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Al³⁺, H+Al, SB, CTC, V%, and m%. The results showed that the color of the surface horizon of the agroforestry area is browner than the analogous horizon of the grass area. In addition, an increase in the grade of the structure was identified in the soil of the agroforestry. The soil of this area also presents higher density of roots, which reach deeper horizons with respect to the grass area; ants and termites are absent (in contrast, they are very common in the grass area), but the presence of earthworms and beetles is common. The levels of soil density and acidity are smaller in the soil of the agroforestry. On the other hand, the O.M., P, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ content and the SB, CTC, V% levels increased; only Al³⁺, H+Al, and m% decreased. Thus, we conclude that the identified soil changes in the agroforestry area suggest a recovery of soil and its functions faster than expected (1 year and 4 months), even in an urban soil whose natural conditions were deeply modified by anthropic actions.

Keywords: Agroforestry; Agroforestry Systems; Urban Soil; Rehabilitation of degraded areas.

1 INTRODUÇÃO

Com a “Revolução Verde”, um conjunto de mudanças tecnológicas e de práticas agrícolas que se desenvolveu, principalmente a partir da década de 1960, tornou o cultivo em monocultura a prática agrícola mais comum e incentivada (OCTAVIANO 2010). Dentre as modificações que o campo experimentou, destaca-se a utilização de sementes geneticamente modificadas; práticas de cultivo nas quais o solo permanece descoberto entre as plantas e entre os períodos de cultivo; irrigação intensiva por meio de pivô central ou outras técnicas; emprego de maquinários agrícolas pesados para otimizar o tempo e a capacidade de produção; utilização intensiva de insumos químicos, como fertilizantes, inseticidas e herbicidas.

Consistindo no cultivo de apenas uma espécie vegetal em larga escala, a monocultura tem vários impactos negativos. Socialmente, leva à exclusão de pequenos agricultores, que não conseguem adquirir o pacote tecnológico proposto, concentrando a propriedade da terra nas mãos de poucos, o que contribui para o aumento da pobreza e do desemprego nas áreas rurais (OCTAVIANO 2010). Ambientalmente, a monocultura é uma das grandes responsáveis pela degradação do solo, erosão, perda de biodiversidade, contaminação das águas subterrâneas e rios, e alterações climáticas (MALTEZ *et al.* 2016).

Atualmente, quase 40% do solo mundial é usado para agricultura nesse modelo (MARIZ 2019). Nesse contexto, NAÇÕES UNIDAS (2021, p. 1) afirmam que:

(...) 33% do solo em nível global está moderada ou altamente degradado e a erosão arrasta entre 20 e 37 bilhões de toneladas da camada superior deste recurso anualmente. Esta situação reduz o rendimento das lavouras e a capacidade do solo de armazenar e reciclar carbono, nutrientes e água, com as perdas somente na produção de cereais estimadas em 7,6 milhões de toneladas.

Uma alternativa à monocultura é a agrofloresta ou sistema agroflorestal (SAF), definido como um sistema agrícola policultural que combina produção agrícola com o desenvolvimento de florestas em um sistema integrado (EMBRAPA 2023). Destaca-se, contudo, que a definição de agroflorestas pode ser mais complexa, tal como exposto por SINCLAIR (1999), que usa a expressão *práticas agroflorestais* em vez de *sistemas agroflorestais* como uma unidade de classificação. Num outro estágio da definição de agrofloresta, o autor propõe a distinção entre a análise interdisciplinar do uso da terra e o conjunto de práticas integradas de uso da terra.

Utilizando-se de recursos locais para a cobertura do solo, a ocupação de todos os estratos com grande diversidade de espécies e a dinâmica

da sucessão ecológica natural, a agrofloresta “busca produzir alimentos e outras matérias-primas a partir de um tipo de sistema de produção que se assemelha a uma floresta biodiversa em estrutura e função” (PENEIREIRO 2003, p. 3). Segundo YOUNG (1997), os sistemas agroflorestais em solos tropicais possuem capacidade de diminuir de seis a trinta vezes a erosão quando comparada aos monocultivos.

Assim, o SAF apresenta vantagens em relação à monocultura, como restabelecimento da ciclagem de nutrientes, atração de fauna, fixação de carbono, aumento da biodiversidade, regulação do clima, aumento da qualidade do ar e água, retenção de água no solo, proteção da camada superficial deste, manutenção da fertilidade e até recuperação de solos degradados (MORAES & CAVICHIOLLI 2022).

Além disso, os sistemas agroflorestais contribuem para a resiliência, segurança alimentar e economia local ao oferecer diversidade de alimentos em todas as épocas do ano. Permite, ainda, a manutenção de pequenos agricultores no campo, bem como de seu modo de vida, contribuindo para a diversidade econômica e cultural das regiões rurais, além de, como demonstrado por BOMBARDI (2011, 2019), proteger a saúde dos agricultores e da população em geral por não fazer uso de agrotóxicos.

Atualmente, há inúmeras iniciativas de implantação de agroflorestras, inclusive nas grandes cidades, como São Paulo (e.g. SAIS & OLIVEIRA 2018), muitas vezes em solos degradados ou modificados. Contudo, dentro de uma projeção de aumento de habitantes nas cidades, de 55% para 68% da população mundial (UNITED NATIONS 2019), e de 84% para 92% da população brasileira em 2050, segundo IBGE (2012), é notável a escassez de estudos sobre os solos urbanos (FURQUIM & ALMEIDA 2022). Estudá-los importa para verificar a compatibilidade de uso com suas características, como bem ponderou e propôs Fabrício Pedron em seu Sistema Potencial de Uso do Solo Urbano (PEDRON 2005, PEDRON *et al.* 2006).

De forma geral, solos de áreas urbanas tendem a ser altamente modificados pelas atividades humanas, como em cortes, aterros, construção de edifícios, áreas com pavimentação e outras infraestruturas (MEUSER 2010, MOREL *et al.* 2017), estando mais suscetíveis a erosão, compactação, perda de nutrientes e degradação da biodiversidade. Assim, se fazem importantes também pesquisas de formas de reabilitá-los ou remediá-los, para

que seus serviços ecossistêmicos sejam mais bem aproveitados, trazendo mais qualidade de vida para humanos e animais, ajudando a mitigar problemas tipicamente urbanos, como as inundações.

No contexto acima citado e considerando que as agroflorestras têm se mostrado eficazes na reabilitação e conservação do solo, o objetivo deste trabalho foi identificar e compreender quais são as possíveis transformações ocorridas num solo urbano a partir da implantação de uma agroflorestra.

2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo está situada no campus do Butantã da Universidade de São Paulo – USP (Figura 1). De acordo com COUTINHO (1980) e PERROTA *et al.* (2005), o campus está na transição do embasamento cristalino (Pré-Cambriano) para a Bacia Sedimentar de São Paulo (Paleógeno). Nesta região, o embasamento é constituído principalmente de migmatitos, granito-gnaisses e eventuais gnaisses milonitizados (COUTINHO 1980), materiais sobre os quais foram esculpidos morros com topos convexos. Os materiais da bacia são especialmente argilas, areias e seixos da Formação São Paulo (RICCOMINI *et al.* 2004), sedimentos estes sobre os quais foram esculpidas colinas baixas, ocupando área muito restrita junto ao Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT) e ao Instituto de Energia e Ambiente (IEE). Os terrenos mais baixos do campus integram a planície fluvial do Rio Pinheiros, hoje ocupada pelo Centro de Práticas Esportivas (CEPE), Raia Olímpica, IPT, Instituto de Psicologia (IP), Praça do Relógio, parte do Conjunto Residencial da USP (CRUSP), Faculdade de Educação (FE), Escola de Educação Física e Esporte (EEFE) e Escola Politécnica (EP). Nesses locais, dominam depósitos fluviais arenosos e com seixos, além de turfas, materiais decorrentes da sedimentação quaternária do Pinheiros (SUGUIO 1971, LUZ & RODRIGUES 2013).

Os levantamentos de solos mais atuais que abrangem a cidade de São Paulo (OLIVEIRA *et al.* 1999, ROSSI 2017) consideram a região do campus como área urbanizada, sem caracterização desses solos. Contudo, em levantamentos exploratórios por nós realizados, observou-se que, especialmente nos morros, como na área próxima ao Arquivo Geral da USP, dominam Cambissolos de textura argilo-siltosa. Nas áreas próximas das nascentes e cursos d’água, como o Iquiririm, formam-

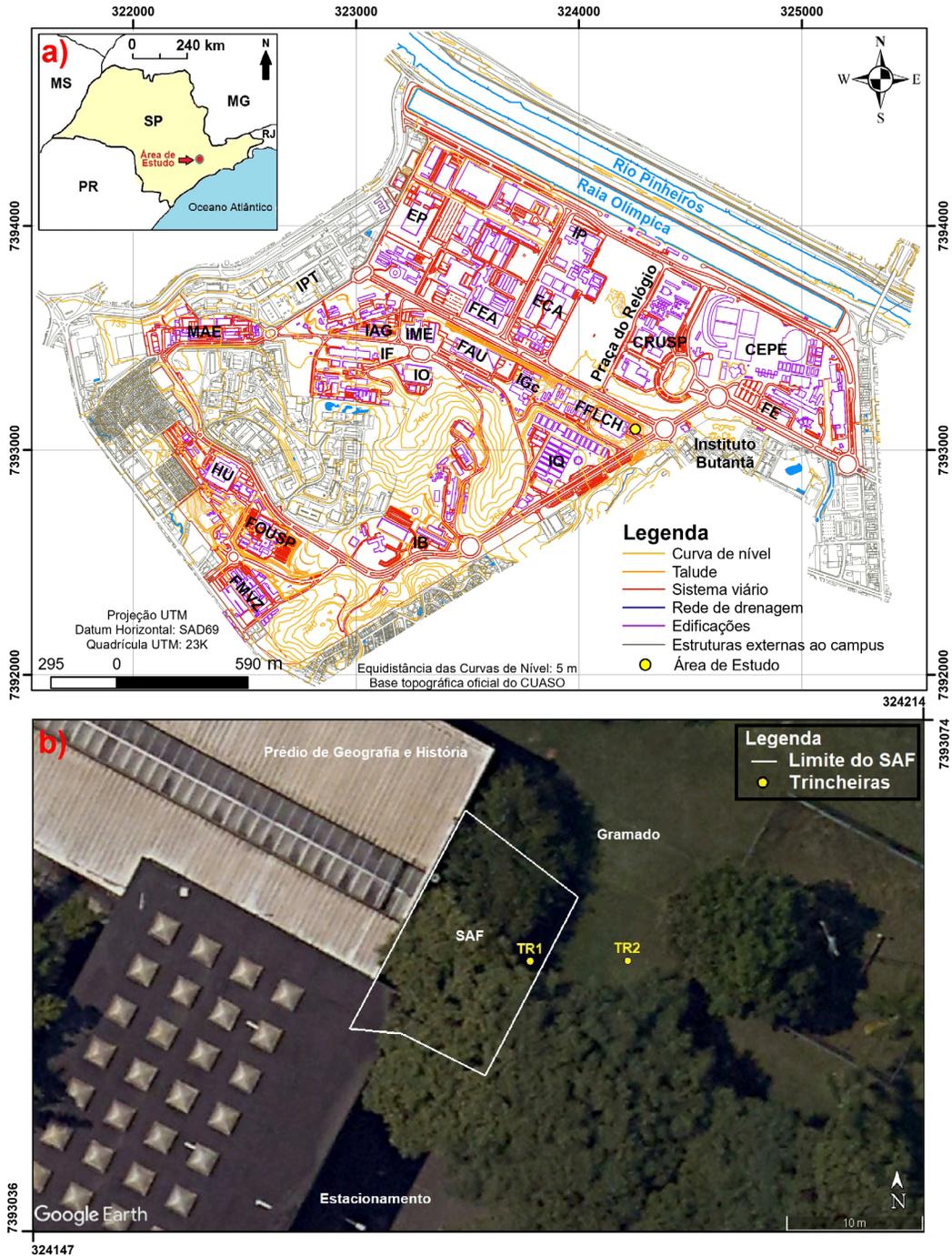


FIGURA 1 – (a) Localização da área de estudo. (b) Localização das trincheiras.

-se eventuais Gleissolos (PICHLER 2017). Outros solos hidromórficos, de forma geral, são comuns na região que integra a antiga planície do Pinheiros, mas atualmente estão sob aterros.

No que se refere aos aspectos climáticos gerais, destaca-se que, de acordo com SETZER (1966), o campus está em região de clima quente

(Cwa), com temperaturas médias dos meses mais quente e mais frio acima de 22° e abaixo de 18°, respectivamente. A precipitação média anual é de 1.356 mm (CLIMATE-DATA 2023), chovendo aproximadamente 42 mm no mês mais seco (agosto) e aproximadamente 224 mm no mês mais úmido (janeiro).

Sob essas condições naturais, foi construído o prédio de Geografia e História (Figuras 1 e 2), no terço médio de um morro esculpido sobre provável granito-gnaise. Para a instalação desta edificação, inaugurada em 1966, foi realizado um grande corte no antigo morro e mobilizado grande volume de solo, como se pode observar na figura 2, que retrata o período de construção do prédio.

Na área deste estudo, indicada na figura 1b, provavelmente foi realizado um grande movimento de terra para a formação de taludes planos. Sobre parte destes foi plantado um gramado (Figura 3), conservado até hoje pela prefeitura do campus. Esse gramado é aparado periodicamente, cerca de 4 vezes ao ano, sendo a cobertura morta removida dias depois do corte. Nenhum tipo de insumo



FIGURA 2 – Construção do prédio de Geografia e História, em 1964. Autoria: desconhecida. Fonte: CCS, Jornal da USP.



FIGURA 3 – Talude sobre o qual foi implantado o gramado. Ao fundo, o SAF alvo deste estudo. TR1 e TR2 correspondem à localização das trincheiras escavadas no SAF e no gramado, respectivamente. Autor: M. R. Pinheiro. Data: Janeiro de 2023.

ou solo novo é adicionado à cobertura pedológica dessa área.

O manejo da área hoje constituída como sistema agroflorestal (Figuras 3, 4 e 5) começou no final de 2018, por iniciativa do geógrafo Rodrigo Ferreira Santos (Laboratório de Pedologia – DG – FFLCH – USP), com um pequeno plantio de taioba no gramado, embaixo de uma amoreira pré-existente, cuja copa permitia maior entrada de luz que atualmente, em virtude do crescimento do indivíduo. No mesmo período, foram introduzidos batata-doce, inhame, araruta, cana-do-brejo, pitanga, juçara, e amendoim, bem como adicionou-se periodicamente uma pequena quantidade de vermicomposto doméstico. Este composto orgânico é produzido pela ação de minhocas da espécie vermelha da Califórnia (*Eisenia fetida*) criadas em caixas composteiras domésticas, que resulta na degradação de resíduos de alimentos, legumes, verduras, frutas, cascas de ovo, borra de café, misturados com serragem e eventualmente palha de capim da própria área para controle de acidez e umidade.

No fim de 2019, foram introduzidas manivas de mandioca. Em seguida, a área ficou intocada durante todo ano de 2020, em virtude da pandemia de Covid-19, o que permitiu a circulação de teiús e gambás no SAF, além de um exuberante crescimento de capim entre as plantas.

Com a permissão de retomada das atividades presenciais, em outubro de 2021, a prefeitura do campus aparou o gramado com roçadeira. Isso expôs um ambiente sombreado fora do SAF, no qual

se formou uma camada ligeiramente mais escura e friável na superfície do solo. Desde então, neste local foram plantadas diferentes espécies, que possuem características morfológicas, como raiz e tamanho, distintas. Dentre a cobertura vegetal plantada, destacam-se milho, feijão, mandioca, margaridão, feijão guandú, araruta, gengibre, açafrão, chuchu, maracujá, ingá, cará, abacaxi, abacate, melissa, fumo bravo, cana do brejo, boldo e batata inglesa. Além disso, a área recebeu a adição de composto orgânico a cada 20 dias, além de grama recém-cortada, sempre que o gramado do entorno era roçado.

A amoreira teve seus galhos podados para permitir um trabalho de topografia do campus em dezembro de 2021, diminuindo a área sombreada no SAF. Isso possibilitou a ampliação das bordas dos canteiros, que receberam pitanga, jabuticaba, goiaba, batata doce, juçara, chuchu, banana, feijão de porco, mamão, tomate, physalis, hortelã e inhame. O feijão guandú foi colhido em outubro de 2022 e nesse momento foi feita uma poda em praticamente todas as plantas do talhão. A área segue com manejo de baixíssima intensidade desde então, consistindo apenas na retirada esporádica manual do capim.

É importante registrar que todos os plantios foram feitos em linha, seguindo as curvas de nível e na ponta do facão, ou seja, sem o revolvimento do solo, que foi mantido coberto por grama cortada sempre que esta estava disponível.



FIGURA 4 – Detalhe do SAF e linhas de plantio.

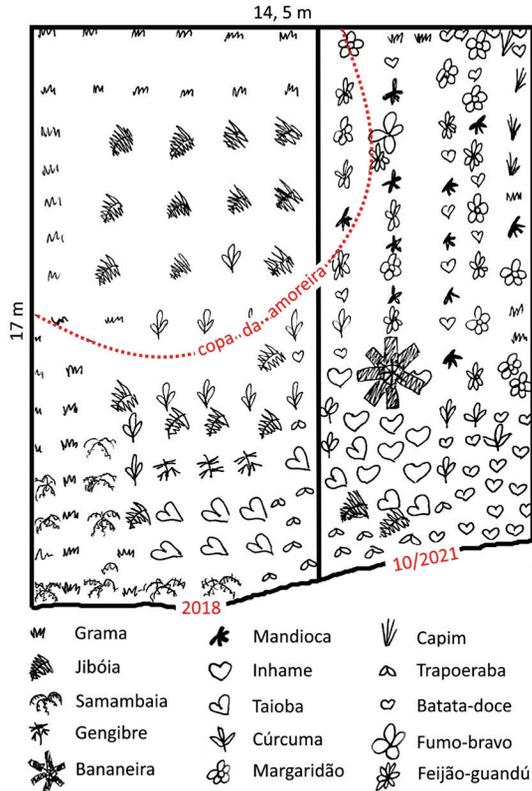


FIGURA 5 – Croqui do SAF, cuja área atual é de 209 m², mostrando os limites (linha preta) da área em diferentes períodos, bem como a distribuição das principais espécies introduzidas. A linha vermelha tracejada marca o limite da copa da amoreira.

3 PROCEDIMENTOS TÉCNICO-OPERACIONAIS

Para identificar e compreender as transformações ocorridas num solo urbano a partir da implantação de uma agrofloresta, foram escolhidas duas áreas sobre o mesmo talude, uma no gramado [324.195 m E / 7393052 m S - Zona UTM 23] e outra no SAF [324.188 m E / 7393052 m S - Zona UTM 23] (Figuras 1b e 3), descrito no item anterior. As áreas são contíguas e foram pré-definidas após levantamento bibliográfico e cartográfico, além da fundamental visita ao local e entrevista com o responsável pela implantação do SAF. Considerou-se, ainda, o elevado grau de semelhança das características geomorfológicas e pedológicas das duas áreas, o que é fundamental para a comparação entre os solos dos dois pontos.

Em campo, foram abertas duas trincheiras que mediam cerca de 80 cm de lado e 60 cm de

profundidade, uma no SAF e outra no gramado. A partir disso, foi realizada a descrição morfológica do solo. Conforme SANTOS *et al.* (2015), foram descritos os seguintes atributos morfológicos: cor (úmida), textura, estrutura (forma, tamanho e grau de desenvolvimento), plasticidade e pegajosidade (consistência molhada), profundidade, espessura e transições dos horizontes, presença de raízes e pedofauna.

Em cada horizonte foram recolhidas amostras para as análises físicas e químicas em laboratório, além de amostras indeformadas para determinação da densidade, importante indicadora de compactação do solo, e estabilidade de agregados. As análises físicas foram realizadas no Laboratório de Pedologia do Departamento de Geografia (LABOPED/FFLCH-USP), e buscaram determinar: a granulometria (margem de erro máxima dos ensaios: 2%), com peneiramento para areia e pipetagem para silte e argila, conforme CAMARGO *et al.* (2009) e a marcha analítica do referido laboratório; a densidade foi determinada pela técnica dos anéis volumétricos, em duplicata, de acordo com EMBRAPA (2017), enquanto a estabilidade dos agregados foi feita por tamisamento úmido, seguindo a proposta de GROHMANN (1960). Este último ensaio não foi realizado em duplicata porque não havia amostra suficiente para realizar as duplicatas.

As análises químicas foram feitas no Laboratório de Solos da ESALQ/USP, que determinou as seguintes informações: pH H₂O, pH CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹, MO, P, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Al³⁺, H+Al e os cálculos SB, CTC, V% e m %. A partir dos dados físico-químicos, foram avaliados o grau de acidez e fertilidade do solo, de acordo com os parâmetros definidos por SOBRAL *et al.* (2015). Esses ensaios foram feitos em amostragem simples, sem duplicatas ou triplicatas.

Os perfis de solos foram ainda classificados de acordo com a proposta para os Antropossolos (CURCIO *et al.* 2004) e pela World Reference Base (IUSS WORKING GROUP WRB 2022), sistema internacional que contempla solos profundamente modificados pela ação humana.

4 RESULTADOS

4.1 Descrição morfológica dos solos

Para distinção das trincheiras e facilidade da leitura dos resultados, adotou-se as siglas TR1 para referir-se à trincheira da agrofloresta e TR2 para

a trincheira do gramado. Da mesma forma, foram adotadas as siglas H1 para horizonte 1, H2 para horizonte 2, H3 para horizonte 3 e H4 para horizonte 4.

Conforme observado em campo (Figura 6) e sintetizado nas tabelas 1 e 2, o solo de ambas as trincheiras apresenta cor mais escura no horizonte superficial, bruno avermelhado escuro, clareando e apresentando variedade maior de cores dentro de uma matriz avermelhada, conforme aumenta a profundidade. A exceção fica para um delgado horizonte de 4 cm de espessura, horizonte 2, de cor vermelho escuro, na trincheira do gramado.

Assim como na cor, observa-se uma repetição do comportamento da textura, que vai de argila-siltosa, passando para argila, franco argilo-siltosa até franco-siltoso, conforme aumenta a profundidade dos horizontes da TR1 e TR2, com exceção do delgado horizonte H2 da TR2, cuja textura é argila pesada.

Com relação à estrutura, verifica-se que o primeiro horizonte da TR1 e os dois primeiros da TR2 apresentam blocos subangulares e muitos grânulos arredondados de tamanho médio. O grau de desenvolvimento dos agregados de H1 é moderado

(a estrutura do H1 em TR2 aparenta ser ligeiramente menos desenvolvida que a do horizonte análogo em TR1, à medida que os blocos se desmontam em grânulos em TR2 – ver figura 7), enquanto o de H2 da TR2 é fraco. H2, H3 e H4 da TR1 não possuem estrutura pedogenética, assim como H3 e H4 da TR2. A consistência molhada de todos os horizontes de ambas as trincheiras se apresentou pegajosa e plástica, assim como as transições, todas planas, variando apenas entre claras e difusas.

Com relação à presença de raízes e pedofauna, nota-se maiores diferenças entre as trincheiras. Raízes finas mantiveram-se presentes até os 18 cm de profundidade, limite inferior do H2 do solo do gramado, a partir do qual ficaram raras, dando lugar a raízes grossas que penetram nos horizontes subjacentes. Por sua vez, a pedofauna é composta por formigas, cupins e minhocas no H1 da TR2. Já no H2, apenas cupins se faziam presentes, porém em maior quantidade que no H1. Os horizontes abaixo contavam apenas com muitos fragmentos de rocha pouco alterada.

No solo da agrofloresta (TR1), as raízes apresentaram-se menos concentradas na camada super-

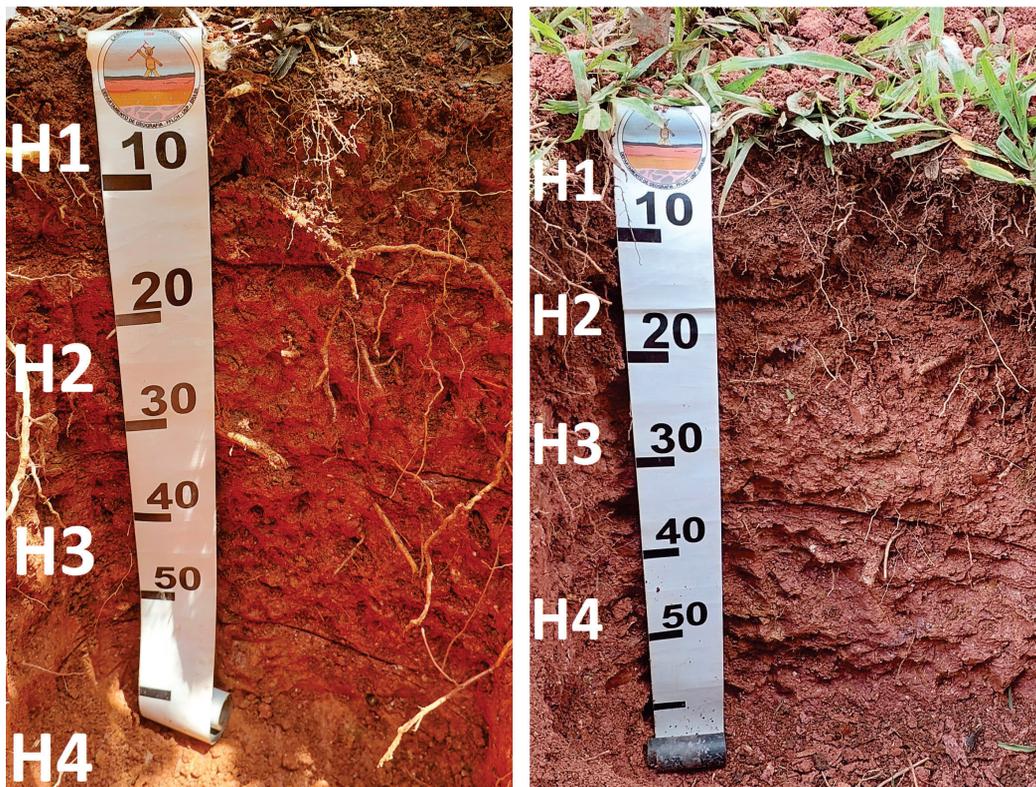


FIGURA 6 – Trincheira 1 (à esquerda) e Trincheira 2 (à direita), que mostram os perfis de solo no SAF e no gramado, respectivamente. Autor: M. R. Pinheiro. Data: Janeiro de 2023.

TABELA 1 – Descrição morfológica do solo – Trincheira 1.

Tipo de Uso: Agrofloresta
Declividade: 5° Posição no relevo: topo de talude

Horizonte	Prof. (cm)	Cor (úmida)	Textura	Estrutura			Consistência molhada	Transição	Raízes	Observações
				Forma	Tamanho	Grau				
H1	0 a 12	5 YR 3/4	Argila Siltosa	Blocos subangulares, muitos grânulos arredondados	Médios	Moderado	Pegajosa e plástica	Plana, clara	Predomínio de raízes finas frequentes, raízes grossas raras	Presença de 2 minhocas e 2 besouros. Acumulação de mat. org. em bioporos, onde se formam pequenos grumos escurecidos
H2	12 a 29	10R 4/8: matriz; 10YR 6/8: volumes ≤ 1 mm (5%)	Argila	Sem estrutura pedogenética			Pegajosa e plástica	Plana, difusa	Raízes finas raras. 1 raiz grossa	Presença de 1 minhoca. 2 bioporos de até 2 mm
H3	29 a 51	Variiegada: 10R 4/8: 70%; 5R 4/4: 25%; 10YR 9.5/2 5%	Franco argilo siltosa	Sem estrutura pedogenética			Pegajosa e plástica	Plana, difusa	Raízes finas raras. 1 raiz grossa	Muitos fragmentos de rocha pouco alterada. 1 bioporo de até 2 mm
H4	51 a 60	Variiegada: 2.5YR 4/8: 60%; 10YR 5/8: 30%; 10YR 6/6: 10%	Franco Siltoso	Sem estrutura pedogenética			Pegajosa e plástica	Plana, difusa	Raízes finas raras. 1 raiz grossa	Muitos fragmentos de rocha pouco alterada. 1 seixo angular

TABELA 2 – Descrição morfológica do solo – Trincheira 2.

Tipo de Uso: Gramado
Declividade: 5° Posição no relevo: topo de talude

Horizonte	Prof. (cm)	Cor (úmida)	Textura	Estrutura			Consistência molhada	Transição	Raízes	Observações
				Forma	Tamanho	Grau				
H1	0 a 14	5 YR 3/4	Argila siltosa	Blocos subangulares, muitos grânulos arredondados	Médios	Moderado	Pegajosa e plástica	Plana, difusa	Predomínio de raízes finas frequentes, raízes grossas raras	Presença de 6 minhocas, 1 besouro, muitos cupins, muitas formigas no entorno. Acumulação de mat. org. em grumos escurecidos.
H2	14 a 18	2.5YR 3/6	Argila pesada	Blocos subangulares, muitos grânulos arredondados	Médios	Fraço	Pegajosa e plástica	Plana, clara	Predomínio de raízes finas frequentes	Presença de muitos cupins
H3	18 a 35	10R 4/8	Franco argilo siltoso	Sem estrutura pedogenética			Pegajosa e plástica	Plana, difusa	Raízes finas raras. 3 raízes grossas, sendo 1 maior que 1 cm diâmetro	Muitos fragmentos de rocha pouco alterada
H4	35 a 60	Variiegada: 10R 4/8: 70%; 7.5YR 4/6: 25%; 5R 2.5/4: 5%	Franco siltoso	Sem estrutura pedogenética			Pegajosa e plástica	Plana, difusa	Raízes finas raras. 2 raízes grossas, sendo 1 maior que 1 cm diâmetro	Muitos fragmentos de rocha pouco alterada

ficial do solo. Finas e frequentes no H1, gradativamente mais raras até o H4, com uma raiz grossa atravessando os horizontes 2, 3 e 4. Assim como na TR2, foram encontradas minhocas e besouros, porém em menor quantidade - nenhuma formiga ou cupim. Verificou-se, ainda, bioporos de até 2 mm

nos horizontes 2 e 3. Assim como na TR2, H3 e H4 apresentaram muitos fragmentos de rocha pouco alterada. Em suma, em TR1 a pedofauna está restrita a minhocas e besouros, enquanto que em TR2 ocorrem também formigas e cupins, que são predominantes.

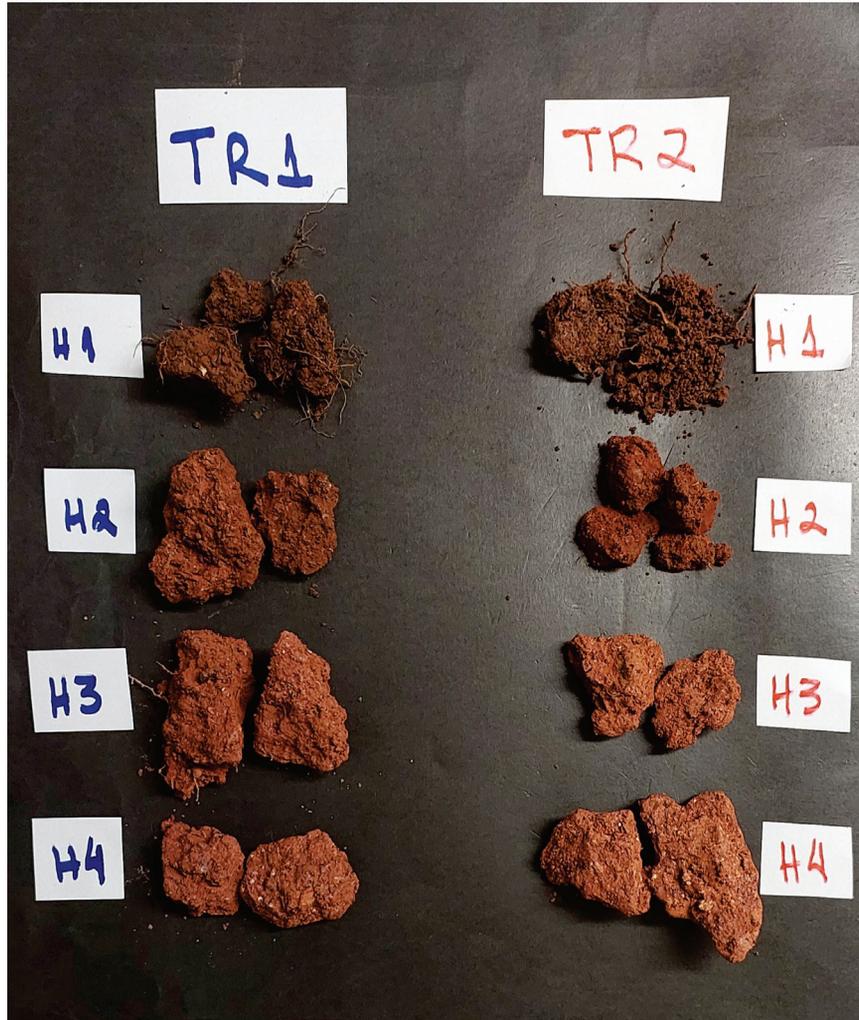


FIGURA 7 – Variação de cor e estrutura nos horizontes das duas trincheiras. Observe a diferença na estruturação de H1 nos dois perfis de solo.

4.2 Análise física dos solos

4.2.1 Análise granulométrica

Como apresentado na tabela 3, no H1 da TR1, os valores de silte e argila são elevados, acima de 30%, com a proporção de argila atingindo 41,76%. Esta aumenta substancialmente para 51,19% em H2, diminuindo em H3 e H4, onde os valores de silte atingem 42,27% e 53,14%, respectivamente. Os valores de areia são menores, não ultrapassando 27,39%, e pouco variam entre os horizontes.

Já na TR2 (Tabela 3), o percentual da fração argila é maior nos dois primeiros horizontes, de 46,42 e 62,44% em H1 e H2, respec-

tivamente, decrescendo para 39,17% em H3 e 18,17% em H4. De forma inversa, os valores de silte são baixos em H1 (25,70%) e H2 (12,15%), mas aumentam muito em H3 (39,72%) e H4 (59,83%). Com relação ao percentual de areia, os valores são baixos em todos os horizontes e variam pouco ao longo do perfil de solo, não ultrapassando 27,88%. Esses resultados granulométricos confirmam as observações feitas em campo.

4.2.2 Densidade do solo

Em termos de densidade (Tabela 4), houve um aumento considerável desta variável em função do aumento da profundidade em ambas as trinchei-

ras, de 0,78 para 1,46 g.cm³ em TR1, e de 0,94 a 1,37 g.cm³ em TR2, com valores semelhantes nas duas áreas a partir de H2. No entanto, nota-se que o valor de densidade do H1 da TR1, 0,78 g.cm³, é menor que o do H1 da TR2, 0,94 g.cm³. O H2 da TR2, que é apenas um delgado horizonte de transição, não foi considerado nesta análise por não ter espessura suficiente para amostragem com anel volumétrico. Em termos de características morfológicas, o H2 da TR1 assemelha-se o suficiente do H3 da TR2 para os considerarmos equivalentes ou análogos.

4.2.3 Estabilidade de agregado

A estabilidade de agregado foi avaliada apenas nos horizontes 1 e 2 dos dois perfis, uma vez

que os horizontes subjacentes não apresentam desenvolvimento de estrutura. Os resultados do tamisamento úmido (Tabela 5) revelaram maior estabilidade de agregados nos H1 de ambas as trincheiras, com maior estabilidade no H1 da TR1, cerca de 3,26, enquanto que o seu análogo em TR2 tem DMP de 3,21.

Já nos horizontes subsuperficiais, observou-se uma mudança importante: como mencionado no item da densidade, H2 da TR1 assemelha-se morfologicamente ao H3 da TR2, sugerindo que são equivalentes. Contudo, o H2 da TR1 apresenta formação de agregados, o que ainda não ocorre no H3 da TR2, não se permitindo realizar os ensaios de estabilidade de agregado.

TABELA 3 – Análise granulométrica (%) das trincheiras 1 e 2.

Trincheira	Amostra	Prof. (cm)	Areia					Silte	Argila	
			AMF	AF	AM	AG	AMG			TOTAL
TR1	H1	0 - 12	9,31	7,84	6,32	3,26	0,66	27,39	30,86	41,76
	H2	12 - 29	7,41	7,23	6,04	4,20	0,99	25,87	22,93	51,19
	H3	29 - 51	10,56	7,19	3,51	1,12	0,37	22,77	42,27	34,97
	H4	51 - 60	12,24	8,11	3,25	1,31	0,28	25,19	53,14	21,68
TR2	H1	0 - 14	6,65	9,12	5,91	4,42	1,79	27,88	25,70	46,42
	H2	14 - 18	6,37	7,33	6,04	3,97	1,69	25,41	12,15	62,44
	H3	18 - 35	8,98	6,60	2,78	1,87	0,89	21,11	39,72	39,17
	H4	35 - 60	12,26	6,48	2,17	0,81	0,28	22,00	59,83	18,17

Prof.: profundidade (cm); AMF: Areia muito fina; AF: Areia fina; AM: Areia média; AG: Areia grossa; AMG: Areia muito grossa.

TABELA 4 – Densidade do solo nas trincheiras 1 e 2.

Trincheira	Horizonte	Profundidade (cm)	Densidade (g/cm ³)
TR1	H1	0 - 12	0,78
	H2	12 - 29	1,27
	H3	29 - 51	1,23
	H4	51 - 60	1,46
TR2	H1	0 - 14	0,94
	H3	18 - 35	1,26
	H4	35 - 60	1,37

TABELA 5 – Estabilidade de agregado dos horizontes 1 e 2 dos perfis de solo.

Trincheira	Profundidade (cm)	Amostra	DMP
TR1	0 - 12	H1	3,26
	12 - 29	H2	3,10
TR2	0 - 14	H1	3,21
	14 - 18	H2	3,14

4.3 Análise química e físico-química dos solos

De acordo com Guia Prático para Interpretação de Resultados de Análises de Solo (SOBRAL *et al.* 2015), pode-se dizer que, de forma geral, os solos estudados apresentam baixa fertilidade (Tabela 6). Apesar disso, verificou-se que MO, P, Ca²⁺, Mg²⁺ e K⁺ são mais elevados na TR1, ainda mais expressivamente no H1, embora não tenha acarretado na mudança das classes definidas pelo guia. Nesse contexto, houve aumento significativo na CTC, que passou de 13,4 cmolc.dm³ em H1 da TR2 (CTC média) para 15,4 cmolc.dm³ em H1 da TR1 (CTC alta). Nos horizontes subjacentes de ambos os perfis, a CTC decresce muito, não ultrapassando 6,4 cmolc.dm³ (TR1 – H2).

Inversamente, os valores de Al³⁺, H+Al e m% são mais baixos em todos os horizontes do perfil 1, do SAF (Tabela 6), acompanhando a maior concentração de bases trocáveis e o pH ligeiramente menos ácido, tanto em H₂O como em CaCl₂, sempre ≥ a 5,72 e 4,8, respectivamente. Em TR2, a concentração de alumínio no complexo de troca é muito maior, chegando a 29% em H3, contra 0 no horizonte 3 de TR1, e os valores de pH são mais ácidos, variando entre 5,26 e 5,61 (H₂O) e 4,36 a 4,98 (CaCl₂).

Considerando as características morfológicas e as análises de laboratório, TR1 pode ser considerado um Antropossolo Decápítico ou Móbilico, segundo a proposta de classificação de CURCIO *et al.* (2004), ou *Thyric Technosol (Loamic, Eutric, Transportic)*, de acordo com o sistema internacional da WRB (IUSS WORKING GROUP WRB 2022). Já em relação a TR2, suas características o enquadram como um Antropossolo Decápítico ou Móbilico na classificação de CURCIO *et al.* (2004) e como *Thyric Technosol (Clayic, Dystric,*

Transportic) pela WRB (IUSS WORKING GROUP WRB 2022).

5 DISCUSSÃO

Considerando que a trincheira 1 foi aberta em janeiro de 2023, as transformações ocorridas no solo em decorrência da implantação do SAF se deram num período muito curto, cerca de 1 ano e 4 meses. Mesmo num curto espaço de tempo, os resultados apresentados mostram mudanças significativas no solo, ainda que estes possuam representação estatística limitada, uma vez que apenas duas trincheiras foram analisadas e as análises químicas tenham sido feitas sem repetições.

Os horizontes superficiais apresentam cor Bruno avermelhado escuro, sem variações significativas entre as trincheiras. Cores brunadas são classicamente atribuídas à presença da matéria orgânica no solo (LEPSCH 2021), de forma que solos com tons próximos dessa cor poderiam apresentar concentração de MO semelhantes. Contudo, os dados demonstram que, no horizonte H1 da área do SAF (TR1), há maior quantidade de matéria orgânica quando comparada à do horizonte superficial da TR2. Na TR1-H1, o teor de MO é 100,4 g.kg⁻¹ e diminui para 21,3 g.kg⁻¹ em H2, a 29 cm de profundidade, diferentemente da trincheira situada no gramado, cuja concentração de MO é de somente 78,3 g.kg⁻¹ no H1 e cai para 21,7g.kg⁻¹ a apenas 18 cm de profundidade.

O aumento da MO pode explicar, em parte, a ligeira mudança no grau de desenvolvimento da estrutura dos horizontes superficiais dos perfis de solo, considerando que, na trincheira do gramado, os blocos são mais soltos e se desfazem em grânulos. A característica observada em campo é confirmada pelos dados da estabilidade de agrega-

TABELA 6 – Dados químicos e físico-químicos dos perfis de solo 1 e 2.

Trincheira	Amostra	Unidades		g.kg ⁻¹		mg.dm ⁻³		cmolc.dm ⁻³		mg.dm ⁻³		cmolc.dm ⁻³		%											
		pH H ₂ O	pH CaCl ₂	M.O.	P	Ca	Mg	K	Al	H+Al	SB	CTC (pH 7,0)	V	m											
TR1	H1	5,92	M	5,52	M	100,4	A	3,8	B	8	A	2,2	A	114	A	<0,1	B	4,9	10,5	15,4	A	68	M	0	B
	H2	6,01	A	5,12	M	21,3	M	1	B	2,4	M	0,5	M	53	M	<0,1	B	3,4	3	6,4	M	47	B	0	B
	H3	5,72	M	4,8	B	7,4	B	0,9	B	1,6	M	0,2	B	20	B	<0,1	B	2	1,9	3,9	B	49	B	0	B
	H4	5,97	M	5,23	M	3,6	B	<0,9	B	1	B	0,1	B	13	B	<0,1	B	1,1	1,1	2,2	B	50	M	0	B
TR2	H1	5,61	M	4,98	B	78,3	A	2,3	B	5,1	A	1,3	A	100	A	<0,1	B	6,7	6,7	13,4	M	50	M	0	B
	H2	5,54	M	4,63	B	21,7	M	<0,9	B	1,2	B	0,3	B	34	M	0,3	B	4	1,6	5,6	M	29	B	16	B
	H3	5,26	M	4,36	B	10,7	B	<0,9	B	1	B	0,1	B	23	B	0,5	M	3	1,2	4,2	B	29	B	29	B
	H4	5,35	M	4,48	B	3,1	B	<0,9	B	0,9	B	<0,1	B	11	B	0,2	B	1,4	0,9	2,3	B	39	B	18	B

A – Alto; M – Médio, B – Baixo.

dos, que mostram um DMP mais elevado no H1 do SAF, cerca de 3,26, ao passo que, no gramado, o horizonte superficial tem DMP de 3,21. Esses dados estão em acordo com as ideias de SILVA *et al.* (2005), para os quais a matéria orgânica apresenta forte influência no processo de formação e estabilização da estrutura. Soma-se a isso a maior concentração de cátions polivalentes no solo do SAF, além da argila, que, como defendido por VEZZANI & MIELNICZUK (2011), também influenciam no processo de cimentação.

A estabilidade relativamente mais elevada da estrutura dos agregados do horizonte de transição (TR2-H2) da área do gramado pode ser explicada pela maior atividade biológica de cupins no local, uma vez que, tal como preconizado por MIKLÓS (1992, 2012), a ação cimentante pode ser potencializada pelas secreções salivares e metabólicas desses indivíduos da pedofauna.

Outro fator que apresentou diferença é a densidade do solo, significativamente menor nos horizontes do SAF, especialmente nos superficiais. À medida que aumenta o grau de desenvolvimento da estrutura, as raízes conseguem penetrar com mais facilidade, contribuindo para aumento da porosidade, provavelmente acompanhada de maior conexão, o que permite a infiltração e condutividade de água e gases, restabelecendo as funções no solo.

Além disso, a maior proteção física do solo pela presença das plantas e serapilheira sobre o H1 do SAF impede a ação direta da radiação solar e da chuva sobre os agregados, minimizando a erosão e lixiviação, mantendo a umidade local e reduzindo a velocidade de mineralização da matéria orgânica, como é classicamente definido em estudos de conservação de solos (e.g. WISCHMEIER & SMITH 1978, BERTONI & LOMBARDI NETO 2018).

Os resultados demonstram, ainda, que no solo da agroflorestra se criou um ambiente com condições de pH menos ácidas, que favorecem a colonização do solo por minhocas, identificadas em campo, cuja ação sobre a formação dos agregados e da porosidade é reconhecida na Ciência do Solo, tal como demonstrado por DIOGO FILHO (2017) e DIOGO FILHO & QUEIROZ NETO (2020).

Os maiores valores de fertilidade no perfil estudado no SAF podem ser explicados pela capacidade das plantas de modular a presença de minerais e nutrientes do solo abaixo e em volta de si, como demonstrado por ZINKE (1962) e observado em estudos sobre leguminosas (e.g. NASCIMENTO *et al.* 2003).

Considerando os preceitos de PRIMAVESI (1981) e CAMPOS (2015), pode-se inferir também que o aumento da MO é proveniente majoritariamente da serapilheira, dos cortes frequentes de grama, corte do capim alto, poda geral após a colheita do feijão guandú e aporte de composto orgânico. Esse argumento é reforçado pelo trabalho de OZIEGBE *et al.* (2011), que demonstram ser a serapilheira a principal via para a ciclagem de cálcio, magnésio, nitrogênio e todos micronutrientes investigados, além de salientar que a precipitação é a principal via para a ciclagem de potássio, fósforo, enxofre e traços de metais tóxicos (mercúrio e chumbo) na floresta.

Destaca-se por fim que as características morfológicas e físicas do solo, especialmente ausência de estrutura (nos horizontes subsuperficiais), elevada densidade, baixa conectividade entre os poros e nítida diferenciação entre os horizontes, indicam que ocorreu uma sobreposição de camadas em decorrência de atividades antrópicas, provavelmente em função da construção do prédio de Geografia e História. Nesse contexto, teria ocorrido movimentação de terra, supressão do horizonte superficial original e compactação desse solo, de forma artificial, provavelmente com uso de máquinas.

6 CONCLUSÃO

Os SAF permitem a criação de um ambiente no solo mais úmido e protegido da radiação solar, além de menos ácido, o que favorece a colonização do solo por minhocas, em detrimento do domínio de formigas e cupins no solo do gramado.

O solo sob o SAF apresenta menor densidade e maior estabilidade dos agregados, características importantes por indicarem aumento da porosidade e, possivelmente, permeabilidade, diminuindo a suscetibilidade do solo à erosão.

Além da diminuição da acidez do solo na agroflorestra, houve aumento na quantidade de matéria orgânica, P, Ca²⁺, Mg²⁺ e K⁺, bem como a elevação da saturação por bases e da capacidade de troca catiônica. Essas mudanças favorecem o estabelecimento de uma vegetação diversa, voltada para a produção de alimentos, quando desejável.

A implantação de uma agroflorestra serve não só como um instrumento de produção de alimentos como também um instrumento de recuperação do solo e proteção deste contra a degradação e a erosão, mesmo em ambiente urbano.

Os dados laboratoriais estão coerentes com a literatura e aquilo que foi observado em campo, o

que dá confiabilidade aos resultados deste trabalho. Contudo, considerando a ausência de repetições nos ensaios de análises químicas, que impede uma análise estatística mais apurada, entende-se que mais estudos precisem ser realizados para validar a redução da acidez do solo e o aumento de fertilidade verificado, incluindo também os índices de Nitrogênio, que não fizeram parte do escopo desta pesquisa.

7 AGRADECIMENTOS

O(A)s autores(as) são imensamente gratos pela revisão cuidadosa e pelas valiosas sugestões dos revisores. Agradecemos ainda ao editor e à revista *Derbyana*, por terem selecionado o nosso trabalho para publicação.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. 2018. *Conservação do solo*. Editora Icone, São Paulo, 8ª ed., 360 p.
- BOMBARDI, L.M. 2011. Intoxicação e morte por agrotóxicos no Brasil: a nova versão do capitalismo oligopolizado. *Boletim Data Luta*, 45: 1-21.
- BOMBARDI, L.M. 2019. *A geography of agrotoxins use in Brazil and its relations to the European Union*. FFLCH-USP, São Paulo, 267 p. <https://doi.org/10.11606/9788575063590>
- 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). https://www.iac.sp.gov.br/produtoseservicos/analisedosolo/docs/Boletim_Tecnico_106_rev_atual_2009.pdf
- CAMPOS, H.F. 2015. Solos e nutrição de plantas com foco em sistemas agroflorestais. In: C.A. Righi & M.S. Bernardes (Eds.) *Cadernos da Disciplina: Sistemas Agroflorestais*. Piracicaba, ESALQ, Série Difusão, v. 1, p. 35-49. <http://www.esalq.usp.br/biblioteca/pdf/Cadernos-da-Disciplina-SAFs-2015.pdf>
- CLIMATE DATA. 2023. *Clima São Paulo*. Disponível em <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/sao-paulo/sao-paulo-655/>. Acessado em 02 fev. 2023.
- COUTINHO, J.M.V. 1980. *Carta geológica da Região Metropolitana da Grande São Paulo, 1:100.000*. EMLASA, São Paulo, 2 mapas.
- CURCIO, G.R.; LIMA, V.C.; GIAROLA, N.F.B. 2004. *Antropossolos: proposta de ordem (1ª aproximação)*. Colombo: Embrapa, 49 p. (Documentos, 101).
- DIOGO FILHO, G.J. 2017. *A atividade de minhocas e sua influência nos solos de uma vertente do Planalto Atlântico Paulista sob florestas primárias*. Departamento de Geografia, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, Dissertação de Mestrado, 116 p. <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8135/tde-13042017-090737/pt-br.php>
- DIOGO FILHO, G.J.; QUEIROZ NETO, J.P. 2020. Biogenic structures in soils under a primary Atlantic Rain Forest in SE-Brazil. *Revista do Departamento de Geografia*, 40: 26-39. <https://doi.org/10.11606/rdg.v40i0.164903>
- EMBRAPA. 2017. *Manual de métodos de análise de solo*. P.C. Teixeira, G.K. Donagemma, A. Fontana, W.G. Teixeira (Eds.), EMBRAPA, Brasília, 3ª ed. rev. e ampl., 573 p.
- EMBRAPA. 2023. *Sistema agroflorestal*. Disponível em <https://www.embrapa.br/en/agrossilvipastoril/sitio-tecnologico/trilha-tecnologica/tecnologias/sistema-de-producao/sistema-agroflorestal>. Acessado em 5 fev. 2023.
- FURQUIM, S.A.C.; ALMEIDA, I.C. 2022. Urban soils in Brazil: A review. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 46: 1-26. <https://doi.org/10.36783/18069657rbcS20210124>
- GROHMANN, F. 1960. Análise de agregados de solos. *Bragantia*, 19: 201-213. <https://doi.org/10.1590/S0006-87051960000100013>
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. 2012. *Censo 2010*. IBGE, Rio de Janeiro. Disponível em <https://censo2010.ibge.gov.br/>

- IUSS WORKING GROUP WRB. 2022. *World Reference Base for Soil Resources. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps*. International Union of Soil Sciences (IUSS), Vienna, Austria, 4th ed., 236 p.
- LEPSCH, I. F. 2021. *19 lições de pedologia*. Oficina de Textos, São Paulo, 310 p.
- LUZ, R.A.; RODRIGUES, C. 2013. Reconstituição geomorfológica de planícies fluviais urbanizadas: o caso do Rio Pinheiros, São Paulo-SP. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 14(1): 47-57. <https://doi.org/10.20502/rbg.v14i1.354>
- MALTEZ, M.A.P.F.; GALIZONI, F.M.; ALMEIDA, R.P.; CALDAS, A.L.T.; SIMÃO, E.J.P.; SILVA, E.P.F. 2016. Impactos ambientais e sociais causados pelas monoculturas de eucaliptos no Alto Jequitinhonha. In: CONGRESSO EM DESENVOLVIMENTO SOCIAL, 5, Montes Claros, *Anais*, p. 5-13. Disponível em https://congressods.com.br/quinto/anais/gt_08/IMPACTOS%20AMBIENTAIS%20E%20SOCIAIS%20CAUSADOS%20PELAS%20MONOCULTURAS.pdf
- MARIZ, C. 2019. Atividade agrícola utiliza quase 40% das terras do planeta. *Exame*. Disponível em <https://exame.com/economia/atividade-agricola-utiliza-quase-40-das-terras-do-planeta/>. Acessado em 5 fev. 2023.
- MEUSER, H. 2010. *Contaminated urban soils*. Springer, Dordrecht, Environmental Pollution, 18, 318 p.
- MIKLOS, A.A.W. 1992. *Biodynamique d'une couverture pédologique dans la région de Botucatu. Brésil*. Université Paris VI, Académie de Sciences de Paris, Paris, Thèse de Doctorat, 438 p.
- MIKLÓS, A.A.W. 2012. Biogênese do solo. *Revista do Departamento de Geografia–USP*, Volume Especial 30 Anos: 190-229. <https://doi.org/10.7154/RDG.2012.0112.0011>
- MORAES, J.A.T.; CAVICHIOLLI, F.A. 2022. Recuperação de solo com o sistema agroflorestal. *Revista Interface Tecnológica*, 19(2): 597-607. <https://doi.org/10.31510/infa.v19i2.1458>
- MOREL, J.L.; BURGHARDT, W.; KIM, K-HL. 2017. The challenges for soils in the urban environment. In: M. Levin, K.H.J. Kim, J.L. Morel, W. Burghardt, P. Charzynski, R.K. Shaw (Eds.) *Soils within Cities: Global approaches to their sustainable management - Composition, properties, and functions of soils of the urban environment*. Soil Science Stuttgart, p. 1-6.
- NAÇÕES UNIDAS. 2021. FAO alerta sobre degradação de um terço dos solos do planeta. *ONU News Perspectiva Global Reportagens Humanas*. <https://news.un.org/pt/story/2021/12/1773222>
- NASCIMENTO, J.T.; SILVA, I.F.; SANTIAGO, R.D.; NETO, L.F.S. 2003. Efeito de leguminosas nas características químicas e matéria orgânica de um solo degradado. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 7: 457-462. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662003000300008>
- OCTAVIANO, C. 2010. Muito além da tecnologia: os impactos da Revolução Verde. *ComCiência*, 120: 3 p. http://comciencia.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1519-76542010000600006&lng=pt&nrm=iso
- OLIVEIRA, J.B.; CAMARGO, M.N.; ROSSI, M.; CALDERANO FILHO, B. 1999. *Mapa pedológico do Estado de São Paulo: legenda expandida*. Instituto Agronômico, Campinas; Embrapa Solos, Rio de Janeiro, 64 p. e mapa.
- OZIEGBE, M.B.; MUOGHALU, J.I.; OKE, O. 2011. Litterfall, precipitation and nutrient fluxes in a secondary lowland rain forest in Ile-Ife, Nigeria. *Acta Botanica Brasilica*, 25(3): 664-671. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062011000300020>
- PEDRON, F.A. 2005. *Classificação do potencial de uso das terras no perímetro urbano de Santa Maria - RS*. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Dissertação de Mestrado. 65 p.
- PEDRON, F.A.; DALMOLIN, R.S.D.; AZEVEDO, A.C.; POELKING, E.L.; MIGUEL, P. 2006. Utilização do sistema de avaliação do potencial de uso urbano de terras no diagnóstico ambiental do município de Santa Maria -

- RS. *Ciência Rural*, 36: 468-77. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782006000200017>
- PENEIREIRO, F.M. 2003. Fundamentos da agrofloresta sucessional. In: SIMPÓSIO DE AGROFLORESTA SUCESSIONAL, 2, Aracaju. *Artigos*, 8 p. https://agrofloresta.net/static/artigos/agrofloresta_sucessional_serpipe_peneireiro.pdf
- PERROTTA, M.M.; SALVADOR, E.D.; LOPES, R.C.; D'AGOSTINO, L.Z.; PERUFFO, N.; GOMES, S.D.; SACHS, L.L.B.; MEIRA, V.T.; GARCIA, M.G.M.; LACERDA FILHO, J.V. 2005. *Mapa Geológico do Estado de São Paulo, escala 1:750.000*. Programa Geologia do Brasil – PGB, CPRM, São Paulo.
- PICHLER, L.S. 2018. *Sobre as correlações entre geomorfologia e pedologia na caracterização do hidromorfismo no barranco escola*. Departamento de Geografia, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, Trabalho de Graduação Individual, 53 p.
- PRIMAVESI, A. 1981. *O manejo ecológico do solo: agricultura em regiões tropicais*. Nobel, São Paulo, 541 p.
- RICCOMINI, C.; SANT'ANNA, L.G.; FERRARI, A.L. 2004. Evolução geológica do rift continental do sudeste do Brasil. In: V. Mantesso-Neto, A. Bartorelli, C.D.R. Carneiro (Eds.) *Geologia do continente sul-americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*, p. 383-405.
- ROSSI, M. 2017. *Mapa pedológico do Estado de São Paulo: revisado e ampliado*. Instituto Florestal, São Paulo, 118 p. (inclui Mapas)
- SAIS, A.C.; OLIVEIRA, R.E. 2018. Distribuição de Sistemas Agroflorestais no Estado de São Paulo: apontamentos para restauração florestal e produção sustentável. *Redes - Revista do Desenvolvimento Regional*, 23(1): 111-132. <https://doi.org/10.17058/redes.v23i1.8735>
- SANTOS, R.D.; SANTOS, H.G.; KER, J.C.; ANJOS, L.H.C.; SHIMIZU, S.H. 2015. *Manual de descrição e coleta de solo no campo*. SBCS, Viçosa, 7ª ed. rev. e ampl., 102 p.
- SETZER, J. 1966. *Atlas Climático e Ecológico do Estado de São Paulo*. Comissão Interestadual da Bacia Paraná-Uruguai, CESP, São Paulo, 61 p.
- SILVA, M.A.; SILVA, M.L.N.; CURTI, N.; LIMA, J.M.; AVANZI, J.C.; MARTINS, M.F. 2005. Perdas de solo, água, nutrientes e carbono orgânico em Cambissolo e Latossolo sob chuva natural. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 40(12): 1223-1230. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2005001200010>
- SINCLAIR, F.L. 1999. A general classification of agroforestry practice. *Agroforestry Systems*, 46(2): 161-180. <https://doi.org/10.1023/A:1006278928088>
- SOBRAL, L.F.; BARRETTO, M.C.V.; SILVA, A.J.; ANJOS, J.L. 2015. *Guia prático para interpretação de resultados de análises de solos*. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 13 p. (Documentos, 206).
- SUGUIO, K. 1971. Estudo dos troncos de árvores “linhitificados” dos aluviões antigos do Rio Pinheiros (São Paulo): significados geocronológico e possivelmente paleoclimático. In: SBG, CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 25, São Paulo, *Anais*, p. 53-59.
- UNITED NATIONS. 2019. *World urbanization prospects 2018: Highlights*. United Nations - Department of Economic and Social Affairs, New York, 30 p. <https://population.un.org/wup/Publications/Files/WUP2018-Highlights.pdf>
- VEZZANI, F.M.; MIELNICZUK, J. 2011. Agregação e estoque de carbono em Argissolo submetido a diferentes práticas de manejo agrícola. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 35: 213-223. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832011000100020>
- WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. 1978. Predicting soil erosion losses: A guide to conservation planning. *USDA Agriculture Handbook*, 537, 58 p.
- YOUNG, A. 1997. The effectiveness of contour hedgerows for soil and water conservation. *Agroforestry Forum*, 8(4): 2-4.
- ZINKE, P.J. 1962. The Pattern of Influence of Individual Forest Trees on Soil Properties. *Ecology*, 43(1): 130-133. <https://doi.org/10.2307/1932049>

Endereço dos autores:

Maria Filomena Souza Dias* (ID 0009-0006-3317-7904) – Instituto Socioambiental, Praça Dom José Gaspar, 134, 12º andar, Centro Histórico de São Paulo, CEP 01047-912, São Paulo, SP, Brasil. *E-mail:* mariafiloh@yahoo.com.br

Jéssica Rafaela Costa (ID 0000-0002-4636-2010), Rodrigo Ferreira Santos (ID 0000-0002-5146-1910) e Marcos Roberto Pinheiro (ID 0000-0002-0864-2441) – Laboratório de Pedologia do Departamento de Geografia, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, Avenida Lineu Prestes, 338, Cidade Universitária, CEP 05508-080, São Paulo, SP, Brasil. *E-mails:* jrcosta@usp.br, rodrigo.ferreira.santos@alumni.usp.br, m3279574@usp.br* Autor correspondente

Artigo recebido em 10 de abril de 2023, aceito em 22 de maio de 2023.

