

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Florestas
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Serviços Ambientais em Sistemas Agrícolas e Florestais do Bioma Mata Atlântica

*Lucilia Maria Parron
Junior Ruiz Garcia
Edilson Batista de Oliveira
George Gardner Brown
Rachel Bardy Prado
Editores Técnicos*

Embrapa
Brasília, DF
2015

Uso e manejo da terra e aspectos pedológicos na avaliação de serviços ambientais

Marcos Fernando Glück Rachwal, Renato Antônio Dedecek, Claudia Maria Branco de Freitas Maia, Lucilia Maria Parron

Resumo: Foram avaliadas as alterações provocadas por diferentes tipos de uso e manejo do solo sobre as características pedológicas e a influência que estas inter-relações podem ter sobre a prestação de serviços ambientais. Sistemas de uso intensivo podem causar maior degradação em solos mais arenosos e/ou com menor quantidade de matéria orgânica, principalmente em regiões com temperaturas elevadas. Solos mais argilosos, com maiores teores de carbono em áreas de clima mais ameno, sofrem menores alterações quando submetidos ao uso intensivo, tornando-os mais resistentes à degradação. O conhecimento detalhado dos atributos morfológicos, químicos e físicos dos solos, expressos em suas fragilidades e potencialidades, permite manejá-los adequadamente para diversos sistemas de uso. Identificar bons indicadores de qualidade do solo e manejá-lo de acordo com sua aptidão é uma forma de garantir a manutenção da sua capacidade produtiva e do seu potencial de prestação de serviços ambientais.

Palavras-chave: atributos pedológicos, qualidade do solo, adequação ambiental, sustentabilidade, sistemas de uso da terra.

Land use and management and pedological aspects in the assessment of ecosystem services

Abstract: *In this chapter we evaluate the changes caused by different land uses and management on the pedological characteristics and their influence on ecosystem services. Intensive land use systems can cause higher degradation in sandy soils with less organic matter, especially in regions with high temperatures. Clay soils with higher Carbon contents in areas with milder weather, suffer fewer changes when subjected to intensive use, making them more resistant to degradation. The detailed knowledge of soil morphological, chemical and physical properties, expressed in their weaknesses and strengths, allows us to manage them properly for various land use systems. The identification of soil quality indicators and managing soils according to their aptitude is a way to maintain its productive capacity and its potential to provide ecosystem services.*

Keywords: *pedological attributes, soil quality, environmental approach, sustainability, land use systems.*

1. Introdução

Os solos geram vários serviços ambientais para o bem-estar humano, incluindo os serviços de provisão (ex. matérias-primas), regulação (ex. sequestro de carbono) e de suporte (ex. ciclagem de nutrientes). O uso inadequado da terra e o mau manejo do solo podem degradar a sua qualidade química, física e biológica e/ou reduzir a quantidade e qualidade dos serviços ambientais prestados (LAL et al., 2013). A caracterização pedológica de um solo permite conhecer sua aptidão e indicar seu manejo mais apropriado, garantindo a continuidade dos serviços ambientais por ele prestados.

O enquadramento das classes de solos dentro de um sistema taxonômico uniforme permite a extrapolação de resultados de pesquisa para áreas com condições pedológicas e ambientais similares (EMBRAPA, 1984), sendo que o conhecimento aprofundado dos solos é indispensável para otimizar o uso dos mesmos pelo uso de práticas agronômicas sustentáveis (SANTOS et al., 2013).

A classificação detalhada dos solos envolve um grande número de informações importantes relacionadas ao crescimento das plantas (SOIL SURVEY TAXONOMY, 1975).

As relações dos solos com os fatores ambientais e as diferenças de cor, profundidade, textura, relevo e formas de uso, entre os diversos tipos de solos, subsidiam o planejamento, a tomada de decisões e a solução de problemas inerentes à utilização dos mesmos (RESENDE et al., 2007).

Conhecer pormenorizadamente as potencialidades e fragilidades do solo e ter em mente os detalhes do manejo (preparo, correção e adubação) bem como das práticas culturais (aplicação de herbicidas, fungicidas e inseticidas) é fundamental para sua conservação. Estas informações, associadas aos aspectos fisiográficos e climáticos, permitem avaliar se o solo está sendo utilizado de acordo com sua aptidão, garantindo, assim, melhor produtividade e mantendo suas funções ecológicas.

Nesse capítulo, são discutidas as relações entre características pedológicas e o uso e manejo do solo, e suas implicações na prestação de serviços ambientais. Atributos morfológicos, físicos e químicos dos solos são descritos em diferentes sistemas de uso, em duas regiões climáticas do estado do Paraná.

2. Descrição pedológica das áreas de estudo

O estudo foi realizado nas parcelas experimentais de 50 m x 100 m (5000 m²) do Projeto Serviambi nos municípios de Ponta Grossa e Santo Inácio, na região Centro-Sul (Campo Gerais) e Noroeste do estado do Paraná, respectivamente. Os detalhes das áreas de estudo foram apresentados nos capítulos 2 e 3. As áreas experimentais em Ponta Grossa compreendem sistema agropastoril integração lavoura-pecuária (iLP), sistema agrossilvipastoril integração lavoura-pecuária-floresta (iLPF) com renques de *Eucalyptus dunnii*, campo nativo pastejado (CNp), plantio florestal de *Eucalyptus dunnii* (EU), lavoura em plantio direto (PD), campo nativo não pastejado (CNnp) e floresta nativa (FN). Em Santo Inácio compreendem sistema agropastoril integração lavoura-pecuária (iLP), sistema agrossilvipastoril integração lavoura-pecuária-floresta (iLPF) com renques de *Corymbia maculata*, *Eucalyptus urograndis* (EU), lavoura de cana-de-açúcar (C) e floresta nativa (FN) (Tabela 2 do Capítulo 2).

A amostragem dos solos foi realizada em trincheiras de um 1 m x 1 m x 1,2 m, em outubro de 2012 nas áreas do Iapar e da Embrapa e em fevereiro de 2013 nas áreas do Parque Estadual (PE) de Vila Velha, por meio de tradagens até 1,20 m, para a classificação do solo, caracterização morfológica (tipo, sequência, espessura, estrutura e cor dos horizontes) e análises químicas. Na área de Ponta Grossa,

um perfil de solo foi amostrado por parcela experimental. A amostragem dos solos de Santo Inácio foi realizada em outubro de 2013. Em função da maior homogeneidade pedológica dos solos, apenas um perfil por uso da terra foi utilizado. A dimensão das trincheiras, a classificação pedológica, a coleta de amostras e os procedimentos analíticos foram os mesmos nas duas regiões geoclimáticas. Em ambas, as avaliações no iLPF foram feitas nas linhas (iLPFl) e nas entre-linhas (iLPFel).

Foram coletadas amostras de solos nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-60, 60-80 e 80-100 cm. Nessas amostras foram determinados pH em CaCl₂, Ca⁺², Mg⁺², K⁺¹, Al⁺³, P, C total e densidade do solo, conforme Claessen (1997). Os níveis de pH em CaCl₂ e dos elementos químicos foram classificados segundo os parâmetros utilizados por Monte Serrat et al. (2006). A classificação dos solos foi feita segundo os critérios propostos pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SANTOS et al., 2013).

A espessura, cor e estrutura, principalmente dos horizontes superficiais do solo, associadas aos atributos de textura, carbono, Ca, Mg, K e P, densidade do solo, porosidade e umidade gravimétrica, foram as variáveis do meio físico avaliadas com o objetivo de prever o comportamento do solo sob diferentes usos e manejos. Considerou-se ainda o relevo, a forma e o comprimento das pendentes, a declividade e a posição na paisagem, por guardarem relação com a umidade e o teor de carbono no solo e a suscetibilidade à erosão.

A análise conjunta destas variáveis pode orientar programas de conservação de solos e eleger práticas de manejo sustentáveis, permitindo que o solo mantenha suas funções produtivas e ecológicas e continue contribuindo com a geração de serviços ambientais.

3. Uso e manejo da terra e aspectos pedológicos

3.1. Ponta Grossa

A classificação e características químicas e granulométricas de todos os perfis dos solos de cada sistema de uso, da região de Ponta Grossa são apresentadas na Tabela 1. Devido a grande extensão de área e ao relevo mais acidentado, houve maior diversidade pedológica tendo ocorrido três classes de solos, Latossolo Vermelho (LV), Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA) e Cambissolo (C). No entanto, como esses solos estão sujeitos às mesmas condições climáticas e ocorrem em superfícies com mesma classe de declividade, em geral, não apresentaram diferenças marcantes, exceto na fertilidade,

conforme será visto. As diferenças nos teores de nutrientes se deram justamente em função do tipo de uso do solo.

Os LV e LVA são solos que se caracterizam por serem profundos, porosos e permeáveis, apresentando estrutura granular bem desenvolvida ao longo de todo o perfil. Possuem alto grau de desenvolvimento pedogenético e apresentam cores vermelhas e vermelho-amareladas, respectivamente. Os Cambissolos englobam solos com menor grau de desenvolvimento e menor profundidade que os Latossolos.

Os LVA ocorrem nas áreas do Iapar e de Vila Velha com cor bruno-escura (7,5 YR 3/3) no horizonte superficial e vermelho-amarelado (5 YR 4/6) no horizonte latossólico (Bw). Nos LV, presentes em todas as áreas, a cor predominante é bruno-escura (5 YR 3/3) e vermelho-escura (2,5 YR 3/6), nos horizontes A e Bw, respectivamente. Os Cambissolos Háplicos, nas áreas do Iapar e Embrapa, tem cor bruno-escura (7,5 YR 3/3) no horizonte A e vermelho-amarelada (5 YR 4/6) no horizonte subsuperficial (Bi). O Cambissolo Háptico gleissólico (perfil CNp2) apresenta cor bruno muito escura (10 YR 2/2) no horizonte Ap e bruno-amarelada-escura (10 YR 4/5) no Bi. Nos Cambissolos Húmicos no PE de Vila Velha, as cores foram as mesmas do Cambissolo gleissólico.

As cores vermelhas no horizonte B do LV se devem à presença de ferro oxidado (Fe^{+3}) na forma de hematita, o que sugere que a água é removida rapidamente e que há grande disponibilidade de oxigênio. No LVA, com drenagem ligeiramente mais lenta, predomina a goethita (óxido de ferro oxidado com camada de hidratação), responsável pela tonalidade mais amarela. No horizonte Big do Cambissolo gleissólico, em função da deficiência de oxigênio, o ferro encontra-se reduzido, resultando na cor cinza. Essa condição de abaciamento facilita o acúmulo de água, em função da posição fisiográfica no terreno. As cores amareladas no matiz 10YR do Cambissolo gleissólico e do Cambissolo Húmico indicam a presença de mais umidade no perfil de solo, cujos horizontes superficiais apresentam cores mais escuras e maiores teores de carbono.

Independente da classe de solo, todos os perfis apresentaram textura média (porcentagem de argila entre 15 e 35%) nos horizontes superficiais, exceto os solos sob campo nativo do PE de Vila Velha, nos quais ocorreu textura arenosa (130 a 150 g kg^{-1} de argila). Com exceção do iLPF, no qual o solo apresentou textura média ao longo de todo o perfil, na maioria dos outros sistemas de uso o solo apresentou textura binária (média/argilosa), ou seja, textura média no horizonte superficial Ap e textura argilosa nos horizontes subsuperficiais

Bi ou Bw. Apesar disto, em nenhum dos solos identificou-se incremento de argila suficiente para adjetivá-los como argissólicos, uma vez que o teor de argila foi aumentando gradativamente em profundidade. O LVA e os LVs, assim como os Cambissolos, apresentaram textura média no horizonte superficial com quantidade de argila variando entre 200 e 300 g kg^{-1} . Os horizontes Bw do LV do sistema iLPF e do LVA, mostraram textura média, com teores de argila entre 220 e 340 g kg^{-1} . Os Cambissolos exibiram textura média e argilosa no horizonte Bi com teores de argila entre 240 e 400 g kg^{-1} . Nos LV sob PD e EU, situados na Fazenda da Embrapa, o horizonte subsuperficial mostrou textura predominantemente argilosa (380 a 440 g kg^{-1} de argila).

Nas áreas do IAPAR e da EMBRAPA ocorre o horizonte A proeminente, com teores de carbono total entre 0,72 e 1,35% e, na área do PE de Vila Velha, também o húmico, no qual a quantidade de matéria orgânica é mais elevada (1,5 a 3,81% de carbono total), explicando as cores mais escuras.

Na Fazenda do IAPAR, os perfis 1 e 2 do sistema iLP, situados no topo e terço superior do terreno, enquadram-se na classe dos LV distróficos uma vez que tanto a saturação por bases (V%) como a saturação por alumínio (m%) no horizonte Bw, foram inferiores a 50%. O perfil iLP3, no terço inferior, foi classificado como Cambissolo Háptico álico (m > 50 %) (Tabela 1).

Em geral, todos os tipos de solos apresentam-se profundos, com soma das espessuras dos horizontes A e B entre 100 e 200 cm. No iLPF, a classe de solo encontrada em todas as parcelas experimentais, as quais se situam no terço superior do terreno, foi o LV Álico e o Distrófico, ambos textura média. Percebe-se que no iLPF (perfis iLPF 1 a 3) a soma (SB) e a saturação por bases (V%) e a concentração de fósforo foram superiores aos encontrados no iLPFI, em função de calagem e fertilização. Por outro lado, o solo apresentou quantidade de carbono ligeiramente inferior no horizonte Ap, possivelmente devido à maior intensidade de uso.

O sistema campo nativo pastejado (perfis CNp1 a CNp3) foi o que apresentou maior heterogeneidade pedológica, com a ocorrência de LVA no terço superior, de Cambissolo Háptico gleissólico no terço médio e de Cambissolo Háptico típico no terço inferior, justamente devido a diferentes posições na paisagem e às formas das pendentes. O caráter gleissólico, caracterizado pela presença de cores acinzentadas no solo situado no terço intermediário da encosta, se deve à ocorrência de uma inflexão no terreno, onde o relevo muda de suave ondulado para plano, condicionando maior acúmulo de água.



No terço inferior, onde o relevo volta a ser suave ondulado, não permitindo o acúmulo de água, ocorreu o Cambissolo Háplico típico, livre de deficiência de oxigênio. Neste sistema, não houve correção e adubação do solo, o que explica o caráter álico ($m > 50\%$) em todos os horizontes.

Na área da Embrapa, o LV Álico textura média/argilosa, cultivado com eucalipto, apresentou saturação por alumínio muito elevada e valores mais baixos de cálcio e magnésio. Sob o sistema PD, ocorre LV predominantemente distrófico, com maior quantidade de Ca^{+2} , Mg^{+2} e K^+ em todos os horizontes e teores de fósforo mais elevados no horizonte superficial, quando comparado com o sistema eucalipto.

Os maiores valores de soma e saturação por bases e de fósforo, principalmente no horizonte Ap, nos sistemas iLP, iLPFeL e PD, em relação ao campo nativo, pastejado e não pastejado (perfis CNp 1 a 3 e CNnp 1 a 3), e ao plantio de eucalipto (perfis EU1 a EU3), refletem as correções e adubações efetuadas. Convém salientar os valores mais elevados de carbono ao longo de todo o perfil e para a maior saturação em bases, nos solos sob floresta nativa (FN), quando comparados com o sistema CNnp.

As maiores saturações em alumínio ocorreram nos solos sob campo nativo pastejado e não pastejado e sob floresta nativa, em função justamente de sua condição natural, e no solo sob eucalipto, porque o mesmo não recebeu calagem e adubação. Na grande maioria dos solos, o valor de pH em todas as profundidades foi muito baixo.

Os níveis de cálcio (Ca^{+2}) também foram muito baixos em praticamente todos os horizontes subsuperficiais, bem como nos horizontes A do CNp, CNnp e EU. O horizonte Ap dos sistemas PD, iLP e iLPF exibiram níveis médios a baixos de Ca^{+2} , enquanto o perfil FN2 representou uma exceção, com teor muito alto no horizonte A.

Nos sistemas CNp, CNnp e EU, o nível de magnésio (Mg^{+2}) também apresentou-se muito baixo, em praticamente todos os horizontes. Nos perfis iLP, iLPF e PD, os níveis de Mg^{+2} oscilaram entre muito baixo, baixo e médio, nos horizontes subsuperficiais, e entre alto e médio, nos horizontes superficiais.

Em relação ao potássio (K^+), os níveis foram muito baixos em subsuperfície, em todos os sistemas de uso. No horizonte superficial dos perfis CNnp e EU, os teores também se apresentaram muito baixos e predominantemente baixos no CNp. O teor foi médio na FN, variou entre baixo e médio nos sistemas iLP e iLPF e entre médio e muito alto no PD.

Finalmente, os níveis de fósforo (P) apresentaram-se muito baixos no CNp, CNnp e EU e baixos na FN, em todas as profundidades. No PD, iLPF e iLP, o fósforo também

mostrou-se muito baixo nos horizontes subsuperficiais. No horizonte superficial, o nível de P variou de médio a muito alto no PD e de baixo a muito alto no iLP. Os teores deste elemento foram muito baixos nas linhas de plantio de eucalipto (perfis iLPF1 a 3) e altos e médios nas entrelinhas (perfis iLPFeL 1 a iLPFeL 3, respectivamente), justamente devido à adubação, nas áreas cultivadas com lavouras e pastagens. No solo sob FN, os níveis de P mostraram-se baixos em praticamente todos os horizontes.

No PE de Vila Velha os solos sob campo nativo (perfis CNnp 1 a CNnp 3) mostraram, em geral, menor quantidade de argila e de carbono total, do que aqueles sob floresta nativa (perfis FN1 a FN3), o que explicaria os menores valores de soma de bases, fósforo e capacidade de troca de cátions.

3.2. Santo Inácio

A área de estudo situada em Santo Inácio apresenta maior homogeneidade pedológica (Tabela 2) em comparação à Ponta Grossa. O tipo de solo encontrado em todos os sistemas de uso é o Latossolo Vermelho típico A moderado textura arenosa/média. Trata-se de um solo bem desenvolvido, com grau avançado de intemperismo, profundo e muito bem drenado, que ocorre nas partes mais antigas e estáveis da paisagem, em declividades pouco acentuadas (2 a 7%), com predomínio de relevo suave ondulado. Apresentam horizonte subsuperficial latossólico (Bw) com espessura superior a 50 cm e horizonte superficial pouco espesso e com pequena quantidade de matéria orgânica (Tabela 2).

Os horizontes Bw exibiram cor vermelho-escuro a vermelha com matiz, valor e croma 2,5 YR, 3 a 4 e 5 e 6, respectivamente, enquanto os horizontes mais superficiais, exceto o solo sob cana-de-açúcar, mostraram cor bruno avermelhada escura com valor e croma 3 a 3,5 e 4, respectivamente. Os horizontes Ap₁₁ e Ap₁₂ do solo sob cana-de-açúcar apresentaram-se mais vermelhos, com croma 5 e 6, mais característicos de horizonte B, indicando perda de parte do horizonte A original e decomposição mais intensa da matéria orgânica, em função da maior intensidade do manejo, ou ainda, mistura dos horizontes A e B, devido a operações de preparo mais profundas.

O teor de argila oscilou entre 80 e 180 g kg⁻¹ nos horizontes superficiais (A e AB) e entre 120 a 200 g kg⁻¹ nos horizontes subsuperficiais (BA, Bw₁ e Bw₂), sendo, portanto, inferior ao teor de argila dos solos de Ponta Grossa (Tabela 2).

Os teores de carbono do horizonte A decresceram dos solos sob floresta nativa e eucalipto para os solos dos sistemas iLP e iLPF e destes para os solos da lavoura de cana-de-açúcar,

ou seja, os teores de C orgânico decresceram na direção do uso mais intensivo do solo. Vale ressaltar que no solo sob floresta a concentração de carbono foi o dobro da encontrada sob o plantio de eucalipto. Em geral, o teor de carbono nos horizontes superficiais dos solos de Santo Inácio foi menor do que nos solos de Ponta Grossa, mostrando uma influência do clima mais quente (ver Capítulo 3) e das maiores quantidades de areia na redução dos valores de C dos solos de Santo Inácio quando comparado aos solos de Ponta Grossa.

Nos horizontes superficiais Ap, houve pequena diferença, tanto na saturação de bases (41 a 61%) quanto na saturação em alumínio (1 a 9%), entre os sistemas de uso. Nos horizontes Bw, a variação foi maior (10 a 58%) na saturação em bases e na saturação de alumínio (1 a 64%). Interessante notar que nos horizontes subsuperficiais dos solos com usos mais intensivos (iLPF, iLP e C) predomina o caráter distrófico ($V < 50\%$). O caráter eutrófico ($V > 50\%$) ocorre para a maioria dos horizontes dos usos FN e EU, sugerindo que nestes sistemas há manutenção do estoque de nutrientes, porque o caráter perene da exploração, sem mobilização do solo, ameniza consideravelmente a lixiviação de bases, principalmente em solos com baixos teores de argila.

Os solos sob as áreas de mata e eucalipto mostraram os maiores valores de cálcio e magnésio em todas as profundidades e, como consequência, a maior saturação em bases em todos os horizontes. O teor de cálcio e potássio no horizonte superficial dos solos desses sistemas foi, inclusive, mais elevado do que nos demais, nos quais houve a prática da calagem e adubação. Teores muito altos de fósforo nos solos sob eucalipto sugerem adubações fosfatadas em grande quantidade no passado. Entre o iLPFeI e iLPFI, não houve grande diferença em alumínio, cálcio, magnésio e potássio, nos horizontes Ap e AB. Em relação ao fósforo, nesses horizontes, o teor foi maior na linha do que na entrelinha de árvores, possivelmente devido à maior adubação efetuada nas lavouras e pastagens. Da mesma forma, o iLP apresentou maior concentração de cálcio e de fósforo do que o iLPFI no horizonte Ap, por ter recebido maior aporte de insumos. Finalmente, no solo sob cana-de-açúcar, o Ca^{+2} e Mg^{+2} foram mais baixos no Ap, enquanto que o Mg^{+2} sofreu um incremento no Ap₁₃, possivelmente devido à lixiviação.

Nos horizontes subsuperficiais dos sistemas iLPF, iLP e C, o pH mostrou-se muito baixo, enquanto que na floresta nativa (FN) e eucalipto (EU), os valores foram mais elevados e variaram de médio a alto. Percebeu-se que o pH se eleva com o aumento da intensidade de uso, ao constatar-se os

valores baixo, alto e muito alto, respectivamente, nos sistemas iLPFI, iLPFeI e iLP. No solo sob cana-de-açúcar, o valor de pH apresentou-se médio e baixo nos horizontes Ap₁₁ e Ap₁₂, respectivamente. Os níveis de Ca^{+2} mostraram-se bastante variáveis, tanto entre os sistemas de uso, como ao longo da profundidade. Os teores de Mg^{+2} e K^+ apresentaram-se muito baixos em todos os horizontes dos sistemas iLPFI, iLPFeI, iLP e C. Nos solos sob floresta nativa e eucalipto, os níveis oscilaram em profundidade, entre muito baixo, baixo e médio, tendo a floresta mostrado as maiores quantidades de Mg^{+2} e K^+ .

Nos horizontes subsuperficiais, exceto para o perfil sob eucalipto, o nível de fósforo foi muito baixo. A não ser pela suposição de adubações passadas, não se encontrou uma explicação concreta para os teores muito elevados de P, em todas as profundidades do solo explorado com eucalipto, bem como para o horizonte Ap₁₃ do solo cultivado com cana-de-açúcar. Nos solos sob floresta e sob iLPFI encontrou-se valores muito baixos de P, em todos os horizontes, devido à ausência de adubação. Por outro lado, os solos sob iLPFeI, iLP e C, os quais receberam aplicação de insumos, exibiram níveis muito altos de P na superfície.

Em Santo Inácio, em função da maior fragilidade do solo, principalmente devido aos teores mais elevados de areia, e do clima mais quente, foram maiores as diferenças nos teores de carbono entre os diferentes tipos de uso, nos horizontes A e AB, quando comparados com os solos de Ponta Grossa, nos quais a quantidade de carbono foi superior, inclusive nos ambientes com floresta nativa.

O cultivo de cana-de-açúcar em Latossolo com horizonte superficial arenoso, em Santo Inácio, devido à pequena cobertura do solo, principalmente no início do desenvolvimento, intensa mobilização do mesmo, além de submetê-lo ao tráfego intenso de máquinas pesadas e à queima da palhada, provocou erosão e reduziu consideravelmente o teor de nutrientes. Esse manejo provoca redução drástica na concentração de carbono e aumento na densidade do solo, sugerindo que a cultura, da maneira como foi conduzida, não foi compatível com a aptidão do LV A moderado textura arenosa/média, ou que o manejo adotado não foi adequado.

Entre os atributos acima discutidos, a cor é um bom indicador das concentrações de carbono e óxidos de ferro e da drenagem do solo. Quando a concentração de carbono é menor no horizonte superficial dos solos, como em Santo Inácio, a cor é usualmente mais clara, ocorrendo horizonte A do tipo moderado.



4. Considerações finais

Nesse capítulo discutimos as alterações ocorridas nos atributos morfológicos, físicos e químicos dos solos (importantes indicadores de qualidade do solo) e as implicações sobre a prestação de serviços ambientais, em sistemas de uso e manejo da terra em duas regiões climáticas do estado do Paraná.

Em Ponta Grossa, área de ocorrência de Floresta Ombrófila Mista, em função dos solos mais argilosos, com maiores teores de carbono e sob a influência de um clima mais ameno, as diferenças nos atributos químicos entre os diferentes sistemas de uso foram menores. Em contraste, em Santo Inácio, área de ocorrência de Floresta Estacional Semidecidual, os solos são mais frágeis (altos teores de areia, menores conteúdos de matéria orgânica) e sujeitos à ação de temperaturas mais elevadas. Nessa região, as alterações provocadas sobre os atributos do solo e, conseqüentemente, sobre a prestação de serviços ambientais, são mais pronunciadas. Em Santo Inácio, o clima e as características pedológicas são determinantes para que nessa região a prestação de serviços ambientais de suporte (ex. maiores taxas de mineralização da matéria orgânica) e regulação (ex. controle de erosão) (ver Capítulo 1) sejam mais sensíveis a variações, em função de um manejo inadequado, do que em Ponta Grossa.

Por serem manejados com calagem e adubação, sistemas produtivos (PD, iLPF, iLP, C), prestam principalmente serviços ambientais de provisão (produção agrícola). Por outro lado, sistemas pouco manejados (EU e CNp) e não manejados (FN e CNp) têm maior capacidade de estocagem e proteção de carbono, o que reflete na maior prestação de serviços ambientais de suporte e regulação.

Sistemas produtivos agrícolas e florestais com foco conservacionista, tais como cultivo mínimo, rotação de culturas, adubação verde e de cobertura, manejo de restos culturais e reaproveitamento de resíduos, podem prestar serviços ambientais de suporte e regulação, como aumento da ciclagem de nutrientes e de infiltração de água no solo e controle da erosão. Portanto, conhecer e monitorar os indicadores de qualidade do solo, suas potencialidades e fragilidades e as características de cada sistema, facilita a escolha das melhores formas de uso e manejo do solo. Esta abordagem permite apontar os sistemas com maior potencial de sustentabilidade e de prestação de serviços ambientais.

Agradecimentos

Agradecemos as seguintes fontes pelo suporte e financiamento: Termo de Cooperação Técnica Embrapa-lapar no. 21500.10/0008-2 e projeto Embrapa-MP2 no. 02.11.01.031.00.01.

Referências

- CLAESSEN, M. E. C. (Org.). **Manual de métodos de análises de solo**. 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPq, 1997. (EMBRAPA-CNPq. Documentos, 1).
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Levantamento de reconhecimento de solos do Estado do Paraná**. Londrina, 1984. 2 tomos. (EMBRAPA-SNLCS. Boletim de pesquisa, 27; IAPAR. Boletim técnico, 16).
- LAL, R. Enhancing ecosystem services with no-till. **Renewable Agriculture and Food Systems**, v. 28, n. 2, p. 102–114, 2013.
- MONTE SERRAT, B.; KRIEGER, K. I.; MOTTA, A. C. V. Considerações sobre interpretação de análises de solos (com exemplos). In: LIMA, M. R. (Ed.). **Diagnóstico e recomendações de manejo de solo: aspectos teóricos e metodológicos**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2006. p. 125-142.
- RESENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, S. B.; CORRÊA, G. F. **Pedologia: base para distinção de ambientes**. Lavras: Ed. da UFLA, 2007. 322 p.
- 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; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. de. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 353 p.
- SOIL SURVEY STAFF (Washington, D.C.). **Soil taxonomy: a basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys**. Washington, DC, 1975. 754 p. (Agriculture handbook, 436).

Tabela 1. Características morfológicas, químicas e físicas dos solos amostrados nos diferentes sistemas de uso da terra, Ponta Grossa - PR.

Horizonte (cm)	pH CaCl ₂	Al ³⁺	H ⁺ +Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	SB	T	P	C*	V	m	Areia	Argila	Silte
		cmol _c dm ⁻³								mg dm ⁻³	%		g kg ⁻¹		
IAPAR															
Perfil: iLP1 - LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico, A proeminente, textura média/argilosa, fase relevo suave ondulado. Posição na paisagem: topo															
Ap - 0 - 23	4,85	0,1	3,83	2,4	1,0	0,16	3,6	7,40	6,9	0,91	47,8	2,4	669	320	11
BA - 23 - 40	4,43	0,5	4,81	0,7	0,4	0,07	1,2	6,02	0,2	0,53	20,1	30,4	620	340	40
Bw ₁ - 40 - 69	4,29	0,6	4,78	0,4	0,2	0,03	0,7	5,44	0,0	0,45	12,1	47,7	555	360	85
Bw ₂ - 69 - 110+	4,51	0,2	3,71	0,3	0,3	0,03	0,6	4,32	0,0	0,41	14,0	23,7	509	420	71
Perfil: iLP2 - LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico, A proeminente, textura média/argilosa, fase relevo suave ondulado. Posição na paisagem: terço superior															
Ap - 0 - 28	5,03	0,1	3,75	2,3	1,5	0,33	4,1	7,81	29,1	1,35	50,8	4,7	660	280	60
BA - 28 - 52	4,51	0,5	4,60	0,5	0,4	0,05	0,9	5,53	0,0	0,94	16,7	32,8	618	360	22
Bw ₁ - 52 - 81	4,47	0,3	3,94	0,4	0,4	0,02	0,8	4,74	0,0	0,82	16,8	27,3	544	440	16
Bw ₂ - 81 - 120+	4,50	0,2	3,69	0,3	0,3	0,02	0,6	4,26	0,0	0,67	13,6	21,9	540	420	40
Perfil: iLP3 - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Álico típico, A proeminente, textura média, fase relevo suave ondulado. Posição na paisagem: terço médio															
Ap - 0 - 22	4,44	0,4	-	1,3	0,1	0,13	1,5	-	18,8	1,34	-	21,2	745	220	35
BA - 22 - 41	4,35	0,9	-	0,4	0,0	0,04	0,4	-	0,1	0,97	-	68,9	616	340	44
Bi ₁ - 41 - 70	4,10	0,7	-	0,4	0,0	0,04	0,4	-	0,0	0,81	-	63,8	658	240	102
Bi ₂ - 70 - 130+	4,39	0,2	-	0,3	0,0	0,02	0,4	-	0,0	0,76	-	33,2	639	320	41
Perfil: iLPFI1 - LATOSSOLO VERMELHO Álico típico, A proeminente, textura média, fase relevo suave ondulado. Posição na paisagem: terço superior															
Ap - 0 - 27	4,75	0,1	3,90	2,1	0,8	0,10	3,1	6,96	1,0	0,98	43,9	3,1	725	260	15
BA - 27 - 50	4,45	0,4	4,28	0,6	0,3	0,05	0,9	5,20	0,1	0,82	17,7	31,6	701	240	59
Bw ₁ - 50 - 82	4,34	0,6	4,12	0,3	0,0	0,02	0,3	4,43	0,0	0,65	6,9	67,6	640	320	40
Bw ₂ - 82 - 120+	4,39	0,3	3,63	0,3	0,0	0,01	0,3	3,90	0,0	0,36	7,0	50,2	610	340	50

Tabela 1. Continuação.

Horizonte (cm)	pH CaCl ₂	Al ⁺³	H ⁺ +Al ⁺³	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	SB	T	P	C*	V	m	Areia	Argila	Silte
		cmol _c dm ⁻³								mg dm ⁻³	%		g kg ⁻¹		
IAPAR															
Perfil: iLPFe1 - LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico, A proeminente, textura média, fase relevo suave ondulado. Posição na paisagem: terço superior															
Ap - 0 - 25	5,01	0,1	3,42	2,6	0,9	0,14	3,7	7,08	15,4	0,9	51,6	2,9	710	240	50
BA - 25 - 55	4,55	0,4	4,25	0,6	0,2	0,04	0,8	5,08	0,7	0,72	16,0	34,7	709	260	31
Bw ₁ - 55 - 89	4,53	0,2	3,77	0,5	0,4	0,02	0,9	4,63	0,0	0,55	18,7	15,8	631	300	69
Bw ₂ - 89 - 120+	4,66	0,2	3,42	0,3	0,4	0,01	0,7	4,14	0,1	0,52	17,4	23,7	617	340	43
Perfil: iLPFI2 - LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico, A proeminente, textura média, fase relevo suave ondulado. Posição na paisagem: terço superior															
Ap - 0 - 22	4,64	0,2	4,04	1,8	0,7	0,12	2,7	6,69	0,8	1,11	38,5	9,6	707	240	53
BA - 22 - 50	4,28	0,4	4,48	0,5	0,1	0,05	0,6	5,08	0,2	0,59	11,9	41,7	-	-	-
Bw ₁ - 50 - 70	4,32	0,4	3,85	0,4	0,0	0,02	0,4	4,23	0,0	0,50	8,8	48,6	635	300	65
Bw ₂ - 70 - 120+	4,44	0,2	3,53	0,3	0,0	0,02	0,3	3,83	0,0	0,48	8,0	42,4	615	320	65
Perfil: iLPFe2 - LATOSSOLO VERMELHO Álico típico, A proeminente, textura média, fase relevo suave ondulado. Posição na paisagem: terço superior															
Ap - 0 - 19	5,11	0,1	3,43	2,4	0,9	0,26	3,5	6,98	16,0	1,06	50,1	1,8	719	240	41
BA - 19 - 42	4,71	0,2	4,02	0,8	0,2	0,07	1,1	5,07	0,1	0,79	20,3	18,1	673	280	47
Bw ₁ - 42 - 70	4,40	0,4	4,03	0,4	0,0	0,07	0,5	4,54	0,1	0,64	11,2	44,9	661	260	79
Bw ₂ - 70 - 110+	4,38	0,3	4,12	0,3	0,0	0,06	0,3	4,45	0,0	0,58	7,4	50,5	603	340	57
Perfil: iLPFI3 - LATOSSOLO VERMELHO Álico típico, A proeminente, textura média, fase relevo suave ondulado. Posição na paisagem: terço superior															
Ap - 0 - 23	4,56	0,2	4,35	1,4	0,8	0,22	2,4	6,72	1,0	0,96	35,0	7,5	735	240	25
BA - 23 - 45	4,13	0,6	4,17	0,3	0,0	0,07	0,3	4,51	0,0	0,64	7,5	63,6	728	240	32
Bw ₁ - 45 - 65	4,25	0,5	3,55	0,3	0,0	0,03	0,3	3,85	0,0	0,45	7,8	59,9	668	280	52
Bw ₂ - 65 - 110+	4,29	0,3	3,35	0,2	0,0	0,02	0,2	3,51	0,0	0,37	4,7	65,4	677	220	103

Tabela 1. Continuação.

Horizonte (cm)	pH CaCl ₂	Al ⁺³	H ⁺ +Al ⁺³	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	SB	T	P	C*	V	m	Areia	Argila	Silte
		cmol _c dm ⁻³								mg dm ⁻³	%			g kg ⁻¹	
IAPAR															
Perfil: iLPFe13 - LATOSSOLO VERMELHO Álico típico, A proeminente, textura média, fase relevo suave ondulado. Posição na paisagem: terço superior															
Ap - 0 - 20	5,25	0,1	3,01	2,0	0,8	0,12	2,9	5,89	10,1	0,72	48,0	2,3	737	200	63
BA - 20 - 40	4,51	0,4	3,90	0,5	0,2	0,03	0,7	4,63	0,0	0,60	15,4	36,8	718	220	62
Bw ₁ - 40 - 70	4,41	0,3	3,53	0,3	0,0	0,03	0,3	3,84	0,0	0,44	8,3	50,5	700	280	20
Bw ₂ - 70 - 120+	4,44	0,2	3,37	0,2	0,0	0,02	0,2	3,61	0,0	0,42	6,7	40,1	668	260	72
Perfil: CNp1 - LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Álico típico, A proeminente, textura média, fase relevo suave ondulado. Posição na paisagem: terço superior															
Ap - 0 - 20	4,00	0,9	5,36	0,5	0,3	0,07	0,8	6,18	0,2	1,01	13,1	55,0	738	220	42
AB 20 - 32										0,71					
BA - 32 - 50	4,01	0,9	5,31	0,1	0,1	0,03	0,3	5,56	0,0	0,62	4,5	78,9	678	280	42
Bw ₁ - 50 - 75	4,10	1,0	4,21	0,2	0,0	0,01	0,2	4,37	0,0	0,37	3,7	86,5	674	300	26
Bw ₂ - 75 - 125	4,12	0,6	4,34	0,1	0,1	0,01	0,2	4,53	0,0	0,36	4,2	74,5	626	300	74
Perfil: CNp2 - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Álico gleissólico, A proeminente, textura média/argilosa, fase relevo plano. Posição na paisagem: terço médio															
Ap - 0 - 27	4,04	1,6	8,37	0,4	0,0	0,11	0,5	8,89	0,7	1,26	5,7	76,0	733	220	47
BA - 27 - 45	4,08	1,3	6,69	0,1	0,0	0,02	0,1	6,82	0,0	0,82	2,0	90,2	671	300	29
Bi - 45 - 70	4,11	1,0	5,43	0,1	0,0	0,01	0,1	5,55	0,0	0,68	2,3	89,7	705	260	35
Big - 70 - 120	4,21	0,7	5,27	0,1	0,0	0,01	0,1	5,36	0,1	0,38	1,7	88,4	554	400	46
Perfil: CNp3 - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Álico típico, A proeminente, textura média/argilosa, fase relevo suave ondulado. Posição na paisagem: terço inferior															
Ap - 0 - 25	4,03	1,8	-	0,5	0,2	0,13	0,8	-	0,8	1,07	-	69,7	725	220	55
BA - 25 - 44	4,00	1,9	-	0,2	0,0	0,05	0,2	-	0,0	0,84	-	90,2	682	260	58
Bi ₁ - 44 - 70	4,01	1,6	-	0,2	0,0	0,04	0,2	-	0,0	0,61	-	89,7	646	300	54
Bi ₂ - 70 - 110	4,04	1,7	-	0,2	0,0	0,03	0,2	-	0,3	0,38	-	88,4	614	360	26

Tabela 1. Continuação.

Horizonte (cm)	pH CaCl ₂	Al ⁺³	H ⁺ +Al ⁺³	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	SB	T	P	C*	V	m	Areia	Argila	Silte
		cmol _c dm ⁻³								mg dm ⁻³	%		g kg ⁻¹		
EMBRAPA															
Perfil: PD1 - LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico, A proeminente, textura média/argilosa, fase relevo suave ondulado. Posição na paisagem: terço superior															
Ap - 0 - 25	4,66	0,1	4,30	1,8	0,7	0,57	3,1	7,41	42,6	0,94	41,8	4,3	682	300	18
AB - 25 - 40	4,64	0,3	4,00	1,2	0,5	0,23	1,9	5,93	0,1	0,66	32,5	11,5	574	300	126
BA - 40 - 60	4,57	0,3	3,83	0,8	0,3	0,07	1,1	4,95	0,0	0,59	22,7	19,7	587	340	73
Bw - 60 - 110+	4,78	0,1	3,32	0,8	0,4	0,04	1,2	4,57	0,0	0,35	27,2	9,1	545	420	35
Perfil: PD2 - LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico, A proeminente, textura média, fase relevo suave ondulado. Posição na paisagem: terço superior															
Ap - 0 - 22	4,80	0,1	3,91	2,3	0,8	0,39	3,5	7,45	9,7	1,00	47,1	3,5	643	280	77
AB - 22 - 43	4,60	0,3	4,34	0,9	0,4	0,09	1,4	5,74	0,0	0,78	24,4	17,6	587	340	73
BA - 43 - 64	4,42	0,5	4,18	0,5	0,3	0,06	0,8	5,02	0,0	0,62	16,6	38,1	566	340	94
Bw - 64 - 120+	4,67	0,2	3,50	0,5	0,4	0,04	1,0	4,49	0,0	0,59	22,1	15,0	543	340	117
Perfil: PD3 - LATOSSOLO VERMELHO Álico típico, A proeminente, textura média/argilosa, fase relevo suave ondulado. Posição na paisagem: terço superior															
Ap - 0 - 20	4,65	0,1	4,46	2,3	0,8	0,29	3,4	7,83	6,7	1,22	43,0	3,4	649	280	71
AB - 20 - 41	4,51	0,6	4,89	1,0	0,4	0,06	1,5	6,37	0,0	0,92	23,2	27,1	602	320	78
BA - 41 - 62	4,35	0,7	5,04	0,5	0,0	0,05	0,6	5,61	0,0	0,89	10,2	54,5	587	340	73
Bw - 62 - 120+	4,48	0,2	4,15	0,7	0,3	0,03	1,0	5,14	0,0	0,60	19,2	19,4	570	380	50
Perfil: EU1 - LATOSSOLO VERMELHO Álico típico, A proeminente, textura média/argilosa, fase relevo suave ondulado. Posição na paisagem: terço médio/inferior															
Ap - 0 - 20	3,92	1,7	7,81	0,1	0,00	0,03	0,1	7,90	0,5	0,99	1,18	94,8	690	260	50
AB - 20 - 40	3,98	1,6	6,84	0,1	0,0	0,02	0,1	6,92	0,4	0,74	1,2	95,1	677	300	23
BA - 40 - 50	3,99	1,4	6,21	0,1	0,0	0,01	0,1	6,28	0,0	0,83	1,2	95,0	624	320	56
Bw - 50 - 110+	4,03	1,3	6,11	0,1	0,0	0,01	0,1	6,17	0,4	0,75	0,9	95,7	579	400	21

Tabela 1. Continuação.

Horizonte (cm)	pH CaCl ₂	Al ⁺³	H ⁺ +Al ⁺³	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	SB	T	P	C*	V	m	Areia	Argila	Silte
		cmol _c dm ⁻³								mg dm ⁻³	%		g kg ⁻¹		
EMBRAPA															
Perfil: EU2 - LATOSSOLO VERMELHO Álico típico, A proeminente, textura média/argilosa, fase relevo suave ondulado. Posição na paisagem: terço médio/inferior															
Ap - 0 - 22	3,90	2,1	8,55	0,1	0,0	0,04	0,1	8,67	0,7	1,04	1,3	94,7	682	300	18
AB - 22 - 39	3,95	1,6	7,54	0,1	0,0	0,03	0,1	7,65	0,3	0,97	1,5	93,4	691	240	69
BA - 39 - 55	3,99	1,4	7,15	0,1	0,0	0,01	0,1	7,24	0,0	0,76	1,2	94,0	654	340	15
Bw - 55 - 112+	4,05	1,2	5,80	0,1	0,0	0,01	0,1	5,89	0,0	0,64	1,4	93,4	571	380	49
Perfil: EU3 - LATOSSOLO VERMELHO Álico típico, A proeminente, textura média/argilosa, fase relevo suave ondulado. Posição na paisagem: terço médio/inferior															
Ap - 0 - 19	3,93	1,6	7,21	0,1	0,0	0,02	0,1	7,28	0,4	0,78	1,1	95,4	690	300	10
AB - 19 - 42	3,96	1,5	6,91	0,1	0,0	0,02	0,1	7,00	0,1	0,89	1,3	94,4	629	320	51
BA - 42 - 53	3,97	1,4	6,64	0,1	0,0	0,01	0,1	6,71	0,1	0,84	1,0	95,1	586	320	94
Bw - 53 - 120+	4,04	1,2	5,98	0,0	0,0	0,01	0,0	6,01	0,0	0,68	0,5	97,4	536	440	24
VILA VELHA															
Perfil: CNnp1 – LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Álico típico, A proeminente, textura arenosa/média, fase relevo suave ondulado. Posição na paisagem: terço superior															
A - 0 - 30	4,06	1,5	5,85	0,2	0,1	0,09	0,32	6,17	1,1	1,74	5,1	82,1	770	128	102
AB - 30 - 50	4,03	1,6	5,35	0,0	0,0	0,07	0,07	5,41	0,5	0,51	1,2	95,9	748	140	112
BA - 50 - 70	4,11	1,1	4,57	0,0	0,0	0,04	0,04	4,62	0,9	0,44	0,9	96,2	736	136	128
Bw - 70 - 110+	4,12	1,0	4,06	0,0	0,0	0,04	0,04	4,10	1,3	0,35	0,9	96,4	714	173	113
Perfil: CNnp2 – CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Álico típico, A proeminente, textura arenosa/média, fase relevo suave ondulado. Posição na paisagem: terço médio															
A - 0 - 15	4,11	1,2	6,72	0,4	0,1	0,11	0,61	7,32	1,8	0,96	8,2	68,3	690	150	160
AB - 15 - 30	4,02	1,3	6,26	0,0	0,0	0,05	0,08	6,34	0,9	0,67	1,3	94,0	763	163	74
BA - 30 - 60	4,11	1,2	5,54	0,0	0,0	0,04	0,05	5,59	1,1	0,54	0,9	95,8	711	199	90
Bw - 60 - 100+	4,21	0,9	4,38	0,0	0,0	0,02	0,02	4,40	0,6	0,36	0,5	97,7	671	255	74

Tabela 1. Continuação.

Horizonte (cm)	pH CaCl ₂	Al ⁺³	H ⁺ +Al ⁺³	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	SB	T	P	C*	V	m	Areia	Argila	Silte
		cmol _c dm ⁻³							mg dm ⁻³	%		g kg ⁻¹			
VILA VELHA															
Perfil: CNnp3 – CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Álico típico, A proeminente, textura média, fase relevo suave ondulado. Posição na paisagem: terço inferior															
A - 0 – 15	4,05	1,5	6,67	0,2	0,0	0,09	0,24	6,91	1,4	0,82	3,5	86,8	747	150	103
AB - 15 – 25	3,98	1,7	5,96	0,0	0,0	0,04	0,04	6,00	1,3	0,57	0,7	97,5	745	153	102
BA - 25 – 50	4,05	1,6	5,00	0,0	0,0	0,04	0,04	5,03	0,7	0,43	0,7	97,7	712	170	118
Bw - 50 - 100+	4,13	1,5	4,81	0,0	0,0	0,04	0,04	4,85	0,6	0,29	0,9	97,1	694	148	158
Perfil: FN1 – CAMBISSOLO HÚMICO Tb Álico típico, A húmico, textura média, fase relevo suave ondulado. Posição na paisagem: terço superior															
A - 0 – 30	4,02	2,8	12,31	0,7	0,3	0,15	1,15	13,46	4,6	2,84	7,7	75,3	535	295	170
AB - 30 – 40	3,99	3,4	11,77	0,1	0,0	0,06	0,12	11,89	2,3	1,24	1,0	96,5	516	318	166
BA - 40 - 50	3,97	3,1	10,69	0,0	0,0	0,04	0,04	10,72	2,3	1,11	0,3	98,9	560	284	156
Bw - 53 - 120+	3,98	3,6	10,65	0,0	0,0	0,03	0,03	10,68	1,2	0,49	0,3	99,1	484	337	179
Perfil: FN2 – LATOSSOLO VERMELHO Húmico Álico, textura média, fase relevo suave ondulado. Posição na paisagem: terço superior															
A - 0 - 30	4,06	2,2	10,30	2,05	0,5	0,22	2,74	13,04	9,3	3,81	16,8	61,2	488	266	246
AB - 30 - 40	3,87	3,2	11,51	0,2	0,0	0,09	0,28	11,79	3,6	3,2	2,4	92,0	581	224	195
BAw - 40 - 60	3,85	3,8	12,59	0,0	0,0	0,06	0,10	12,68	2,2	1,69	0,8	97,5	553	246	201
Bw - 60 - 80+	3,92	3,6	11,86	0,1	0,0	0,05	0,13	11,99	4,1	0,48	1,1	96,6	599	255	146
Perfil: FN3 – LATOSSOLO VERMELHO Húmico Álico, A húmico, textura média, fase relevo suave ondulado. Posição na paisagem: terço superior															
A - 0 – 30	3,84	2,2	10,76	0,6	0,3	0,21	1,07	11,82	5,1	1,50	7,7	73,9	790	199	90
AB - 30 – 40	3,85	2,6	10,85	0,0	0,0	0,12	0,12	10,96	2,5	1,08	1,1	95,7	750	162	88
BA - 40 – 60	3,92	2,4	10,69	0,0	0,0	0,08	0,11	10,79	1,4	0,83	1,0	95,8	719	166	115
Bw - 60 - 100+	3,98	2,3	8,81	0,0	0,0	0,03	0,03	8,84	2,1	0,77	0	98,6	732	167	101

Integração lavoura-pecuária (iLP), integração lavoura-pecuária-floresta entre linhas (iLPfe) e na linha (iLPfl), campo nativo pastejado (CNp), plantio florestal de *Eucalyptus dunnii* (EU), lavoura em plantio direto (PD), campo nativo não pastejado (CNnp) e floresta nativa (FN). SB = soma de bases; T = capacidade de troca de cátions; P = fósforo; C = carbono total; V = saturação em bases; m = saturação em alumínio. * Determinado por analisador automático CHNS.

Tabela 2. Características morfológicas, químicas e físicas dos solos amostrados nos diferentes sistemas de uso da terra, Santo Inácio - PR.

Horizonte (cm)	pH CaCl ₂	Al ⁺³	H ⁺ +Al ⁺³	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	SB	T	P	C*	V	m	Areia	Argila	Silte
		cmol _c dm ⁻³								mg dm ⁻³	%				
Perfil: iLPFeI – LATOSSOLO VERMELHO Álico típico, A moderado, textura arenosa/média, fase relevo suave ondulado. Posição na paisagem: terço inferior															
Ap – 0 – 11	5,33	0,16	2,13	1,31	0,25	0,06	1,62	3,75	85,70	0,41	43	9	862	10	38
AB – 11 – 25	4,09	0,55	2,99	0,39	0,00	0,06	0,45	3,44	16,79	0,31	13	55	785	140	75
BA – 25 – 56	4,02	0,66	2,97	0,28	0,00	0,04	0,32	3,29	3,36	0,23	10	68	717	140	143
Bw ₁ – 56 – 101	4,12	0,54	2,76	0,41	0,00	0,03	0,44	3,20	0,42	0,15	14	55	691	180	129
Bw ₂ – 101 – 180	4,08	0,85	2,72	0,46	0,00	0,02	0,48	3,20	0,07	0,16	15	64	692	200	108
Perfil: iLPFI – LATOSSOLO VERMELHO Álico típico, A moderado, textura arenosa/média, fase relevo suave ondulado. Posição na paisagem: terço inferior															
Ap – 0 – 16	5,87	0,11	1,79	1,30	0,39	0,03	1,72	3,51	4,00	0,42	49	6	854	120	26
AB – 16 – 35	4,94	0,09	2,02	0,89	0,34	0,01	1,24	3,25	0,88	0,26	38	7	795	180	25
BA – 35 – 67	4,95	0,08	1,93	0,83	0,24	0,01	1,07	3,00	0,63	0,00	36	7	772	180	48
Bw ₁ – 67 – 103	5,23	0,06	1,90	0,79	0,00	0,01	0,79	2,69	0,58	0,32	29	7	727	200	73
Bw ₂ – 103 – 180	4,18	0,63	2,72	0,43	0,00	0,01	0,43	3,15	0,87	0,16	14	59	741	200	59
Perfil: iLP – LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico, A moderado, textura arenosa/média, fase relevo suave ondulado. Posição na paisagem: terço superior															
Ap – 0 – 10	6,30	0,03	1,66	2,08	0,24	0,05	2,36	4,02	26,07	0,56	59	1	834	100	66
AB – 10 – 36	5,01	0,10	2,08	1,06	0,13	0,05	1,24	3,32	2,16	0,33	37	7	819	140	41
BA – 36 – 63	4,48	0,13	2,36	1,03	0,03	0,08	1,13	3,49	0,87	0,25	32	10	737	180	83
Bw ₁ – 63 – 99	4,87	0,13	2,13	1,18	0,21	0,02	1,41	3,53	0,42	0,20	40	8	734	160	106
Bw ₂ – 99 – 180	4,56	0,16	2,24	0,75	0,03	0,03	0,80	3,04	1,02	0,11	26	17	685	200	115

Tabela 2. Continuação.

Horizonte (cm)	pH CaCl ₂	Al ³⁺	H ⁺ +Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	SB	T	P	C*	V	m	Areia	Argila	Silte
		cmol _c dm ⁻³								mg dm ⁻³	%				
Perfil: FN – LATOSSOLO VERMELHO Eutrófico típico, A moderado, textura arenosa/média, fase relevo suave ondulado. Posição na paisagem: terço inferior.															
A11 – 0 – 8	5,34	0,10	3,27	4,34	0,65	0,20	5,19	8,46	5,57	1,65	61	2	790	120	90
A12 – 8 – 15	5,50	0,16	2,93	3,55	0,41	0,10	4,07	6,99	4,01	1,23	58	4	804	120	76
AB1 – 15 – 27	5,70	0,05	2,27	2,74	0,21	0,06	3,01	5,28	1,78	0,66	57	2	798	100	102
AB2 – 27 – 48	5,80	0,05	1,69	1,61	0,09	0,04	1,74	3,43	1,94	0,29	51	3	780	100	120
BA – 48 – 70	5,85	0,06	1,73	1,99	0,36	0,06	2,41	4,13	1,23	0,27	58	3	811	140	49
Bw ₁ – 70 – 102	6,26	0,05	1,64	1,56	0,35	0,10	2,01	3,65	1,40	0,18	55	2	794	200	6
Bw ₂ – 102 – 180	6,17	0,09	1,57	1,06	0,33	0,12	1,51	3,07	0,55	0,08	49	5	831	120	49
Perfil: EU – LATOSSOLO VERMELHO Eutrófico típico, A moderado, textura arenosa/média, fase relevo plano. Posição na paisagem: topo.															
Ap – 0 – 10	4,92	0,08	3,35	2,98	0,21	0,14	3,32	6,67	76,70	0,78	50	2	847	80	73
AB1 – 10 – 18	5,77	0,06	1,82	1,86	0,19	0,06	2,11	3,93	61,70	0,29	54	3	852	80,0	68
AB2 – 18 – 41	6,10	0,08	1,58	1,43	0,24	0,03	1,70	3,27	60,00	0,15	52	4	777	100	123
BA – 41 – 72	6,12	0,13	1,64	1,51	0,33	0,04	1,88	3,52	67,12	0,13	53	6	813	120	67
Bw ₁ – 72 – 100	5,72	0,08	1,74	1,08	0,54	0,05	1,67	3,40	33,90	0,16	49	4	762	180	58
Bw ₂ – 100 – 180	5,30	0,06	1,70	0,50	0,38	0,10	0,98	2,67	0,19	0,08	36	6	684	140	176
Perfil: C – LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico, A moderado, textura arenosa/média, fase relevo suave ondulado. Posição na paisagem: terço superior.															
Ap11 – 0 – 7	5,68	0,13	1,75	1,15	0,00	0,05	1,20	2,95	25,30	0,20	41	9	803	80	117
Ap12 – 7 – 17	5,10	0,08	1,91	0,93	0,00	0,03	0,96	2,87	4,43	0,19	33	7	823	80	97
Ap13 – 17 – 27	4,83	0,16	2,21	0,91	0,18	0,03	1,12	3,32	29,40	0,20	34	13	855	120	25
AB – 27 – 52	4,06	0,65	2,74	0,33	0,00	0,03	0,36	3,10	0,52	0,17	12	64	809	140	51
Bw ₁ – 52 – 100	4,25	0,40	2,43	0,65	0,13	0,06	0,84	3,27	0,00	0,13	26	32	713	160	127
Bw ₂ – 100 – 180	4,55	0,28	2,17	0,89	0,14	0,03	1,06	3,23	0,00	0,12	33	21	691	180	129

Integração lavoura-pecuária-floresta entre linhas (iLPFe) e na linha (iLPFI), integração lavoura-pecuária (iLP), floresta nativa (FN), plantio florestal de *Eucalyptus urograndis* (EU), lavoura de cana-de-açúcar (C). SB = soma de bases; T = capacidade de troca de cátions; P = fósforo; C = carbono total; V = saturação em bases; m = saturação em alumínio.

* Determinado por analisador automático CHNS.