

## FORMAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE SOLOS

### **Marcos Gervasio Pereira**

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Seropédica – RJ

### **Lúcia Helena Cunha dos Anjos**

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Seropédica – RJ

### **Carlos Roberto Pinheiro Junior**

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Seropédica – RJ

### **Luiz Alberto da Silva Rodrigues Pinto**

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Seropédica – RJ

### **Eduardo Carvalho da Silva Neto**

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Seropédica – RJ

### **Ademir Fontana**

Embrapa Solos, Rio de Janeiro - RJ

**RESUMO:** A Pedologia é a ciência da gênese, morfologia e classificação dos solos. Busca compreender a interação entre os fatores e processos de formação do solo e sua influência nos atributos morfológicos, físicos, químicos e mineralógicos do solo. A interação dos diferentes fatores dá origem aos processos pedogenéticos, que, de acordo com a intensidade com que atuam, são responsáveis pela variabilidade dos tipos de solo na paisagem. À medida que o material de origem vai sendo transformado ao longo do tempo pela ação dos demais fatores,

vão sendo formadas seções denominadas horizontes, que compõe o perfil de solo, principal objeto de estudo da Pedologia. A caracterização dos atributos morfológico dos horizontes do perfil como espessura, transição, cor, textura, estrutura e consistência, entre outros, permite a melhor compreensão da dinâmica de formação do solo, assim como sua classificação e inferências sobre o melhor manejo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Pedogênese; Perfil de solo; Morfologia de solos.

### SOIL FORMATION AND CHARACTERIZATION

**ABSTRACT:** Pedology is the science that studies the genesis, morphology and classification of soils and seeks to understand the influence of factors and formation processes on soil attributes. The interaction of the different factors gives rise to the pedogenetic processes, which according to their intensity, are responsible for the variability of soil types in the landscape. As the source material is transformed over time by the action of the other factors, sections are formed called horizons, which make up the soil profile, the main object of study of Pedology. The characterization of the morphological attributes of the profile horizons such as thickness, transition, color, texture, structure and consistency, among others, allows a better

understanding of the dynamics of soil formation, as well as its classification and inferences about the best management.

**KEYWORDS:** Pedogenesis; Soil profile; Soil morphology.

## 1 | INTRODUÇÃO

A Pedologia, do grego *pedon* (solo, terra) é a ciência da gênese, morfologia e classificação dos solos. Busca compreender a interação entre os fatores e processos de formação do solo e sua influência nos atributos morfológicos, físicos, químicos e mineralógicos do solo, além da sua classificação taxonômica. Trata-se de uma ciência recente que teve o seu início marcado, de maneira consensual, pelos trabalhos de V.V. Dokuchaev (1846–1903), conhecido por viabilizar um modelo fatorial de formação do solo. Em expedições pelo seu país com sua equipe, Dokuchaev observou que o solo não era um simples amontado de material geológico, e sim o resultado da interação de diferentes fatores. Com a escola russa de Dokuchaev, o solo começou a ser estudado do ponto de vista genético, o que permitiu a categorização dos solos em diferentes classes, o desenvolvimento do conceito de horizonte, o entendimento da distribuição dos solos na paisagem e a formalização do conceito “fator de formação”, estabelecendo os fundamentos da Pedologia.

Os estudos de Dokuchaev forneceram a base para o modelo mais influente de gênese do solo, proposto por Jenny (1899 – 1992) em seu livro *Factors of Soil Formation* (Jenny, 1941), que propôs a equação de formação do solo:

$$S = f (cl, o, r, p, t...)$$

Em que: S: solo; cl: clima; o: organismos; r: relevo; p: material parental; t: tempo.

A equação proposta por Jenny possibilitou o melhor entendimento da influência de cada fator, permitindo que se isole quatro fatores e se trabalhe com a variabilidade de apenas um, os chamados estudos em sequência. Por exemplo, ambientes sob as mesmas condições de clima, vegetação (organismos), material de origem e tempo, o fator relevo, será o principal responsável pelos diferentes tipos de solos desse ambiente, temos, portanto, um estudo em topossequência; quando esse fator de variação for o material de origem, tem-se um estudo em litossequência e, assim por diante. Nos tópicos seguintes, será abordada a influência de cada fator na formação e características do solo.

## 2 | FATORES E PROCESSOS DE FORMAÇÃO DO SOLO

### Material de Origem

Na formação do solo, o fator material de origem influencia em diversos atributos e pode ser dividido em dois grandes grupos: as rochas e os sedimentos. As principais características das rochas que influenciam nos atributos do solo são: composição química e mineralogia, cor e textura (Brady e Weil, 2013). As rochas classificadas como ácidas, são aquelas que apresentam em sua composição, mais de 65% de  $\text{SiO}_2$ , sendo ricas também em alumínio. Minerais ricos em  $\text{SiO}_2$  são chamados de minerais félsicos (apresentam cores claras), entre eles destacam-se o quartzo e os feldspatos (Fontes, 2012), que por sua vez, originam solos de textura arenosa, com cores amareladas e baixa fertilidade natural. Por outro lado, rochas básicas, são aquelas com menos de 52% de  $\text{SiO}_2$  e, possuem maior quantidade de ferro e magnésio na sua composição, os chamados minerais ferromagnesianos ou máficos (cores escuras), como olivina, piroxênios e biotita, que por sua vez, originam solos de textura mais argilosa, cores avermelhadas e maior fertilidade natural.

Os sedimentos são outro grande grupo de material de origem do solo. São formados a partir da intemperização das rochas e atuação de processos erosivos, sendo muitas vezes transportados e depositados ao longo da paisagem. Os sedimentos podem ser classificados como coluviais (sedimentos produzidos pela intemperização e erosão nos pontos mais altos da paisagem e depositados ao longo da encosta), e aluviais (sedimentos de natureza diversa depositados em ocasião de transbordamento dos rios) (Suguio, 2003). Atributos como textura, composição mineralógica, cor e fertilidade natural de solos formados a partir de sedimentos estão diretamente relacionados com a rocha originária e a intensidade de alteração desses sedimentos. Também existem sedimentos de constituição orgânica, possuindo teores de carbono orgânico maiores ou iguais a  $80 \text{ g kg}^{-1}$ , que podem se acumular em condições de boa drenagem ou de drenagem impedida. O acúmulo desses sedimentos pode levar a formação de uma ordem de solos denominada de Organossolos.

### Relevo

O relevo é considerado um importante fator na formação do solo, pois é responsável pelo controle de toda dinâmica dos fluxos de água na paisagem, como lixiviação de solutos, atuação de processos erosivos e condições de drenagem (Anjos et al., 1998). A distância do lençol freático e a declividade são as principais características que controlam esses processos. Os pontos mais altos da paisagem devido ao distanciamento do lençol freático possuem boas condições de drenagem e, quando associados a baixas declividades, favorecem a maior infiltração da água. Por outro lado, pontos de paisagem com boa drenagem, porém com maiores

declives, intensificam o escoamento superficial da água em detrimento a infiltração, o que aumenta a taxa de erosão, promovendo o rejuvenescimento do solo. Já os pontos mais baixos da paisagem, apesar da menor declividade, estão mais próximos do lençol freático, sendo normalmente mal ou muito mal drenados, com condições anaeróbicas na maior parte do ano.

## Clima

A atuação do clima na pedogênese está associada principalmente aos atributos precipitação pluviométrica, as taxas de evaporação e a temperatura, tendo em vista a influência dos mesmos no intemperismo e evolução dos solos (Kämpf e Curi, 2012). A água fornecida pelas chuvas tem efeito direto na formação do solo, pois através das reações de hidrólise, há a alteração do material de origem e a remoção dos solutos originados na reação. Além disso, a água atua na translocação, adição ou remoção de materiais no interior do perfil do solo. Já a temperatura tem efeito indireto, influenciando a velocidade das reações químicas e do intemperismo. Em ambientes de clima tropical com altas taxas de precipitação pluviométrica e altas temperaturas, o intemperismo é intenso (Fontes, 2012), sendo formados solos profundos e de composição química e mineralógica bastante alterada. Em regiões de clima frio e temperado, os solos tendem a ser mais jovens, menos intemperizados e com horizontes superficiais com teores de carbono orgânico mais elevados. Já em áreas em que as taxas de evaporação excedem a precipitação pluviométrica pode ocorrer a formação de solos salinos e/ou que apresentam elevados conteúdo de sódio. Também nesse ambiente podem ser verificadas argilas expansivas que propiciam a formação de rachaduras na superfície do terreno e fendas em profundidade.

## Organismos

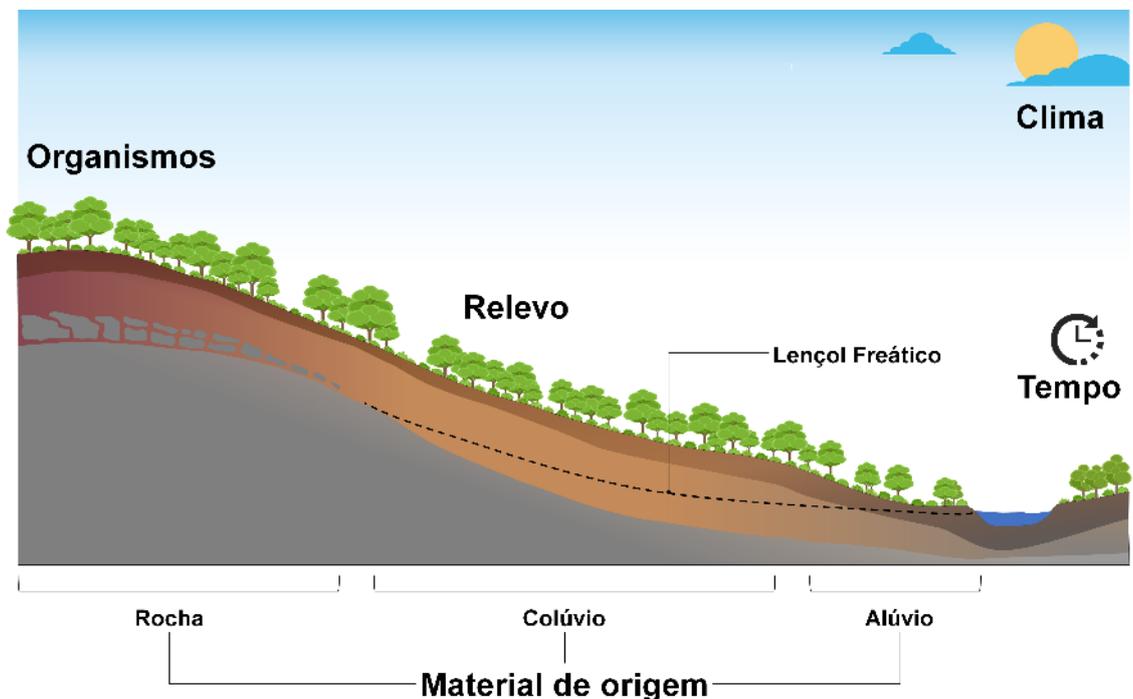
Os organismos na formação do solo possuem relação íntima com o fator clima, considerando a adaptabilidade da fauna e da flora as condições de umidade e temperatura de um determinado ambiente. São considerados condicionantes para a pedogênese - a ação dos organismos no substrato representa a diferença entre os processos de pedogênese e intemperismo. A matéria orgânica adicionada ao solo pelos vegetais, seja pelos resíduos de folhas ou de raízes e, sua decomposição pela ação da fauna como formigas, minhocas e microrganismos, participa de diversos processos no solo e influencia na agregação de partículas, no escurecimento do horizonte superficial, na infiltração da água, minimizando a erosão e, na retenção de nutrientes fundamentais ao desenvolvimento das plantas (Pavinato e Resolem, 2008).

## Tempo

O fator tempo apresenta uma relação não apenas de cronologia, mas também

de maturidade e evolução (Kämpf e Curi, 2012). Em ambientes de clima árido e semiárido, com baixa precipitação pluviométrica, mesmo com o material de origem exposto por um longo tempo, a baixa intensidade de intemperização formará solos jovens, pouco evoluídos. Por outro lado, condições de intenso intemperismo e alteração do material de origem, mesmo com exposição recente deste, formará solos maduros e evoluídos do ponto de vista da pedogênese.

O conceito de solo como corpos naturais organizados com gênese própria – ou seja, que os solos são mais do que mantos rochosos desgastados na superfície da terra e de que a formação do solo implica mais que intemperismo – tem uma importância prática muito grande, pois permite estabelecer relações entre os fatores de formação e os diferentes tipos de solos. Com base nesta concepção, admite-se que as características e a distribuição geográfica dos solos na paisagem estão estreitamente relacionadas com a natureza das condições ambientais em um determinado local ao longo do tempo (Figura 1).



**Figura 1.** Representação de um transecto com variações na cobertura pedológica relacionadas à atuação dos fatores de formação do solo.

### Processos Pedogenéticos Múltiplos e Específicos

A interação dos fatores de formação do solo dá origem aos processos pedogenéticos, sendo reconhecidos quatro processos múltiplos (transformação, translocação, adição e perda). A atuação desses processos em diferentes intensidades de acordo com as condições ambientais é responsável pela variabilidade dos tipos de solos de uma determinada paisagem. De acordo com Brady e Weil (2013), o processo múltiplo de transformação atua na modificação dos constituintes do solo, seja ela de natureza física ou química; o processo de translocação implica na

movimentação de material orgânico ou inorgânico dentro do perfil; o processo de adição consiste na entrada de material por fontes externas ao solo e; o processo de perda é caracterizado pela remoção, seja de partículas, por ação da erosão, ou de cátions, pela lixiviação.

## **Fatores e Processos de Formação dos Principais Solos Brasileiros**

Dentre as classes de solo de maior expressão no Brasil, destacam-se os Latossolos e Argissolos, que juntos ocupam aproximadamente 56% do território nacional (Santos et al., 2018). Os principais fatores de formação dos Latossolos são relevo, clima e tempo. São caracterizados pela intensa intemperização e elevada profundidade efetiva e ocorrem predominantemente nos pontos mais altos da paisagem, onde o fator relevo condiciona a boa drenagem e, associado a pequenas declividades, favorecem a maior infiltração da água (fornecida pelo fator clima). A maior umidade no sistema, intensifica as reações de hidrólise, que por sua vez é responsável pela transformação dos minerais, predominando quartzo na fração areia e caulinita e óxidos de ferro e alumínio na fração argila. Com as condições favoráveis de infiltração e drenagem, também se intensifica a lixiviação (perda) de cátions como  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{K}^{+}$ , entre outros. O fator tempo está associado a intensa intemperização, levando a formação de solos evoluídos (maduros) do ponto de vista pedogenético. A combinação dos fatores relevo, clima e tempo e os processos múltiplos de transformação e perda caracterizam o processo pedogenético específico de ferralitização, principal atuante na formação dos Latossolos (Kämpf e Curi, 2012).

No caso dos Argissolos, os principais fatores de formação são relevo e clima. São caracterizados pelo aumento no conteúdo de argila em profundidade e ocorrem predominantemente nos terços superior e médio da paisagem em condições de relevo suave ondulado e ondulado.

Em relevos de declive suave e boa drenagem a maior infiltração de água (fator clima) favorece o processo de translocação de partículas de argila dispersas, dos horizontes superficiais para os horizontes subsuperficiais, caracterizando o processo pedogenético específico de eluviação/iluviação, que é responsável pelo aumento absoluto no teor de argila em profundidade (Kämpf e Curi, 2012). Em pontos de paisagem com maior declividade, o escoamento superficial de água é intensificado, levando a remoção seletiva (perda) das partículas de argila dos horizontes superficiais por erosão, caracterizando o processo pedogenético específico de elutriação, que resulta no aumento relativo do teor de argila em profundidade (Kämpf e Curi, 2012).

### 3 | CONCEITOS E DEFINIÇÕES

#### Perfil do Solo, Horizonte e Camada

O material de origem, sob a ação dos agentes do intemperismo, dá origem ao regolito, matéria prima dos solos, que por sua vez submetido à ação do clima e organismos, em determinado relevo e durante determinado espaço de tempo irá se transformar no solo. À medida que se transforma o solo, o material de origem vai se diferenciando em seções mais ou menos paralelas à superfície do terreno, seções estas denominadas de **horizontes**. Assim, o perfil do solo é definido pela sequência de horizontes nele observado. Um horizonte pode ser definido como uma seção de constituição orgânica ou mineral, aproximadamente paralela à superfície do terreno e que possui propriedades geradas pelos processos de formação dos solos, distinguindo-se das demais seções adjacentes.

Uma **camada** se diferencia de um horizonte por apresentar características que não resultam ou são pouco influenciadas pelos processos de formação do solo. As definições de horizonte e camada podem ser conflitantes, quando se considera o horizonte C de solos desenvolvidos a partir de sedimentos aluviais ou coluviais, em que as características do horizonte C são herdadas do material de origem, que é o próprio horizonte denominado C.

Os horizontes de um perfil de solo são formados por processos pedogenéticos múltiplos de adições, perdas, translocações e transformações, devido ao fato desses fenômenos ocorrerem com intensidades diferentes através do regolito. O perfil do solo exprime a ação conjunta dos diversos fatores responsáveis pelo seu aparecimento. Suas várias propriedades, tais como textura, cor, estrutura, consistência e sequência de horizontes caracterizam-no. Logo, o perfil representa a unidade fundamental para o estudo do solo.



Figura 2. Diferentes perfis de solos. (A) Chernossolo Rêndzico; (B) Gleissolo Háplico; (C) Organossolo Fólico e (D) Argissolo Vermelho. Fotos: Marcos Gervasio Pereira.

O estudo do perfil do solo pode ser realizado no campo, pela descrição morfológica (ou simplesmente descrição do perfil), e em laboratório, por determinações analíticas (análises físicas, químicas e mineralógicas) nas amostras colhidas de cada horizonte durante a descrição do perfil. Na descrição do perfil no campo é feita a coleta de amostras seguindo as normas contidas no Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo (Santos et al., 2015).

Na descrição são identificados e separados entre si os horizontes e/ou camadas, levantando-se de cada um as seguintes características: nomenclatura, espessura (limite superior e inferior em centímetros a partir do primeiro horizonte mineral), cor do material de solo (seco e úmido), textura, estrutura, consistência (seco, úmido e molhado), forma e nitidez de transição para o horizonte seguinte, certos pormenores de importância (cerosidade, superfície de fricção, cimentação, nódulos e concreções minerais, eflorescências, frequência de raízes e linhas de pedra).

O estudo dos solos também pode ser feito mediante a amostragem por tradagens, porém esta apresenta alguns inconvenientes, tais como a destruição das unidades estruturais, impossibilitando assim a avaliação correta da estrutura e da cerosidade, por exemplo. Entretanto, é possível examinar a cor, avaliar a textura e a consistência. A identificação dos horizontes é feita, em parte, pelas propriedades morfológicas que ele apresenta, e pelas interações com os horizontes subjacentes. Vale ressaltar que as informações de campo (morfologia) deverão ser completadas por análises de laboratório.

#### 4 | HORIZONTES E CAMADAS DO SOLO

Reconhecem-se oito horizontes e camadas principais, designados por letras maiúsculas **O**, **H**, **A**, **E**, **B**, **C**, **F**, e **R**. Destes, três são por definição sempre horizontes e são designados por **A**, **E**, **B**; as designações **O**, **H**, **C**, **F**, em função da evolução pedogenética, qualificam horizontes ou camadas; e **R** identifica exclusivamente camada. Por conveniência de descrição e de estudo, os horizontes ou camadas recebem denominações e símbolos convencionais com significado genético. As principais são:

**O** e **H** - Usados em horizontes ou camadas de constituição orgânica, sendo “**O**” exclusivamente em solos com boa drenagem, e “**H**” em solos mal drenados, com condições de anaerobiose (lençol freático próximo à superfície). Podem ser divididos com a utilização de subscritos “**o**” e “**d**”, em função do grau de decomposição do material orgânico, à saber: “**o**” - material orgânico pouco decomposto com predomínio de detritos (folhas, raízes, etc.) onde se identifica a forma do material; e “**d**” material orgânico com estágio adiantado de decomposição.

**A** - Reservado para horizontes minerais superficiais, caracterizados pelo elevado teor de matéria orgânica que os horizontes subjacentes. Este horizonte geralmente

tem cor mais escura, e estrutura granular. Por vezes, pode ser subdivido em A e AB em função de características genéticas. O horizonte (ou subhorizonte) A é o mais superficial e com maior atividade biológica que favorece adição de matéria orgânica, e cujas características morfológicas estão mais relacionadas a essa atividade. Geralmente apresentam menores valores de densidade do solo e menor teor de argila, com maior desenvolvimento da estrutura granular, estrutura que favorece a circulação de ar, fluxo de água e fixação dos vegetais ao solo.

**E** – Horizonte de translocação de materiais (matéria orgânica, argila entre outros) em função da translocação pode apresentar cores claras e/ou textura arenosa.

**B** - Horizonte mineral subsuperficial (ou à superfície do terreno quando o horizonte superficial tiver sido removido por processos erosivos) que apresenta melhor expressão dos processos pedogenéticos e, portanto, tem domínio de características genéticas sobre as herdadas do material de origem (cor, estrutura, evidências de eluviação, entre outras.). O horizonte B é considerado como base da classificação dos solos, uma vez que neste há menor influência da ação modificadora do homem e dos agentes erosivos. Também pode ser subdividido em BA, B e BC.

**C** - Horizonte mineral, adjacente à rocha matriz ou representando o próprio material de origem do solo (sedimentos), que possui domínio de características herdadas sobre as genéticas. Quando o perfil de solo desenvolve-se diretamente a partir do manto de intemperismo de rochas, o horizonte C pode apresentar: minerais primários facilmente intemperizáveis, material da rocha inconsolidada com propriedades da rocha matriz (cor variegada; estrutura laminar, gnaíssica, orientada, etc.) e textura semelhante ao material de origem. O horizonte C é subdividido em C1, C2 e C3, etc. No entanto, apenas o horizonte C1 têm conotação genética, os demais referem-se simplesmente à posição em relação a rocha matriz ou a existência de diferentes estratos de sedimentos.

**F** – Horizonte ou camada formada por consolidação de minerais ricos em ferro (petroplintita), podendo apresentar-se de forma contínua ou praticamente contínua.

**R** - Este símbolo é usado para designar a camada mineral consolidada e coesa (não pode ser cortada com pá, quando úmida) que representa o substrato rochoso.

Ao conjunto dos horizontes minerais acima do horizonte C (A+B) chamamos de *solum*. Ainda, dentro de uma variação vertical no perfil, pode-se encontrar camadas ou horizontes sem relação com os adjacentes, indicando uma descontinuidade do material de origem (representada por prefixos numéricos em arábico) antepostos ao símbolo do horizonte. Por exemplo, o Horizonte 2Bt. Os horizontes principais podem ainda ser subdivididos pelo acréscimo de mais um algarismo, por exemplo B1, B2, etc. Esta subdivisão em subhorizontes, com pequena variação entre as propriedades morfológicas, resulta da conveniência do pedólogo ou da finalidade da pesquisa em

execução.

## Principais Sufixos Usados para Identificação de Horizontes

Sufixos são letras (minúsculas) que se pospõem à designação dos horizontes para assinalar alguma característica notável, que pode ser indicativa do processo pedogenético ou não. Os principais sufixos usados para identificação de horizontes encontram-se apresentados na tabela 1.

Subscrito	Característica
d	Avançado estado de transformação da matéria orgânica.
f	Material laterítico brando ou plintita.
g	Gleização intensa.
h	Acúmulo de material orgânico coloidal iluvial.
i	Desenvolvimento incipiente de horizonte.
j	Tiomorfismo.
n	Acúmulo de sódio trocável.
o	Material orgânico não decomposto.
p	Aração ou outras pedoturbações.
r	Rocha branda ou saprolito (exclusivo do horizonte C).
s	Acúmulo iluvial de óxidos de ferro e alumínio com matéria orgânica.
t	Acúmulo de argila (iluvial ou não).
w	Intensa intemperização com inexpressiva acumulação de argila.

Tabela 1. Principais sufixos observados em horizontes e/ou camadas.

## 5 | CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS

### Propriedades Morfológicas

A morfologia do solo significa o estudo da aparência do solo no meio ambiente natural. Esta descrição é feita segundo as características visíveis a olho nu, ou prontamente perceptíveis. Em seu conjunto, as características morfológicas são a base inicial para definir o corpo natural edáfico. Além de sua importância na descrição do perfil, ela é utilizada para inferir sobre outras propriedades importantes no manejo do solo, tais como: drenagem, retenção de umidade, permeabilidade, compactação, susceptibilidade à erosão, resistência a mecanização agrícola, etc.

As características morfológicas permitem separar, no campo, diferentes unidades taxonômicas, homogêneas, que poderão constituir uma classe de solos. Dentre as principais características morfológicas, utilizadas na descrição do perfil de

solo, destacam-se: espessura, arrançamento e número de horizontes; transição entre horizontes; cor; textura; estrutura; cerosidade; e consistência. Além das propriedades referentes aos horizontes, descrevem-se ainda características referentes a paisagem em que se situa o perfil, tais como: declividade, relevo, grau de erosão, altitude, uso atual, entre outra. Na descrição morfológica adota-se uma terminologia própria, convencionada pelo Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo (Santos et al., 2015).

**Profundidade e espessura** - Após a separação dos horizontes, mede-se a espessura dos mesmos, iniciando-se a medição a partir do topo do primeiro horizonte mineral. Quando a transição de um horizonte para o outro não é representada por um plano paralelo à superfície do terreno, tomam-se as espessuras máxima e mínima deste horizonte. No caso de horizontes orgânicos, coloca-se o zero da fita métrica no topo do horizonte mineral superficial e faz-se a leitura inversa.

**Transição entre horizontes** - Refere-se à nitidez ou contraste de separação entre horizontes, e a topografia do plano horizontal que marca a separação (Figura 3).

Quanto à nitidez, a transição entre horizontes pode ser:

1. Abrupta - Faixa de separação com largura < 2,5 cm;
2. Clara - Faixa de separação com largura de 2,5 a 7,5 cm;
3. Gradual - Faixa de separação com largura de 7,5 a 12,5 cm; ou
4. Difusa - Faixa de separação com largura > 12,5 cm.

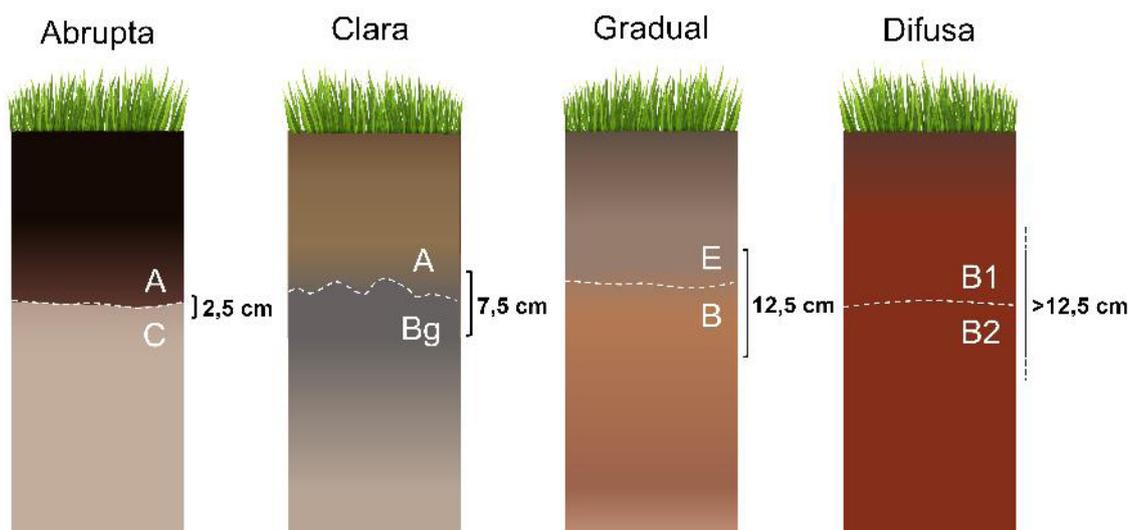


Figura 3. Tipos de transição entre horizontes do solo, quanto à nitidez.

Quanto à topografia da faixa de separação pode ser (Figura 4):

1. Plana - Limites planos;
2. Ondulada - As dimensões horizontais excedem as verticais;

3. Irregular - As dimensões verticais excedem as horizontais; ou
4. Descontínua - Não há continuidade na faixa de separação.

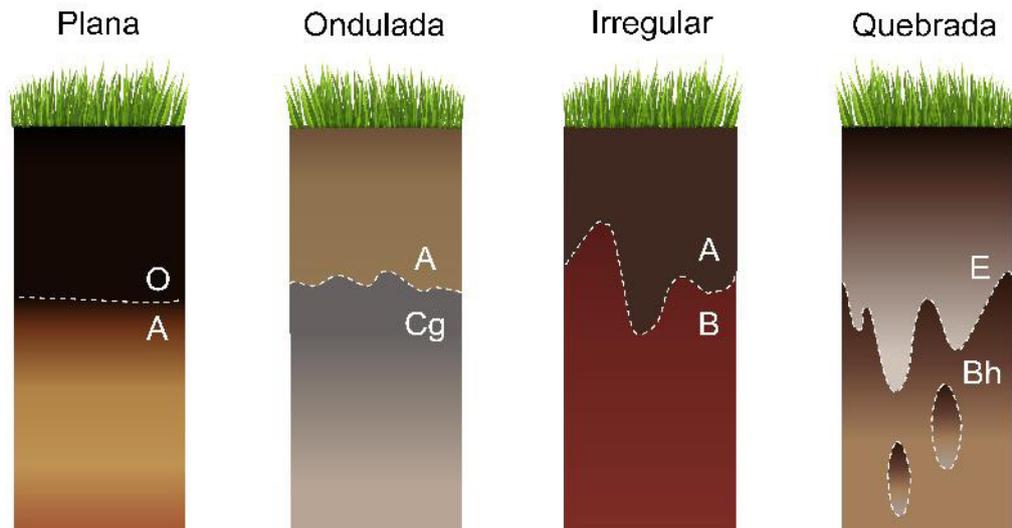


Figura 4. Tipos de transição entre horizontes do solo, quanto à topografia.

**Cor** - É uma das características que mais saltam à vista, mas tem pouca ou nenhuma influência sobre os fenômenos que se passam no solo, exceto sobre o regime térmico. É considerada uma das propriedades morfológicas mais importantes, na diferenciação de horizontes, na avaliação do teor de matéria orgânica, na avaliação do grau de oxidação/hidratação dos compostos férricos, na avaliação da drenagem do perfil, etc. A cor do material do solo representa uma mistura das cores de seus componentes. Os principais agentes pigmentantes do solo são:

**Matéria orgânica** - tende a conferir aos solos as cores escuras, notadamente quando o material está úmido.

**Óxi-hidróxidos de ferro** - vermelho quando desidratado (hematita) e amarelo quando hidratado (goethita).

Quando ocorre a redução do ferro ( $Fe^{+2}$ ) ele deixa de atuar como pigmentante e minerais como caulinita (na fração argila) e quartzo (na fração areia) passam a expressar sua cor tornando o solo cinzento.

A identificação da cor é feita através da Carta de Cores de Munsell para Solos (padrão de referência) e as notações (traduções) convencionais pela Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. A cor do torrão do solo (seco e úmido) é identificada por comparação e recebe um símbolo alfanumérico, em que os grupos de dígitos indicam matiz (hue), valor (value) e croma (chroma), os três elementos de uma cor. Os matizes de baixa frequência (vermelho e amarelo) e de valores altos indicam condições de oxidação (solos bem drenados); os matizes de alta frequência e valores baixos indicam condições de redução (solos mal drenados) (Figura 5).

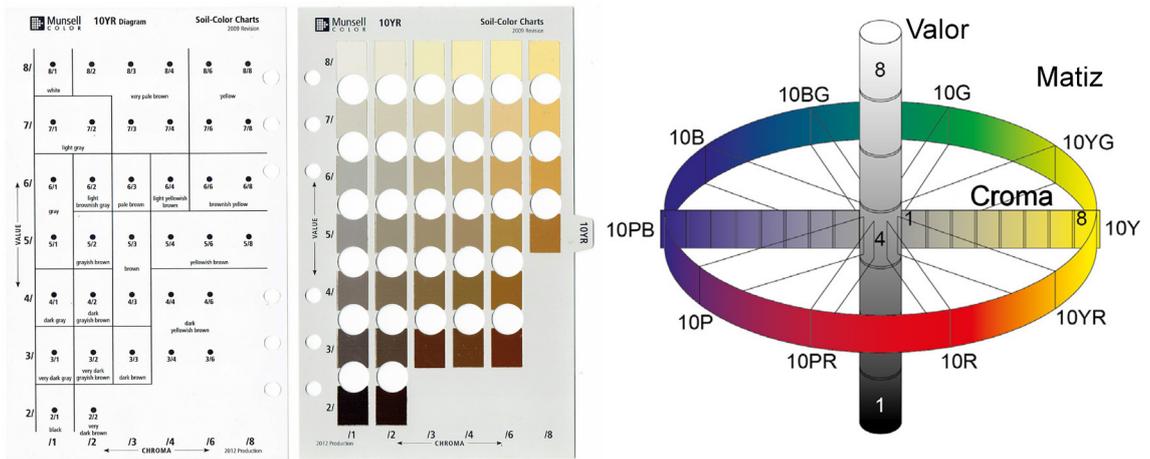


Figura 5. Esquema de avaliação das cores do solo, com base na Carta de Cores Munsell para Solos (Munsell Soil Color Charts, 1994).

A cor do material do solo pode ser “simples” ou composta. É dita “simples” quando a olho nu distingue-se uma única cor; é dita composta quando há manchas de cores diferentes. As cores compostas podem ser de vários tipos: os mais importantes são o mosqueado de redução (característico dos horizontes gleizados) (Figura 6) e o mosqueado de tons vermelhos e amarelos chamado plintita (que indica alternância de hidratação e ressecamento de uma zona subsuperficial, causada pela drenagem difícil da faixa plintitizada).



Figura 6. Mosqueado (alaranjado) em horizonte glei. Foto: Marcos Gervasio Pereira.

**Textura / Classe Textural** - Refere-se as proporções das partículas areia, silte e argila (fração granulométrica) presentes no solo. Também é uma propriedade muito importante na diferenciação de horizontes, na avaliação das relações genéticas entre os horizontes A e B (gradiente textural), e na estimativa da drenagem do perfil. A classe textural, no campo, é determinada por um processo expedito, caracterizado pela avaliação de: sensações táteis (aspereza, sedosidade, friabilidade); e consistência do material úmido (plasticidade e pegajosidade). O diagrama de Triângulo Textural é

utilizado para apresentar as classes texturais (USDA-SBCS) (Figura 7).

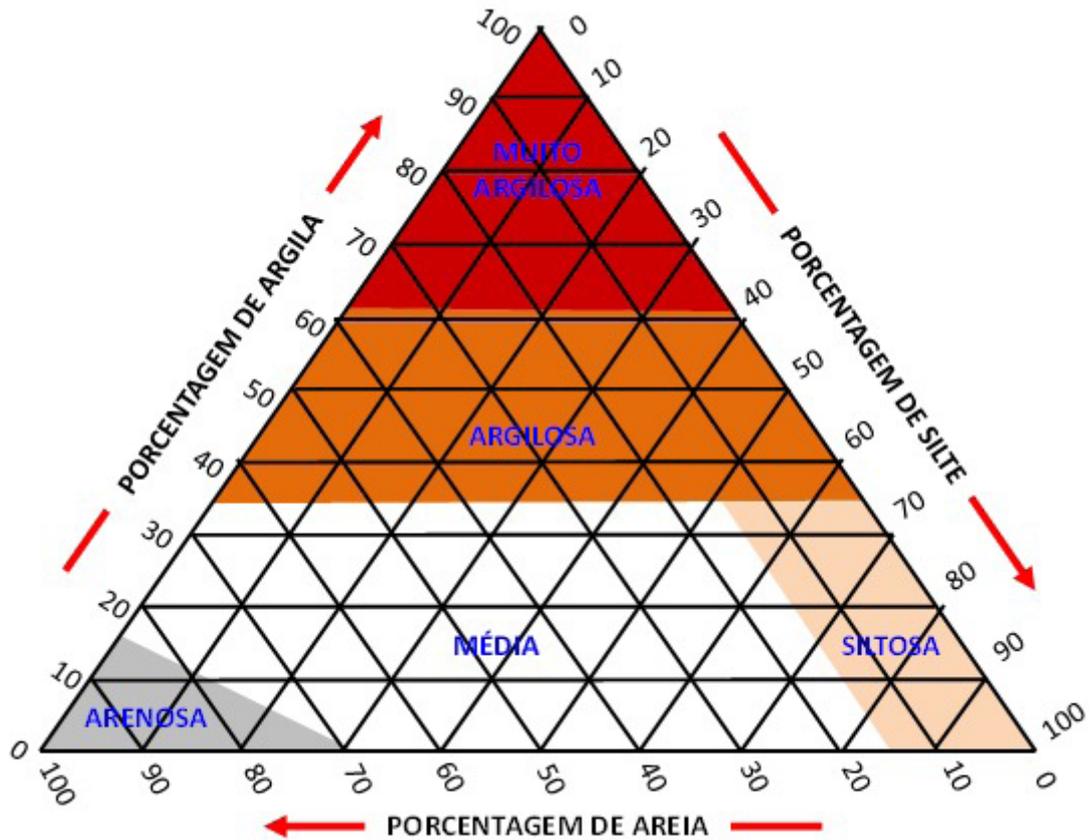


Figura 7. Triângulo textural para determinação da classe textural.

**Estrutura** - Refere-se ao arranjo das partículas unitárias do solo em aglomerados ou agregados, que são separados de agregados adjacentes por superfícies de fraqueza. Esta definição assemelha-se ao conceito de *peds* (Soil Survey, 1951), entretanto, na descrição de campo, um solo que não apresenta arranjo de suas partículas unitárias, também é identificado quanto à sua estrutura (grãos simples ou maciça). A descrição da estrutura é feita quanto à forma ou tipo (Figura 8), ao tamanho e ao grau de desenvolvimento. A estrutura é avaliada de acordo com os seguintes parâmetros:

- Quanto à forma:

1. Laminar - As partículas unitárias estão arranjadas segundo um plano no horizontal.

2. Granular - Os agregados têm forma e aspecto arredondados, sem apresentar faces de contato. Pode ser: granular p.pm/dita - pouco porosas, e grumosa - muito porosas.

3. Prismática - Os agregados têm um eixo vertical maior que o eixo horizontal. Pode ser: colunar - ápices arredondados, ou prismática propriamente dita - ápices angulosos.

4. Blocos - Os agregados têm dimensões equivalentes, nas três direções x, y e z.

Pode ser: angular quando as faces são planas e os vértices angulares, e subangular, - quando as faces e vértices forem ligeiramente arredondados, ou algumas faces e vértices o forem.

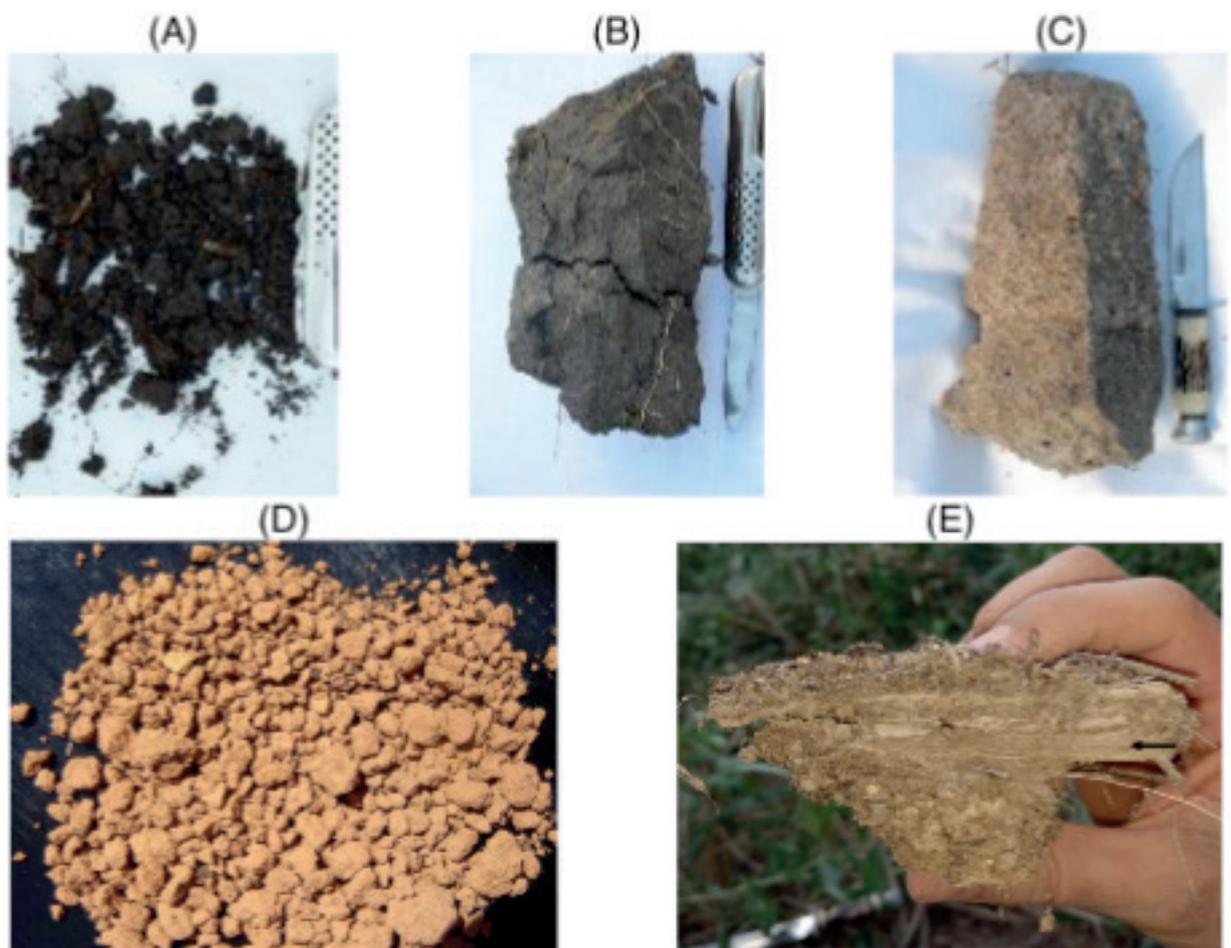


Figura 8. Tipos de estrutura quanto a forma. (A) Granular; (B) prismática que se desfaz em blocos angulares. (C) colunar; (D) blocos subangulares e; (E) laminar. Fotos: Marcos Gervasio Pereira e Sérgio Hideite Shimizu.

- Quanto ao tamanho:

As diversas unidades estruturais são divididas em cinco classes, quanto ao tamanho: muito pequena, pequena, média, grande e muito grande; em que os limites de cada classe variam com o tipo de estrutura.

- Quanto ao grau de desenvolvimento:

O grau de desenvolvimento diz respeito à coesão dentro dos agregados e entre eles, isto é, à proporção entre material agregado e individualizado (terra fina) em uma amostra. Podem ser divididos em:

1. Sem agregação - Quanto não se observam unidades estruturais (*peds*) separadas por superfícies de fraqueza. Pode ser grãos simples (material não coerente) ou maciça (material coerente).

2. Com agregação - Pode ser fraca, moderada ou forte, em função da resistência dos agregados, face ao manuseio, e da proporção entre material agregado e não agregado.

**Cerosidade** - Aspecto ceroso, um tanto brilhante, que ocorre na superfície dos agregados (pedes), em alguns solos (Figura 9). Decorre da deposição de película de material coloidal (argilo- minerais ou óxido de ferro) na superfície dos pedes (cutans de iluviação). É identificada quanto ao grau de desenvolvimento (fraca, moderado ou forte), em função do contraste em relação a matiz do agregado, quanto à quantidade (pouco, comum e abundante) e quanto à nitidez (difusa, distinta e proeminente).

Além da cerosidade devem ser destacadas, quando existirem, superfícies de fricção (*slikensides*) superfícies de compressão. A primeira refere-se a efeitos de expansão e contração do material do solo. (argila 2:1 - caráter vértico), e a segunda da compressão da massa do solo.

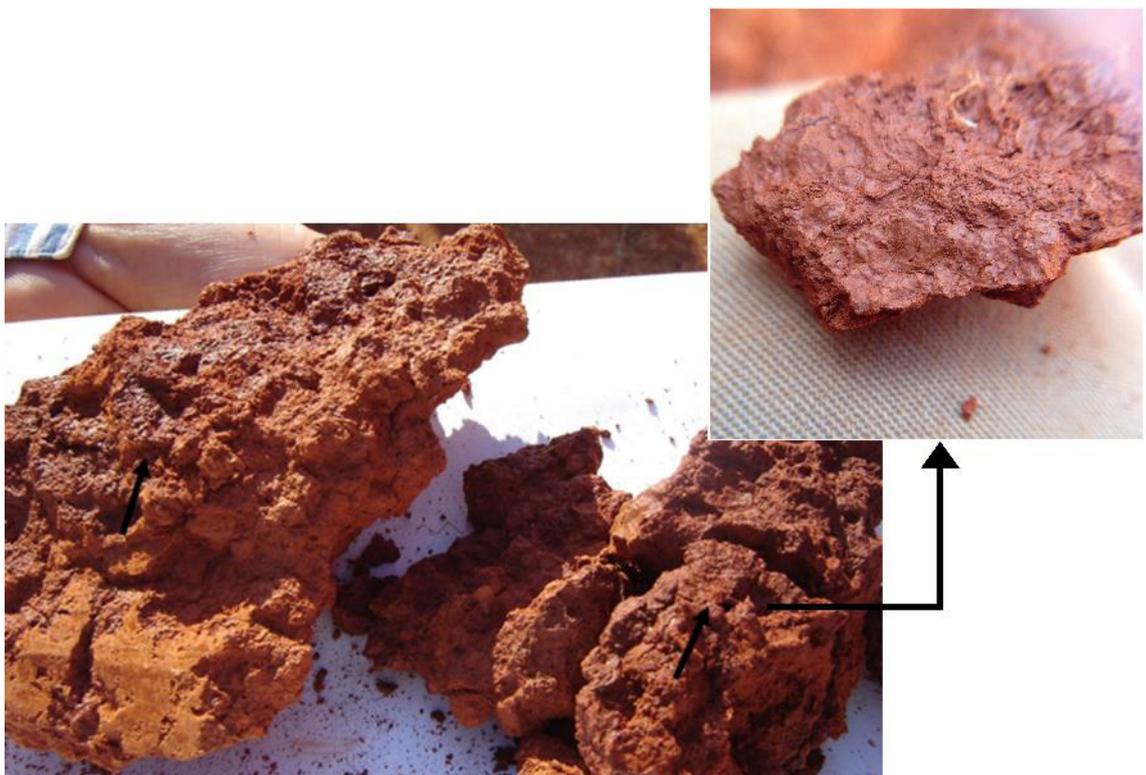


Figura 9. Revestimentos de argila com aspecto lustroso (cerosidade) na superfície do agregado.  
Fotos: Marcos Gervasio Pereira.

**Consistência** - Refere-se ao grau de manifestação das forças físicas de coesão e adesão, em função da umidade do material de solo.

- Consistência do material quando seco - Caracterizada pelo grau de dureza ou tenacidade, avaliada em amostras indeformadas (torrões). Poderá ser: solta, macia, ligeiramente dura, dura, muito dura ou extremamente dura.
- Consistência do material úmido - Caracterizada pelo grau de friabilidade, também se utilizam torrões. Pode ser: solto, muito friável, firme, muito firme e extremamente firme.
- Consistência do material molhado - Caracterizada pelo grau de plasticidade, capacidade de ser moldado, e de pegajosidade, capacidade de aderir

a outros objetos. Quanto à plasticidade, pode ser não plástica, ligeiramente plástica, plástica e muito plástica. Quanto à pegajosidade pode ser não pegajoso, ligeiramente pegajoso, pegajoso e muito pegajoso.

## 6 | PRINCIPAIS CLASSES DE SOLO NO BRASIL

### Latossolos

No Brasil, os Latossolos (Figura 10) ocupam mais de 30% do território, sendo, portanto, a ordem de maior expressão. Devido a intensa intemperização, são solos profundos, de boa drenagem, em sua grande maioria de baixa fertilidade natural e ocorrem em relevo plano a suave ondulado. São caracterizados pela presença do horizonte diagnóstico subsuperficial B latossólico, um horizonte espesso, com baixo conteúdo de minerais primários facilmente alteráveis, baixa capacidade de troca catiônica e relação molecular  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  (ki) inferior a 2,2 (Santos et al., 2018). Encontram-se amplamente distribuídos por todas as regiões do país, especialmente em ambientes mais úmidos que favorecem a intensa intemperização. Ocupam grandes áreas na Região Centro-Oeste e dos Estados de São Paulo e Paraná.

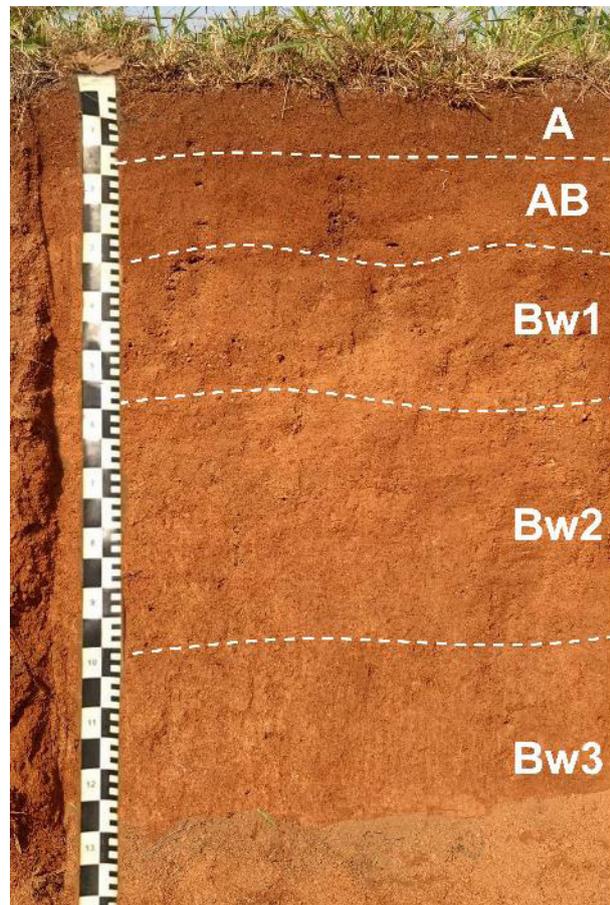


Figura 10. Perfil de Latossolo Vermelho-Amarelo. Foto: Marcos Gervasio Pereira.

Quanto a utilização, a principal limitação, para a maioria dos solos dessa ordem, está associada a baixa fertilidade natural, contudo, apresentam elevado potencial agrícola, tendo em vista que a elevada profundidade associada ao relevo plano onde ocorrem, favorecem a mecanização, a infiltração e o armazenamento de água, minimizando a ação da erosão.

## ARGISSOLOS

Os Argissolos ocupam a segunda maior extensão de área no Brasil. Caracterizam-se pela presença de um horizonte subsuperficial de acúmulo de argila, classificado como B textural (Santos et al., 2018), em sua grande maioria com baixa capacidade de troca catiônica e baixa fertilidade natural. Ocorrem predominantemente no terço superior e médio da paisagem, normalmente em relevo suave ondulado e ondulado.

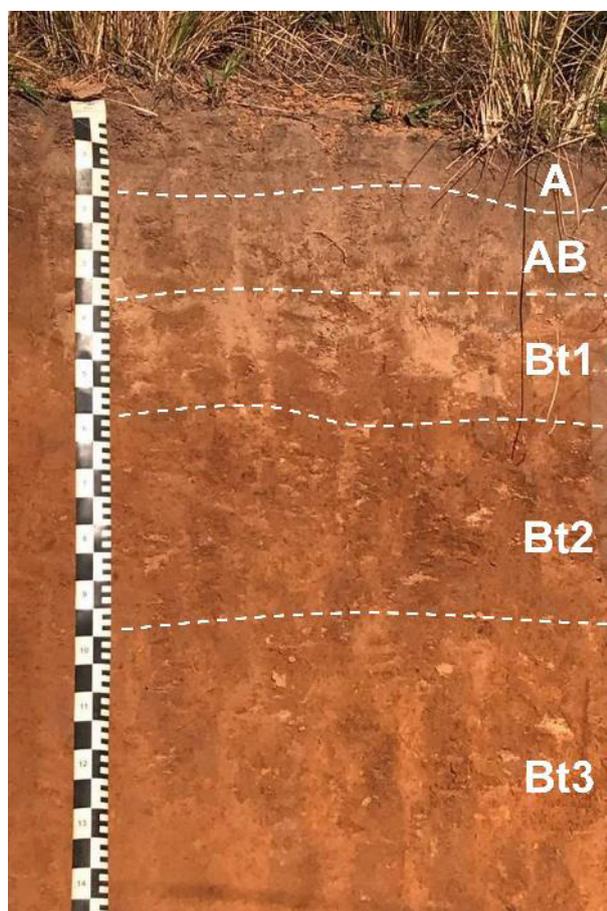


Figura 11. Perfil de Argissolo Vermelho-Amarelo. Foto: Carlos Roberto Pinheiro Junior.

Encontram-se amplamente distribuídos por todo país, desde os Pampas Gaúchos até a região Nordeste e, apresentam como principal limitante a utilização, a susceptibilidade a erosão, devido acumulação de argila em subsuperfície que altera a permeabilidade e favorece o início do escoamento lateral, principalmente em área de maior declividade. Nesse sentido, devem ser destinados, principalmente ao

cultivo de lavouras perenes com menor revolvimento do solo, ou culturas anuais com intensa utilização de práticas conservacionistas.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo dos solos como corpos naturais vem do conceito clássico de pedogênese, em que os solos resultam da interação entre cinco fatores de formação: clima, organismos, relevo, material de origem e tempo. Por essa perspectiva, o solo deixa de ser um substrato e passa a ser tratado como entidade/indivíduo. Os seres humanos, como componentes da biosfera, tornaram-se cada vez mais um fator significativo interagindo com as outras esferas. Conseqüentemente, a “antroposfera” é agora considerada uma grande influência na formação do solo.

O solo é um recurso essencial para todos os organismos terrestres, incluindo o homem, razão pela qual deriva em grande parte sua importância – as funções do solo permitem que ecossistemas e sociedades se desenvolvam e evoluam. Representa a interface entre atmosfera, biosfera, hidrosfera e litosfera. Os ambientes nos quais esses quatro elementos interagem são, muitas vezes, os mais complexos e diversificados da Terra. Portanto a compreensão completa dos solos requer conhecimentos de muitas outras ciências, sendo a Pedologia uma ciência interdisciplinar.

Para finalizar, pode-se afirmar que o estudo dos atributos do solo é potencialmente útil para a interpretação da relação solo-paisagem, além de fornecer informações importantes para o uso, manejo e conservação desse recurso limitado.

## REFERÊNCIAS

ANJOS, L. H., FERNANDES, M. R., PEREIRA, M. G.; FRANZMEIER, D. P. Landscape and pedogenesis of an Oxisol-Inceptisol-Ultisol sequence in Southeastern Brazil. *Soil Science Society of America Journal*, 62(6), 1651-1658.1998.

BRADY, N.C.; WEIL, R.R. **Elementos da Natureza e Propriedades dos Solos**. 3ª ed. Tradução técnica: Igo Fernando Lepsch. Editora Bookman, Porto Alegre, RS, 2013. 685 p.

FONTES, M. P. F. Intemperismo de rochas e minerais. In: KER, J.C.; SHAEFER, C.E.G.R; VIDAL-TORRADO, P. **Pedologia: fundamentos**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2012. p. 171-205.

JENNY, H. **Factors of Soil Formation: a system of quantitative pedology**. McGraw-Hill, New York, 1941. 281 p.

KÄMPF, N.; CURTI, N. Formação e evolução do solo (Pedogênese). In: KER, J.C.; SHAEFER, C.E.G.R; VIDAL-TORRADO, P. **Pedologia: fundamentos**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Viçosa-MG, 2012, p.207-302.

MUNSELL COLOR. **Munsell soil color charts**. New Windsor, 1994. Revised edition.

PAVINATO, P.S.; RESOLEM, C.A. Disponibilidade de nutrientes no solo – decomposição e liberação

de compostos orgânicos de resíduos vegetais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 3, p. 911-920. 2008.

SANTOS, H.G.; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C.; OLIVEIRA, V.A.; LUMBRERAS, J.F.; COELHO, M.R.; ALMEIDA, J.A.; CUNHA, T.J.F.; OLIVEIRA, J. B. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, p. 590, 2018.

SANTOS, R.D.; LEMOS, R.C.; SANTOS, H.G.; KER, J.C.; ANJOS, L.H.C.; SHIMIZU, S.H. **Manual de descrição e coleta de solo no campo. 7ª ed. revisada e ampliada, Viçosa**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 101p, 2015.

SUGUIO, K. **Geologia Sedimentar**. Edgard Blücher Ltda./EDUSP, São Paulo, SP, 2003, 400 p.