



Ciência do Solo: Morfologia e Gênese

Ciência do Solo: Morfologia e Gênese

Renato Augusto Soares Rodrigues

© 2018 por Editora e Distribuidora Educacional S.A.

Todos os direitos reservados. Nenhuma parte desta publicação poderá ser reproduzida ou transmitida de qualquer modo ou por qualquer outro meio, eletrônico ou mecânico, incluindo fotocópia, gravação ou qualquer outro tipo de sistema de armazenamento e transmissão de informação, sem prévia autorização, por escrito, da Editora e Distribuidora Educacional S.A.

Presidente

Rodrigo Galindo

Vice-Presidente Acadêmico de Graduação e de Educação Básica

Mário Ghio Júnior

Conselho Acadêmico

Ana Lucia Jankovic Barduchi

Camila Cardoso Rotella

Danielly Nunes Andrade Noé

Grasiele Aparecida Lourenço

Isabel Cristina Chagas Barbin

Lidiane Cristina Vivaldini Olo

Thatiane Cristina dos Santos de Carvalho Ribeiro

Revisão Técnica

Carolina Belei Saldanha

Paulo Sérgio Siberti da Silva

Editorial

Camila Cardoso Rotella (Diretora)

Lidiane Cristina Vivaldini Olo (Gerente)

Elmir Carvalho da Silva (Coordenador)

Leticia Bento Pieroni (Coordenadora)

Renata Jéssica Galdino (Coordenadora)

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Rodrigues, Renato Augusto Soares

R696c Ciência do solo : morfologia e gênese / Renato Augusto

Soares Rodrigues. – Londrina : Editora e Distribuidora
Educacional S.A., 2018.

264 p.

ISBN 978-85-522-1093-1

1. Pedogênese. 2. Perfil do solo. 3. Intemperismo.
I. Rodrigues, Renato Augusto Soares. II. Título.

CDD 630

Thamiris Mantovani CRB-8/9491

2018

Editora e Distribuidora Educacional S.A.

Avenida Paris, 675 – Parque Residencial João Piza

CEP: 86041-100 – Londrina – PR

e-mail: editora.educacional@kroton.com.br

Homepage: <http://www.kroton.com.br/>

Sumário

Unidade 1 Introdução à ciência do solo e mineralogia do solo	7
Seção 1.1 - Introdução à ciência do solo	10
Seção 1.2 - Introdução à mineralogia aplicada à agricultura	29
Seção 1.3 - Ciclo e tipo de rochas	49
Unidade 2 Gênese do solo	71
Seção 2.1 - Intemperismo e fatores de formação dos solos	73
Seção 2.2 - Processos pedogenéticos	92
Seção 2.3 - Processos gerais de formação dos solos	113
Unidade 3 Introdução à morfologia do solo	133
Seção 3.1 - Processos específicos de formação dos solos	135
Seção 3.2 - Propriedades morfológicas do solo	154
Seção 3.3 - Propriedades químicas dos solos	173
Unidade 4 Morfologia do solo aplicada	197
Seção 4.1 - Descrição morfológica externa do solo	200
Seção 4.2 - Perfil do solo	219
Seção 4.3 - Importância agrônômica da caracterização morfológica dos solos	236

Palavras do autor

O solo é o corpo natural da superfície terrestre e contém materiais minerais e orgânicos resultantes das interações dos fatores de formação, como o clima, os organismos vivos, o material de origem e o relevo ao longo do tempo, que contém matéria viva e, em parte, é modificado pela ação humana, capaz de sustentar plantas, de reter água, de armazenar e transformar resíduos e suportar edificações.

O solo ampara o desenvolvimento dos vegetais, principalmente fornecendo sustentáculo, água e nutrientes para as raízes que, em seguida, distribuem-se para a planta. Os atributos dos solos podem originar as formas de vegetação que neles se desenvolvem, sua produção e, indiretamente, podem determinar a quantidade e as espécies animais que são sustentadas por essa vegetação. Enquanto que as propriedades dos solos definem a distribuição da água nas camadas da terra.

Outra função fundamental que o solo exerce é o desempenho ativo na ciclagem de nutrientes e destino que se dá aos indivíduos animais e restos vegetais que estão se decompondo na superfície da terra. O solo é, também, o hábitat para muitos organismos que afetam as suas propriedades, como a porosidade, que é responsável pela circulação e manutenção de água e ar no solo. Também os organismos são de alguma forma influenciados pelas características do solo.

Ressalta-se que o estudo sobre o solo será abordado durante todo o curso de Agronomia, sendo importante para outras disciplinas, que abordarão sobre a sua aplicação de forma interdisciplinar e com diferentes graus de complexidade de acordo com o ambiente em que se está trabalhando. Neste livro didático, abordou-se o solo como um componente fundamental do meio ambiente, presente no nosso cotidiano e atrelado à história do desenvolvimento humano, de modo que a todo instante estamos interagindo com ele. De forma geral, você compreenderá que o solo está relacionado a várias atividades, além das agrícolas.

Através da leitura e estudo deste livro, você compreenderá e saberá aplicar os conhecimentos básicos de ciência do solo e mineralogia. Será capaz de entender que o solo é um elemento

dinâmico e espontaneamente organizado, podendo ser estudado isoladamente ou com interação de diversos fatores presentes no meio rural. Outro ponto fundamental será entender a gênese de um solo utilizado para agricultura, entendendo a influência do intemperismo, dos processos e dos tipos de formação do solo.

Você vai estudar que o solo é consequência da ação do intemperismo, que combina ações de fatores bióticos e abióticos, e que ao reagir com o material de origem, aliado aos fatores de formação dos solos, os processos pedogenéticos e os processos gerais de formação, formarão as características morfológicas externas do solo, bem como o seu perfil. Essa compreensão será fundamental para que você possa entender a importância agronômica da caracterização morfológica dos solos.

No livro, iremos estudar a origem e a morfologia do solo considerando-o como um agente muito relevante para a produtividade agrícola, dando atenção especial à sua imediata utilização prática.

Nesse contexto você, aluno, será nosso parceiro nessa busca pelo conhecimento da ciência do solo que têm expressivo valor local, regional e mundial, à medida que contribui com o balanceamento dinâmico dos ecossistemas, desencadeando uma série de fatores de produtividade estratégica para relação das nações, principalmente pela sua natureza fundamental para a produção de alimentos, de modo a garantir o desenvolvimento sustentável.

Introdução à ciência do solo e mineralogia do solo

Convite ao estudo

Caro estudante, seja bem-vindo à Unidade 1 da disciplina “Ciência do Solo: Morfologia e Gênese”. Ao longo do tempo o solo tem sido um dos elementos mais utilizados pelos seres humanos, e dele sempre dependeu para realizar algumas das suas atividades básicas como: locomoção, abrigo e alimentação. Dessa forma, os conceitos de solo variam tanto quanto as atividades humanas que nele podem ser desenvolvidas. Assim, cada pessoa pode ter uma concepção sobre o solo e ter um entendimento de solo mais relacionado com as atividades desempenhadas, porém, nem sempre esse conhecimento está relacionado com as características e natureza daquele solo. Aliado a esse entendimento, é fundamental a compreensão da influência dos minerais e das rochas que formam o solo e das suas características e propriedades físicas, possibilitando assim, a compreensão e aplicação dos conhecimentos básicos de ciência do solo e mineralogia nas atividades agrícolas.

Para aplicar e entendermos melhor a relação da mineralogia com a formação dos solos, e a importância e os principais conceitos relacionados à pedologia, vamos partir da seguinte situação: nos últimos cinco anos a produção agrícola de um importante município brasileiro vem decrescendo em níveis alarmantes. Desta forma, visando o desenvolvimento local e o aumento da produtividade agrícola do município, a prefeitura contratou a empresa em que você trabalha como engenheiro agrônomo capacitado em solo, com o intuito de averiguar qual era a origem do

problema relatado, já que esta é especializada em estudos agronômicos e geológicos.

Nesse contexto, para averiguar o problema relatado, você e sua equipe começarão o trabalho percorrendo áreas agrícolas do município, onde deverá ser escolhida a técnica mais adequada de acordo com os dados obtidos, procedimento chamado de levantamento de reconhecimento. Este método é executado para fins de avaliação qualitativa e semiquantitativa de solos.

Será possível identificar como os produtores compreendem a importância dos solos agrícolas da região? Os solos do município estão sendo utilizados corretamente? Qual a relação estabelecida entre os produtores e os solos? Quais as principais propriedades das rochas que poderão ser observadas ou inferidas? As características dos solos da região são derivadas de quais grupos de minerais? Os solos com maior teor de areia são originários de qual grupo de rochas?

Para solucionar esses questionamentos, o método de levantamento de reconhecimento deverá ser baseado na estimativa do potencial de uso agrícola e será dividido em um estudo composto por três etapas. A **1ª etapa** consistirá em visitas a duas áreas de produção de hortaliças (baixa e alta produtividade) para capacitação dos produtores sobre a formação dos solos e a sua importância para a agricultura e meio ambiente. Na **2ª etapa** será visitada uma área com heterogeneidade na produtividade agrícola devido à concentração anômala de minerais no solo. Na **3ª e última etapa** serão realizadas, através da análise de um solo proveniente da região próxima a um rio que corta o município, inferências a respeito dos tipos de rocha que influenciam na sua formação.

Com a conclusão das três etapas, este estudo deverá se concretizar na forma de um relatório com a descrição da formação do solo, da influência dos minerais que o compõem na produtividade e deverá apontar como as rochas podem influenciar as suas características. Este relatório será entregue

à prefeitura a fim de que o órgão possa acompanhar ao lado dos produtores a correção e evolução dos níveis produtivos das áreas agrícolas do município.

O seu trabalho será direcionado aos produtores agrícolas e será fundamental para auxiliar na tomada de decisão do setor público que lida com assuntos relativos ao meio ambiente, à agricultura e à sociedade. Assim será possível entender os diferentes conceitos e a importância do solo para a agricultura e o meio ambiente. Vamos lá? Bons estudos!

Seção 1.1

Introdução à ciência do solo

Diálogo aberto

O solo é o meio natural para o crescimento e o desenvolvimento de vários organismos vivos fornece, às raízes, crescimento, suporte, água, oxigênio e nutrientes. O solo também é um componente fundamental do ecossistema terrestre por ser o principal substrato utilizado pelas plantas para o seu crescimento e disseminação.

Desta forma, o solo pode ser considerado como um importante componente, sendo um dos substratos mais utilizados para o desenvolvimento da agricultura ao longo da história e crescimento das civilizações. Porém, nem todos que usufruem deste recurso natural conhecem-no e sabem utilizá-lo da maneira correta. Para entendermos melhor esse tema, vamos iniciar o nosso estudo partindo da seguinte situação, derivada do contexto-aprendizagem apresentado anteriormente:

Você e sua equipe percorreram o município onde estão trabalhando e entrevistaram vários produtores, entre eles os senhores Marcos e Carlos. Ambos produzem hortaliças, porém, enquanto o plantio de Carlos apresenta alta produtividade, Marcos enfrenta alguns problemas e não consegue produzir de forma satisfatória. Durante a conversa com Marcos, ele cita que investe bastante na área, porém, a partir do relato dele, você identifica que há utilização do maquinário agrícola de forma indiscriminada, aplicação de fertilizantes, sem respeitar as quantidades recomendadas, e também de agrotóxicos de forma excessiva para resolver de maneira rápida os problemas quando ocorre o aparecimento de pragas e doenças na área.

Os relatos dos produtores, aliado às visitas nas duas áreas de produção, contribuem para a realização da primeira etapa do levantamento de reconhecimento, que tem como objetivo a capacitação dos agricultores a respeito da formação do solo e a sua importância para a agricultura e meio ambiente do município, além de ratificar, junto aos produtores, a importância deste recurso ambiental e estabelecer a melhor relação entre os produtores e as terras.

Desta forma, será fundamental explorar, junto aos produtores, os seguintes pontos: quais os aspectos fundamentais da importância do solo para o meio ambiente bem como para as plantas? Como o uso indiscriminado de maquinários pode alterar a qualidade do solo da área de Marcos? Qual discurso você utilizaria para expor, principalmente a Marcos, sobre a importância de preservar a função ambiental dos solos, bem como para que ele entenda a influência das características e propriedades dos solos na agricultura?

Nesta seção de introdução à ciência do solo, estudaremos detalhadamente os conceitos sobre solos, suas características, propriedades e funções ambientais e determinaremos as soluções para tais questionamentos que servirão para a estruturação do relatório geral de diagnóstico. Vamos lá?

Não pode faltar

Entre os meios acessíveis na natureza, o solo evidencia-se pela sua diversidade de funções. Sua origem o identifica como recurso natural, acima de tudo, pela sua estruturação, sujeitando-se a aspectos edafoclimáticos ligados a organismos, sendo tais aspectos inter-relacionados e influenciados pelas atividades ao longo do tempo para o arranjo da camada da Terra.

A função do solo na produção agrícola ressalta-se como essencial para subsistência da vida. Na função de mediador ambiental, age como filtro, acumulador, amortecedor e é dirigente da distribuição de água, armazenando através de infiltração ou escoamento pluvial, agindo na reciclagem e armazenamento dos nutrientes e matéria orgânica, servindo de base para produção de biomassa, substrato para produção alimentícia e utilizado nas atividades agropecuárias.

O solo atua em várias funções importantes na produção vegetal. Ampara o desenvolvimento das plantas, principalmente fornecendo sustentáculo, água e nutrientes para as raízes. Em seguida, esses componentes são distribuídos para a planta e são efetivos para sua existência. Os atributos dos solos podem influenciar no desenvolvimento da vegetação que nele cresce, sua produção e, indiretamente, na determinação da quantidade de espécies animais que são sustentadas por essa vegetação. Enquanto que as propriedades dos solos estão mais relacionadas a fatores como distribuição da água nas camadas da terra, por exemplo.

Outra função fundamental que o solo exerce é a decomposição de animais e restos vegetais na superfície da terra. O solo é também o habitat para muitos organismos que afetam as propriedades do solo, como por exemplo a porosidade, que é responsável pela circulação e manutenção de água e ar no solo. Os organismos também são, de alguma forma, influenciados por essas características do solo.

Para compreender historicamente a importância que o solo exerce na sociedade, os povos antigos distribuíram-se nas redondezas das planícies e vales dos rios, principalmente por essas áreas possuírem solos férteis resultante de sedimentos das águas fluviais. Assim, ao longo do tempo, surgiu a necessidade de se estudar o solo. A demarcação histórica que aponta o início dos estudos dos solos no mundo é marcada no ano de 1877, no qual é produzida a primeira averiguação pedológica (OLIVEIRA, 2011).

No ano de 1883, foi divulgado pelo cientista considerado o pai da ciência do solo, Vasilli V. Dokouchaiev, um trabalho sobre solos na Rússia, no qual caracterizou o solo como corpo em movimento e naturalmente organizado, que pode ser estudado singularmente, assim como rochas, plantas e animais (OLIVEIRA, 2011). O autor inclui o solo como consequência do intemperismo, determinando ações de elementos bióticos e abióticos, inter-relacionando com o material de origem, cujo estudo é realizado através de descrição e análise dos horizontes que o constituem.



Vocabulário

Intemperismo, simplificado, é conhecido como o procedimento de modificação e desgaste das rochas e dos solos, através de processos físicos, químicos e biológicos.

No Brasil, meados de 1935, o Instituto Agrônomo de Campinas – IAC foi o pioneiro dos estudos sobre solos, especificamente no Estado de São Paulo, onde fica a sede do instituto. Desde então, foram realizados no mesmo ano os primeiros levantamentos de solos no Brasil e essa caracterização pedogênica foi publicada no ano de 1941.

Ressaltando a importância da pesquisa de solos, em 1947 foi fundada a Sociedade Brasileira de Ciência dos Solos - SBCS, atualmente sediada em Viçosa/MG. No mesmo ano, foi fundada

a Comissão de Solos do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA. Anos mais tarde, em 1969, surgiram os primeiros resumos de pedologia com enfoque brasileiro no lançamento do Manual de Métodos de Análise de Solos, de autoria de Leandro Vettori, responsável pelo início da automação das análises de solos no Brasil, onde é usada até hoje, com atualizações feitas pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa. E, no ano de 1977, houve a criação da Revista Brasileira de Ciência do Solo, marcando o progresso histórico sobre os solos no país.

A Embrapa, junto com outras instituições nacionais, promoveu uma transformação no rendimento da agropecuária brasileira. Isto porque as técnicas elaboradas obtiveram tamanho efeito sobre a produção do solo no Brasil, que o desenvolvimento da produtividade, em 1990, triplicou o desenvolvimento populacional na mesma época, sem que ocorresse considerável integração de cultivo de novas terras, ao passo que novas áreas de ampliação agrícola mostraram significativos aumentos de produção resultante da aprimoração técnica (LEPSCH, 2011).

Atualmente, profissionais da Ciência do Solo rotulam o solo de forma diferente desde o ano de 1800, sendo listadas cerca de 80 definições diversas em livros, manuais, glossários e dicionários (EMBRAPA, 2006), acentuando uma distribuição universal.

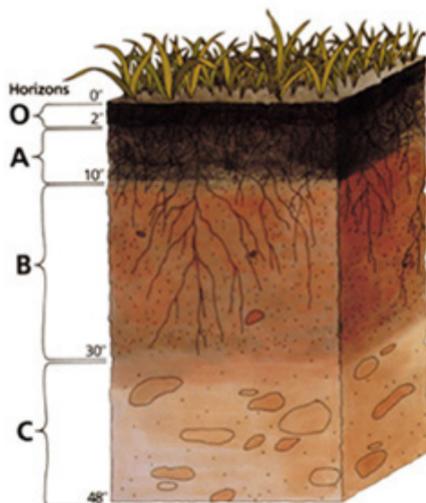
O conceito ou definição de solo se sujeita a quem o pronuncia e está relacionado ao estudo obtido por quem o define, sendo esse estudo relativo à área de atuação. Mas podemos definir o solo como uma forma permeável com sustentação biologicamente eficaz, no qual se formou, e continua se formando a crosta terrestre. Podemos idealizar o solo como a "pele" que envolve o Planeta. Quando pesquisados desde a superfície, o solo e seus horizontes (Figura 1.1), compõem-se de frações relativamente paralelas, classificadas em camadas e/ou horizontes que se diferenciam do material inicial, resultante de acréscimo, perdas, movimentos e modificações de atividade e matéria.



Vocabulário

Matéria: qualquer substância que compõe um corpo sólido, líquido ou gasoso, ou seja, agregado de partículas que possuem massa. É tudo que ocupa espaço e possui massa de repouso.

Figura 1.1 | Os perfis ou horizontes do solo representam características diferentes de um mesmo elemento



Fonte: <http://commons.wikimedia.org/wiki/Image:Soil_profile.jpg>. Acesso em: 30 mar. 2018.



Assimile

O solo que identificamos é um conjunto de corpos naturais, formados por partículas sólidas, líquidas e gasosas e constituído por matérias inorgânicas e orgânicas que preenchem boa quantidade da superfície da Terra.

O solo tem como fronteira superior a atmosfera. As margens laterais são as acumulações de água superficiais, como rios, mares e lagos, assim como rochas e aterros são os limites do solo. A extremidade inferior do solo possui uma definição complexa. De modo geral, o solo transpassa progressivamente, na sua extremidade inferior, em altura, em rocha rígida ou materiais resultantes da decomposição e/ou desagregação da rocha pela ação de chuvas, insolações ou geadas, ou resíduos que não contêm indícios de ações biológicas.

A forma tridimensional que retrata o solo é denominada *pedon*. A expressão *pedon* refere-se à faixa de solo que vai do limite com a atmosfera, camada superficial, até a rocha mãe que compõem o material de origem. Essa faixa forma a unidade básica de estudo do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, o perfil do solo, sendo

analisado em duas proporções e ajustando uma região pequena que permita entender a variação das propriedades, características e condições dos horizontes ou camadas do solo.

Conforme os conceitos aplicados em ciência do solo, *Solum* corresponde à parte superior e a mais intemperizada do perfil do solo, compreendendo somente os horizontes A e B, como pode ser visto na Figura 1.1. Enquanto que solos autóctones são solos desenvolvidos a partir de material de origem proveniente das rochas imediatamente subjacentes, os solos alóctones são aqueles desenvolvidos de material de origem não proveniente das rochas subjacentes e podem ter natureza distinta ou compatível com as rochas subjacentes. Assim, surge um novo conceito de solo a ser abordado, que é o conceito de solo na visão de material mineral e/ou orgânico inconsolidado, sendo definido como um componente da superfície da terra que serve como um meio natural para o crescimento e desenvolvimento de plantas terrestres.

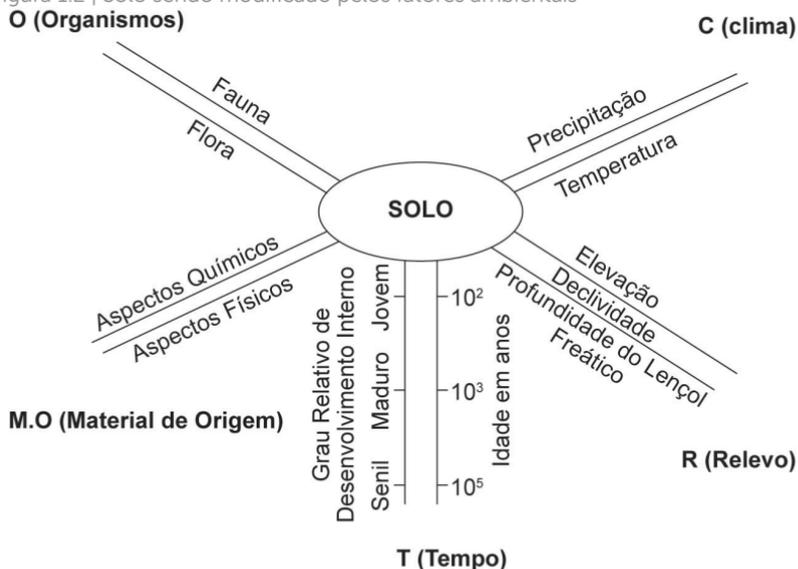
As variações perceptíveis nos horizontes do solo demonstram as divergências com a origem rochosa ou substrato pouco modificados ou ainda com resíduos de substâncias variadas, manifestando alterações correlacionadas aos elementos pré-existentes em atribuição de processos que o solo percorreu, onde as camadas são pouco ou nada prejudicadas.

O solo não é somente o resultado das modificações das rochas, mas também possui relação com os fatores do meio ambiente, como clima, relevo, plantas, animais e atuação ao longo do tempo no local que se encontram, como ilustrado na Figura 1.2. Sendo estes de total importância para formação e evolução do solo, há a compreensão de que as propriedades do solo são consequências dos fatores de formação que nele agiram, dentre os quais o material de origem, o clima, os organismos, o relevo e o tempo.

Sendo assim, clima e organismos, são controlados pelo relevo e atuam sobre um material de origem ao longo do tempo, causando uma situação de desequilíbrio resultando no intemperismo e na formação dos solos. Dentre os fatores citados, o material de origem e o tempo são avaliados como fatores passivos, enquanto que o clima e os organismos são fatores ativos e, finalmente, o relevo é considerado fator controlador. Portanto, os fatores passivos são aqueles que não adicionam e não exportam material, não geram

energia que possa acelerar os processos de intemperismo e pedogênese. Já os fatores ativos, incrementam energia e compostos químicos que promovem os processos de formação do solo.

Figura 1.2 | Solo sendo modificado pelos fatores ambientais



Fonte: Buol et al. (1973, p. 165).



Refleta

Os solos são resultantes das modificações das rochas, da relação com os fatores do meio ambiente, como clima, relevo, plantas, animais e atuação ao longo do tempo no local que se encontram. Assim, como esses fatores podem explicar a heterogeneidade da distribuição dos solos e, conseqüentemente, as suas características e propriedades?

Essas particularidades podem ser observadas no perfil do solo, onde se expressa na superfície até certa profundidade. Esses fatores podem ser adicionados a fatores antropogênicos ativos nessas modificações, desgastes e estrutura do solo. Ou seja, qualquer elemento aplicado pela intervenção humana e que seja apto a sustentar o crescimento e desenvolvimento das culturas ao longo das fases de todo o ciclo produtivo, pode ser chamado de solo.

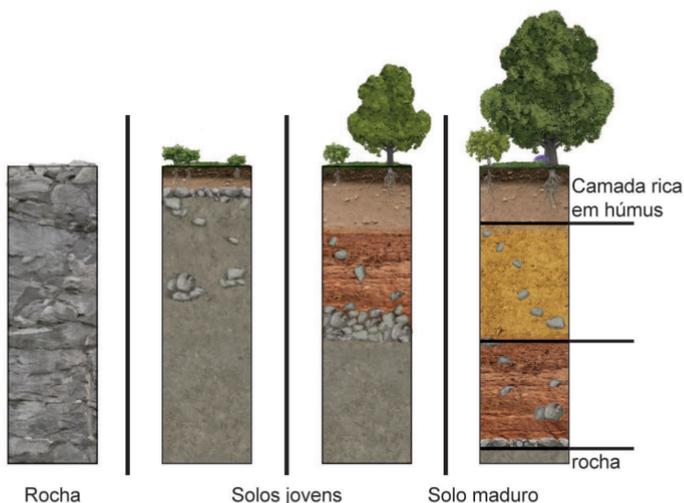
As várias possibilidades de elementos ambientais formam uma diversidade de solos. A ciência que aborda a origem, morfologia e gênese dos solos chama-se Pedologia.

A concepção do solo como corpo natural organizado é essencial, pois determina ligações entre os fatores ambientais com os inúmeros solos, o que possibilita estruturar a sua distribuição, analisar a sua capacidade de uso para fins agrícolas e prever as consequências da ação humana.

O solo possui uma significativa relevância por estabelecer uma base de sustento e fornecimento de nutrientes para a produção alimentícia. O solo representa um elemento imprescindível para o crescimento populacional. Atualmente, existem inúmeras inter-relações bióticas e abióticas do solo que maximizam a sua utilização sustentável, mesmo sob ações antrópicas.

O solo, portanto, é a faixa superficial da crosta terrestre, sendo composto por minerais agregados e matéria orgânica resultante de decomposição animal e vegetal diferenciando entre si por características físicas, químicas, biológicas, morfológicas e mineralógicas conforme ilustrado na Figura 1.3.

Figura 1.3 | Formação do solo



Fonte: <<http://rusoares65.pbworks.com/ff/solo-1-.gif>>. Acesso em: 9 mar. 2018.

Entre os elementos que colaboram para a caracterização do solo, está o clima, a luz solar, a rocha que originou o solo, a matéria

orgânica, a cobertura vegetal, entre outros. Através desses elementos o solo é caracterizado como arenoso, argiloso, humoso e calcário.

Solos com grande quantidade de areia são chamados de arenosos. Normalmente são pobres em nutrientes e possuem alta porosidade, pois facilmente ocorre infiltração da água pelos espaços entre os grãos (poros).

Os solos argilosos são propensos a serem compactados e são usados para práticas agrícolas devido à grande quantidade de nutrientes que contém. Possuem pelo menos 30% de argila na composição das suas partículas e grãos muito pequenos, formando assim os microporos. O espaço entre os grãos, que formam os poros do solo argiloso também são diminutos, o que proporciona maior retenção de água e taxas de permeabilidades baixas.

Solos escuros podem ter essa característica de coloração por apresentarem altos níveis de húmus, sendo esse tipo de solo bastante fértil e ideal para a prática agrícola devido a sua concentração de material orgânico em estágio de decomposição. Solos que apresentam grandes quantidades de partículas rochosas em sua composição são típicos de regiões desérticas. Esse solo possui poucos nutrientes, sendo inadequado para o cultivo de plantas.

Dessa forma, as características do solo interferem na prática agrícola e no crescimento socioeconômico de uma região. Mas convém ressaltar que as práticas agrícolas têm se adequado para determinados solos com determinados cultivos através de nutrientes.

O solo é formado por três fases. A fase sólida é formada por rochas locais ou transportadas e por material orgânico de decomposição animal ou vegetal. A fase líquida é constituída por água e elementos orgânicos e inorgânicos em solução no solo. E a fase gasosa é constituída por gases produzidos e absorvidos por raízes das plantas e pelos animais. Assim o solo ideal é aquele que apresenta porosidade que possibilite o armazenamento de água e de ar de maneira equilibrada, pois aeração e disponibilidade hídrica são aspectos fundamentais que os solos devem disponibilizar para os vegetais. Além disso, o solo que se apresenta rico em minerais é, assim, geralmente fértil, ou seja, é um solo onde as culturas encontram melhores condições para se desenvolverem. Possuem cerca de 4% de matéria orgânica em relação ao total de partículas sólidas. A presença desta matéria orgânica contribui para sua

capacidade de reter água, sais minerais e aumenta sua porosidade e a aeração. Assim entende-se como a composição de solo ideal aquele que apresenta $\pm 25\%$ de água, $\pm 25\%$ de ar, **46%** de minerais e **4%** de matéria orgânica (RACHWAL, 2003).

Normalmente as diversidades entre os inúmeros solos são definidas por suas características e propriedades, as quais são essenciais ambientalmente. Os métodos geológicos, organismos vivos, a evolução relacionada ao clima e relevo determinam a formação das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. Além desses, as ações antrópicas influenciam diretamente nas propriedades do solo, como o uso de agroquímicos, ausência de cobertura vegetal, entre outros.

Os horizontes do solo são camadas que se divergem entre si, são formados por materiais de origem, processos de intemperismo e apresentam diferentes colorações. O perfil do solo é o conjunto de camadas que apresentam pluralidade em uma região e em diferentes regiões.

As propriedades físicas do solo como textura, estrutura, porosidade, permeabilidade, movimento da água nos solos, ar e calor são ponderadas pelos instrumentos de redução de poluentes como filtração e lixiviação. As propriedades químicas como pH, teor de nutrientes, capacidade troca iônica, condutividade elétrica e matéria orgânica, ao lado da propriedade biológica, são ponderadas pelos essenciais instrumentos de poluentes do meio, podendo ressaltar a adsorção, fixação química, precipitação, oxidação, troca e neutralização.



Exemplificando

O uso indiscriminado de agrotóxicos pode contaminar o solo e os corpos hídricos, acarretando um desequilíbrio ambiental que implica em danos à saúde e adulterações expressivas nos ecossistemas. A aplicação desses produtos ocorre diretamente nas lavouras ou no solo e, ainda que aplicados nas plantações, têm como destino final o solo, sendo lavados das folhas por meio da chuva ou da água aplicada por irrigação (BOHNER et al., 2013).

Os resquícios de agrotóxicos no ambiente podem gerar consequências ecológicas prejudiciais, assim como a mudança da dinâmica biológica espontânea, e ter como efeito alterações no desempenho do

ecossistema. A utilização de agrotóxicos favorece a degradação do solo. Estudos realizados constataam que o uso de pesticidas restringe a eficácia da fixação de nitrogênio realizada por micro-organismos, o que faz com que o uso de fertilizantes seja cada vez mais necessário (BOHNER et al., 2013).

Já o constante, indiscriminado e inadequado tráfego de máquinas agrícolas causa compactação dos solos, o que influencia negativamente na sua qualidade de diferentes formas, sendo que a mais reconhecida é a alteração das características físicas. Assim, o solo, quando submetido à carga elevada, sofre um rearranjo das suas partículas na forma de lâminas, criando um ambiente menos propício às trocas gasosas, fluxo de água, atividade biológica, além do aumento da resistência à penetração radicular, gerando assim menor absorção de nutrientes pelas plantas e, por consequência, a redução na produtividade das culturas (RICHART et al., 2005).

Dentre as funções executadas pelo solo, consideramos sua significativa importância nas técnicas de fixação e nutrição das plantas, sendo essencial para o rendimento de alimentos e matérias-primas.

Na ciência do solo tem-se a necessidade de quantificar os elementos que compõem os solos, as suas propriedades e os seus atributos. Para isso adota-se um sistema de medidas de maneira que se possa traduzir em números aquela variável que está sendo estudada ou observada. As unidades que acompanham os números em um resultado de análise de solo dimensionam as grandezas ali apresentadas. As interpretações dos resultados, bem como as decisões tomadas através da análise, têm relação direta com o sistema de medida utilizado. O mesmo acontece para as perspectivas desses resultados e para os impactos nos estudos paralelos.

A escolha da escala incorreta e dos sistemas métricos não padronizados atrapalham a interpretação, aprendizagem e a aplicação do conhecimento na área de Ciência do Solo. Diferentes sistemas são utilizados além de escalas divergentes dentro do mesmo sistema de medidas. Dessa forma, ao comparar resultados pode-se chegar a diferentes conclusões para resultados semelhantes. Diante desta preocupação, optou-se por adotar a padronização das medidas, uniformizando a linguagem adotada, bem como os conceitos acerca do assunto, adotando o padrão às unidades do Sistema Internacional de Unidades.

Devido a isso, as editoras de livros técnicos e periódicos escolheram a padronização tanto da linguagem como das definições, aderindo como uniformização às unidades do Sistema Internacional de Unidades (SI). O SI foi formado em 1960 pela Conferência Geral de Pesos e Medidas e atualizou o antigo Sistema Métrico Decimal, englobando várias grandezas físicas de maneira a entender tudo o que interessa à ciência da medição. Possui a sua contribuição nos ganhos de produção, qualidade de produtos e serviços, diminuição de custos, extinção de desperdícios e relacionais comerciais mais equilibradas. Entretanto, entende-se que o SI é uma aplicação de diversos ramos além da matemática. Diante disso, o SI tem sido regulamentado por diversas entidades internacionais.

Mesmo que a legislação brasileira determine que as unidades do SI sejam de uso restrito e indispensável no país, muitas comunidades e grupo de pesquisa não requerem a uniformização das unidades, constituindo inúmeros obstáculos nas áreas de estudo e pesquisa.

Vários países optaram por esse sistema como padrão e muitas revistas internacionais requerem-no como pré-requisito para a aprovação de artigos científicos. A Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, em 1993, consentiu a adoção do SI, manifestando a obrigatoriedade do uso desse sistema nas publicações. Apesar dos obstáculos e da resistência, atributos de qualquer alteração e/ou modernização, esta uniformização é definitivamente imprescindível.

São adotadas regras para utilização das novas unidades como:

1. O quilograma (**kg**) e o decímetro cúbico (**dm³**) serão a base de referência para representação dos elementos sólidos enquanto que o litro (**L**) será utilizado no caso de líquidos;
2. As substâncias deverão ser expressas através da quantidade sendo representados por mol de carga (**mol_c**) ou o milimol de carga (**mmol_c**) ou com base em massa através das grandezas grama (**g**) ou miligrama (**mg**).
3. Os cátions trocáveis serão mensurados em **mmol_c · dm⁻³**. Os principais elementos são Cálcio (**Ca²⁺**), Magnésio (**Mg²⁺**), Potássio (**K⁺**), Alumínio (**Al³⁺**), além da acidez potencial (**H⁺**) + (**Al³⁺**), a soma de bases (**S**) e a capacidade de troca de cátions (**CTC**). Logo, para transformação, os resultados deverão ser multiplicados por 10 quando os resultados forem apresentados em **cmol_c · dm⁻³**.

4. A saturação de bases (**V%**) e a saturação por Alumínio (**m%**) são expressas em porcentagem (**%**).
5. Para os resultados que eram apresentados em ppm ou $\mu\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$, como (P), (**S – SO₄**), (Zn), (Fe), (Mn), (Cu), (B), a nova unidade será $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$;
6. Os resultados de matéria orgânica (MO) serão apresentados em $\text{g} \cdot \text{dm}^{-3}$ ou $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ se as alíquotas forem medidas em peso e tiverem os valores dez vezes maiores que os anteriormente expressos em porcentagem. Poderá ser utilizado o $\text{dg} \cdot \text{dm}^{-3}$ ou $\text{dag} \cdot \text{kg}^{-1}$ equivalente aos valores expressos em porcentagem;
7. Apesar da possibilidade de ser usado o $\text{cmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$ (centimol de carga), que é igual ao $\text{meq}(100\text{cm}^{-3})$, é aconselhada a utilização do $\text{mmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$.

A Tabela 1.1 demonstra as unidades utilizadas na análise de solo, bem como os fatores de conversão com a padronização das unidades.

Tabela 1.1 | Unidades utilizadas na análise de solo e fatores de conversão

Determinação	Anterior	Atual	Fator
pH	Adimensional	---	---
M.O	%	$\text{g} \cdot \text{dm}^{-3}$	$\times 10$
P-S-K- Micronutrientes	Ppm	$\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$	Igual
K	$\text{g} \cdot \text{dm}^{-3}$	$\text{cmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$	$\div 391$
Ca-Mg-k-Al	$\text{meq}(100\text{cm}^{-3})$	$\text{mmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$	$\times 10$
Ca-Mg-k-Al	$\text{meq}(100\text{cm}^{-3})$	$\text{cmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$	Igual
CTC: H+Al	$\text{meq}(100\text{cm}^{-3})$	$\text{cmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$	Igual
V	%	%	---

Fonte: EMBRAPA (2015, p. 7).



O uso do Sistema Internacional de Unidades é bastante utilizado dentro da ciência do solo. Entre os seus usos, um dos principais é para interpretação de resultados de análises físicas e químicas do solo. Para que você, aluno, possa se ambientar com resultados de análise de solos, sugiro a leitura do Guia Prático para Interpretação de Resultados de Análises de Solo, publicado pela EMBRAPA Tabuleiros Costeiros:

SOBRAL, L. F. et al. **Guia Prático para Interpretação de Resultados de Análises de Solo**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2015. 15 p. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/142260/1/Doc-206.pdf>>. Acesso em: 12 mar. 2018.

Boa leitura!

Sem medo de errar

Prezado aluno, vimos durante a seção que o solo possui uma significativa relevância por estabelecer uma base de sustento e fornecimento de nutrientes para a produção alimentícia. Atualmente, existem inúmeras inter-relações bióticas e abióticas do solo que maximizam a sua utilização sustentável, mesmo sob ações antrópicas.

Relembrando a problemática apresentada, enquanto o plantio de Carlos apresenta alta produtividade, Marcos enfrenta alguns problemas e não consegue produzir de forma satisfatória. Diante dos ensinamentos passados durante a seção, neste momento, vamos ajudar os produtores através da resolução dos questionamentos apresentados no início da seção:

(i) Quais os aspectos fundamentais da importância do solo para o meio ambiente bem como para as plantas? O solo desempenha uma função relevante na produção agrícola e para subsistência da vida. Apresenta-se como mediador ambiental, agindo como filtro, acumulador, amortecedor e dirigente da distribuição de água, armazenando-a através de infiltração ou escoamento pluvial, agindo na reciclagem e armazenamento dos nutrientes e da matéria orgânica, servindo de base para a produção de biomassa, substrato para produção alimentícia e utilizado nas atividades agropecuárias.

(ii) Como o uso indiscriminado de maquinário pode alterar a qualidade do solo da área de Marcos? No caso de Marcos, apesar do alto investimento, utiliza formas de manejo indiscriminadas e inadequadas.

O tráfego intenso de máquinas, por exemplo, causa alteração nas propriedades físicas do solo, como textura, estrutura, porosidade e permeabilidade, alterando assim o movimento da água no solo, bem como o comportamento do ar, do calor e, conseqüentemente, dos instrumentos de redução de poluentes como filtração e lixiviação, que são prejudicados por essas práticas. Assim, o solo passa a não corresponder com sua função agrícola e tem suas características ambientais prejudicadas através do acúmulo de elementos poluentes e muitas vezes prejudiciais às atividades agrícolas.

(iii) Qual discurso você utilizaria para expor, principalmente ao Marcos, a importância de preservar a função ambiental dos solos, bem como para que ele entenda a influência das características e das propriedades dos solos na agricultura? Você pode iniciar sua orientação expondo que o excesso de aplicação de produtos agroquímicos na área de Marcos pode causar alteração nas propriedades químicas do solo, como pH, teor de nutrientes, capacidade de troca iônica, condutividade elétrica e matéria orgânica, bem como alteração nas propriedades biológicas, tendo influência direta pela ação de poluentes do meio.

Com as alterações das características físicas, químicas e biológicas do solo, as funções executadas por ele são prejudicadas, sendo necessário o estabelecimento do equilíbrio dos elementos que compõem o solo. Ao respeitar e utilizar o solo de maneira consciente, Carlos consegue preservar as propriedades do solo, como as técnicas de fixação e nutrição das plantas, mantendo o solo em equilíbrio e evitando alterações drásticas no desenvolvimento da sua atividade agrícola. Assim é possível concluir que, ao tratar o solo de maneira correta, entendendo a sua significativa importância para a atividade e compreendendo a essencialidade para o rendimento de alimentos e matérias-primas, Carlos consegue obter maior produtividade no seu cultivo de hortaliças.

Portanto, determinadas as soluções e estabelecidas as respostas para os questionamentos, a primeira etapa do serviço foi resolvida. Nesse momento, você deverá elaborar a primeira etapa do relatório geral apresentando as respostas encontradas durante a primeira parte dos estudos que subsidiarão o diagnóstico direcionado aos produtores agrícolas e que será fundamental para auxiliar na tomada de decisão do setor público que lida com assuntos relativos ao meio ambiente, agricultura e sociedade.

Unidades de medidas aplicadas à ciência do solo

Descrição da situação-problema

Um produtor agrícola preparou a sua área para plantio de mamão. Como uma das etapas do plantio, coletou solos para análise físico-química pensando em sua adubação. Quando chegou o resultado, dirigiu-se a uma loja de insumos agropecuários da cidade. Ao chegar lá, apresentou o resultado da análise do solo (Tabela. 1.2) ao vendedor que também lhe recomenda a adubação para seus plantios há aproximadamente 10 anos.

Tabela 1.2 | Resultado da análise físico-químico do solo utilizado para o plantio de mamoeiro

pH	P	K	Ca	Mg	Al	$\frac{H^+}{Al}$	SB	t	T	V	M.O	
H_2O						$mmol_c \cdot dm^{-3}$			(%)		$g \cdot dm^{-3}$	
5,5	0,09	0,14	0,18	0,05	0,0	0,23	0,23	0,23	0,46	50,4	1,2	

OBS: O resultado é apresentado conforme o Sistema Internacional de Unidades.

Fonte: elaborada pelo autor.

Ao ver o resultado da análise de solo, o vendedor informou a ele que, dessa vez, não poderia lhe ajudar porque as unidades de medida divergiam das que eram usualmente utilizadas para recomendar a adubação.

O produtor procurou o campus da Universidade para procurar ajuda. Ao chegar ao departamento de solos, você foi o profissional recomendado para auxiliar o produtor a solucionar o problema. Você agora é professor especialista em solos e deverá auxiliar o produtor a compreender a análise do solo e solucionar o problema encontrado por ele e pelo vendedor. Diante da problemática, alguns questionamentos devem ser respondidos, como: qual a importância da padronização do Sistema Internacional de Unidades de Medidas aplicadas à ciência do solo? Como o professor deverá proceder para realizar a conversão para as medidas padrão?

Resolução da situação-problema

As unidades que acompanham os números em um resultado de análise de solo dimensionam as grandezas ali apresentadas. As

interpretações dos resultados, bem como as decisões tomadas através da análise, têm relação direta com o sistema de medida utilizado. A escolha da escala incorreta e os sistemas métricos não padronizados atrapalham não só a interpretação como a aprendizagem dentro da ciência do solo. Para dirimir os esforços, a tendência é que haja a padronização facilitando assim, não só os estudos, mas também a utilização dos resultados no dia a dia profissional.

Diante desta preocupação, deve-se adotar a padronização das medidas uniformizando a linguagem adotada bem como os conceitos acerca do assunto, adotando o padrão das unidades do Sistema Internacional de Unidades.

Assim, para auxiliar o produtor, você deverá partir de que o resultado da análise de solo está no Sistema Internacional, devido à atualização e à padronização da informação, enquanto que as informações utilizadas pelo vendedor não estão atualizadas. Diante disso você deverá apresentar a eles os fatores de conversão de medidas (Tabela 1.1) para que esses problemas sejam resolvidos até que o manual de recomendação de adubação para o município seja atualizado e padronizado. Com o auxílio da Tabela 1.1, você deverá converter os resultados para o Sistema Internacional através dos fatores de conversão.

Assim, os cálculos deverão ser feitos da forma a seguir:

$$P = 0,09 \times 10 = 0,9 \text{ cmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$$

$$K = 0,14 \times 10 = 1,4 \text{ cmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$$

$$Ca = 0,18 \times 10 = 1,8 \text{ cmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$$

$$Mg = 0,05 \times 10 = 0,5 \text{ cmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$$

$$H + Al = 0,23 \times 10 = 2,3 \text{ cmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$$

$$SB = 0,23 \times 10 = 2,3 \text{ cmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$$

$$T = 0,46 \times 10 = 4,6 \text{ cmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$$

Os resultados convertidos estão na Tabela 1.3.

Tabela 1.3 | Resultado da análise físico-químico do solo utilizado para o plantio de mamoeiro, após a conversão dos fatores

pH	P	K	Ca	Mg	Al	$\frac{H^+}{Al}$	SB	t	T	V	M.O
H_2O						$\text{cmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$			$(\%) \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$		
5,5	0,09	0,14	0,18	0,05	0,0	0,23	0,23	0,23	0,46	50,4	1,2

OBS: O resultado é apresentado conforme o Sistema Internacional de Unidades.

Fonte: elaborada pelo autor.

Faça valer a pena

1. Na identificação, caracterização e classificação de solos são considerados itens importantes, incluindo conceitos, os critérios e os procedimentos. Em razão da necessidade de se fazer referência a determinados solos ou mesmo porções deles, alguns termos ou expressões passaram a integrar o cotidiano dos estudantes e profissionais de solos.

Assinale a alternativa a seguir que se refere à definição correta do termo ou expressão apresentada:

- a) **Solum**: parte superior e pressupostamente menos intemperizada do perfil do solo, compreendendo os horizontes A e B não excluindo o BC.
- b) **Solo autóctone**: solo desenvolvido de material de origem não proveniente das rochas subjacentes. Podem ter natureza distinta ou compatível com as rochas subjacentes.
- c) **Solo**: material mineral e/ou orgânico inconsolidado na superfície da terra que serve como meio natural para o crescimento e desenvolvimento de plantas terrestres.
- d) **Solo alóctone**: solo desenvolvido a partir de material de origem proveniente das rochas imediatamente subjacentes.
- e) **Solo**: parte superior e pressupostamente mais intemperizada do perfil do solo, compreendendo somente os horizontes A e B (excluído o BC).

2. Ao longo da história o solo foi um fator fundamental para o desenvolvimento de diversas civilizações. Dentre os recursos disponíveis na natureza, o solo tem grande destaque pelas diversas formas em que foi usado. Assim, os solos têm alguns diferentes papéis básicos ou funções no nosso ambiente.

Assinale uma das alternativas a seguir que representa corretamente a função do solo relacionada:

- a) Os solos, apesar de não fornecerem o material para a construção de casas e edifícios, adaptam-se à fundação, à base para todas as estradas, aeroportos, casas e edifícios construídos.
- b) O solo é o hábitat de organismos, contudo eles não influenciam em suas características.
- c) O solo é o destino que se dá aos corpos de animais (incluindo o homem) e restos de plantas que morreram na superfície da terra, mas que, mesmo assim, não desempenham um papel na reciclagem de nutrientes.

- d) As características dos solos não influenciam, nem determinam o destino da água na superfície terrestre, que é essencial para a sobrevivência.
- e) O solo sustenta o crescimento vegetal, fornecendo principalmente suporte mecânico, água e nutrientes para as raízes que, posteriormente, os distribuem para a planta inteira e são essenciais para sua sobrevivência.

3. O conhecimento das propriedades físicas, químicas e mineralógicas dos solos pode auxiliar na adoção do melhor manejo do solo. Além disso, pode contribuir no entendimento do comportamento do solo e das plantas, pois cada solo e cada espécie possuem diferentes comportamentos e características em relação ao seu manejo. A _____ corresponde ao arranjo estabelecido pela ligação das partículas primárias do solo entre si por substâncias diversas encontradas no solo, como matéria orgânica, óxidos de ferro e alumínio, carbonatos, sílica, etc. Já a _____ tem grande influência no comportamento físico-hídrico e químico do solo e, por isso, sua avaliação é de grande importância para o uso e manejo dos solos utilizados para a agricultura. É expressa pela proporção dos componentes granulométricos da fase mineral do solo, areia, silte e argila. Enquanto que a _____ é visualizada no perfil de solo e deve ser descrita conforme a quantidade e o tamanho dos poros. Todos esses atributos são classificados como propriedades físicas. Denomina-se _____ o processo reversível pelo qual os íons da solução do solo são adsorvidos pelas partículas coloidais, deslocando outros previamente adsorvidos e de carga elétrica de mesmo sinal, sendo o único atributo químico dentre as alternativas (SILVA; CHAVES; LIMA, 2009).

Selecione a seguir a alternativa que completa as lacunas de modo que o texto sobre as propriedades do solo faça sentido:

- a) Textura do solo - porosidade do solo - adsorção e troca de íons - estrutura do solo.
- b) Estrutura do solo - textura do solo - porosidade do solo - adsorção e troca de íons.
- c) Porosidade do solo - estrutura do solo - textura do solo - adsorção e troca de íons.
- d) Adsorção e troca de íons - textura do solo - porosidade do solo - estrutura do solo.
- e) Estrutura do solo - textura do solo - adsorção e troca de íons - porosidade do solo.

Seção 1.2

Introdução à mineralogia aplicada à agricultura

Diálogo aberto

A mineralogia do solo é uma área fundamental ao entendimento da Ciência do Solo. Constitui uma ferramenta excelente para o conhecimento e a avaliação da gênese dos solos, do seu comportamento físico e químico, além de possibilitar a indicação da reserva potencial mineral de nutrientes para as plantas.

Diante de tal importância, vamos iniciar o nosso estudo da mineralogia do solo dando continuidade à problemática apresentada no início da unidade: imagine agora que ao finalizar a primeira etapa do estudo para um determinado município brasileiro cuja produtividade agrícola estava em decréscimo, uma relação de produtores da região foi preparada a fim de detectar as áreas que necessitam de acompanhamento mais específico e, assim, iniciar o levantamento de reconhecimento.

Dentre os produtores, João foi um dos agricultores destacados com a necessidade de melhorar o nível produtivo da sua área, pois ele cultiva na mesma área há 10 anos, evitando usar produtos químicos e utilizando a mesma fertilização orgânica recomendada para sua região durante todo esse tempo. Porém, sua área de produção não apresenta a mesma produtividade de alguns anos atrás. Ao longo do tempo, foi detectado um decréscimo de produtividade e, aliado a isso, a textura e aparência do solo estão se modificando com o passar do tempo. Desta forma, com a finalidade de elaborar projetos de planejamento e uso do solo, foi realizada uma visita à área do produtor para que seja realizada uma série de observações e identificações das causas e motivos dos baixos índices produtivos.

Para realizar a segunda etapa do estudo proposto no início da unidade, você e a sua equipe percorreram a área do produtor e detectaram algumas áreas em que há alterações bruscas de características físicas do solo, como a textura, que varia de argilosa para arenosa e cuja coloração varia de cores vermelhas para amareladas e intermediárias, fator característico da presença de

óxidos de Fe em altos níveis na área, os quais estão concentrados apenas em algumas regiões com condições elevadas de umidade e de matéria orgânica.

Nesses pontos, as plantas externavam algumas características diferentes como, por exemplo, redução do crescimento, queda das folhas e redução no tamanho dos frutos, além do amadurecimento precoce. Além disso, o solo nessa área apresenta agregados de tamanho pequeno. Esses problemas observados por você e por sua equipe têm causado constante heterogeneidade na produtividade agrícola da área do João.

Dessa forma, quais propriedades físicas e químicas dos minerais estão causando a heterogeneidade do solo e, conseqüentemente, da produção? Os óxidos de ferro são responsáveis pela mudança de coloração do solo? Quais as influências da presença dos óxidos de ferro na produção? Qual característica dos minerais que podem interferir na heterogeneidade das plantas da área?

Nesta seção estudaremos detalhadamente a introdução da mineralogia e determinaremos as soluções para tais questionamentos.

Bons estudos!

Não pode faltar

A natureza mineral é qualquer etapa cristalina de origem inorgânica, ou seja, o mineral corresponde a um corpo natural sólido e cristalino, gerado a partir da interação de processos físico-químicos em ambientes geológicos. Esse conceito determina instantaneamente os três requisitos essenciais e aceitáveis para se conceituar a natureza do mineral, que são: o caráter inorgânico, a ocorrência natural e a estrutura cristalina. Seja qual for o elemento do universo que se encaixe nesses três requisitos, ele possui a natureza mineral.

Solos e rochas são constituídos, aproximadamente em toda a sua plenitude, de minerais de diversas naturezas. A estrutura cristalina é o fator comum em todos os minerais. As características de determinado mineral ocorrem da sua composição química e da sua condição de cristal. Por isso, o estudo sobre as noções da estrutura cristalina é importante para o conhecimento da mineralogia e, conseqüentemente, dos solos.



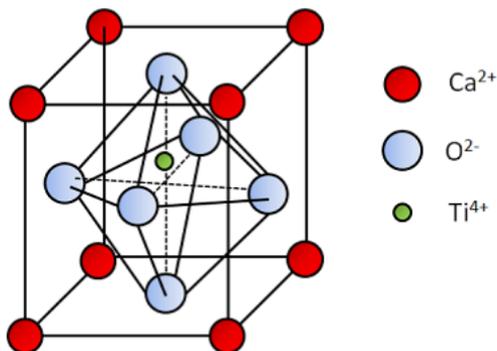
A estrutura cristalina é estudada pela cristalografia e foi desenvolvida por meio da análise da mineralogia. Essa ciência explora a natureza em sua forma externa e estrutura interna, além do conjunto de normas que regem o desenvolvimento dos cristais, referindo-se a todos os elementos cristalinos artificiais ou naturais, orgânicos ou inorgânicos.

A propriedade essencial da estrutura cristalina é a composição regular das partículas, íons e moléculas em três direções do espaço. O espaço entre a origem comum até cada partícula localizada nos eixos cristalográficos determina os parâmetros da cela unitária. Os ângulos combinados com os parâmetros são determinados pelos eixos cristalográficos, nos quais representam as substâncias cristalinas.

As substâncias cristalinas são elementos sólidos, podendo ser orgânicos ou artificiais, com composição interna de partículas em estrutura constante, sendo capaz de ter ou não faces externas.

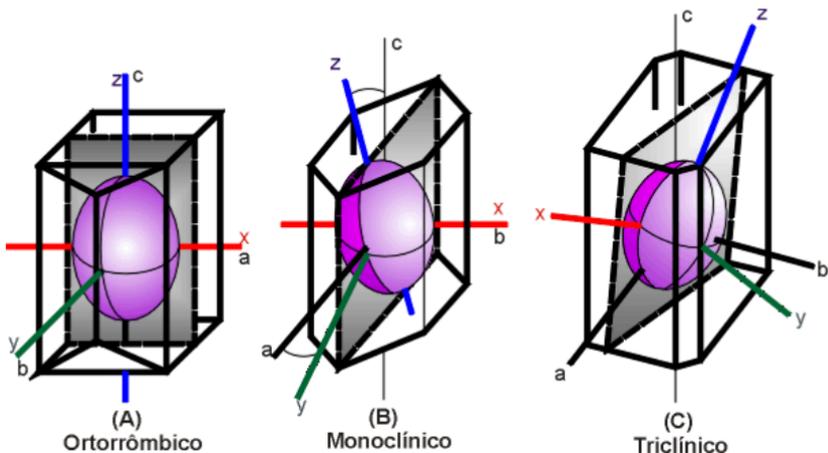
A célula unitária é a composição espacial das particularidades de um cristal sendo capaz de ser reproduzido pela forma e tamanho molecular seguindo um específico padrão de um item estrutural tridimensional, como representado na Figura 1.4. O tamanho e a forma da cela unitária são determinados pela medição de seus ângulos. A sua unidade é essencial para a formação do sistema cristalino do mineral, para a formação do mineral a olho nu. A Figura 1.5 ilustra os principais sistemas cristalinos dos minerais.

Figura 1.4 | Representação tridimensional da célula unitária



Fonte: <<http://engenheirodemateriais.com.br/wp-content/uploads/2016/03/perovskita.png>>. Acesso em: 20 mar. 2018.

Figura 1.5 | Principais sistemas cristalinos dos minerais com destaque para os sistemas ortorrômbico (A), monoclinico (B) e triclinico (C)



Fonte: <<http://www.rc.unesp.br/igce/petrologia/nardy/indbit.gif>>. Acesso em: 17 abr. 2018.

Cada espécie mineral cabe em um determinado sistema e possui especificamente uma célula unitária. Cada cristal de uma mesma espécie mineral exibe as mesmas características e propriedades independente de sua localização e tamanho.

Alguns minerais são formados através do processo de cristalização, o qual ocorre durante o resfriamento do magma, com a segregação de materiais a sua volta. Outros minerais foram solidificados e condensados através da sua forma gasosa, como por exemplo, o enxofre. Alguns minerais concentrados de composição química específica ultrapassaram o coeficiente de solubilidade através do processo de precipitação e formaram minerais, como por exemplo, a calcita.

Para o reconhecimento adequado do mineral é necessário analisar o composto de propriedades físicas e químicas. A identificação dessas propriedades, como a forma da análise, é suficientemente benéfica para a sua identificação. As propriedades físicas são as mais comuns para sua identificação, visto que análises químicas requerem um custo mais elevado. As mais comuns para a identificação são as seguintes:

A **cor** diz respeito à coloração do mineral externa, se relacionando com os comprimentos de ondas que foram absorvidos através da sua composição química. Ela deverá ser observada em luz natural e sob uma superfície de fragmento de uma ruptura recente.



Os solos são originados a partir do intemperismo das rochas que, por sua vez, são compostas pelos minerais. As propriedades físicas e químicas dos solos são, portanto, originárias das características dos minerais que originaram o solo?

O **traço** é a cor do pó do mineral, como demonstra a Figura 1.7. Pode ser metálico, que é composto por elementos químicos metálicos, não metálico, que não é composto por elementos químicos metálicos, ou submetálico é determinado pelo brilho similar ao metálico, porém menos intenso, sendo, também, uma forma menos usual dentro desta classificação. A Figura 1.6 mostra os exemplos da Galena de brilho metálico e fluorita de brilho não metálico.

Figura 1.6 | Galena (a) de brilho metálico e fluorita (b) de brilho não metálico



Fonte: <<http://www.minasjr.com.br/como-identificar-minerais/>>. Acesso em: 20 mar. 2018.

O **traço** é a cor do pó do mineral, como pode ser ilustrada por meio da Figura 1.7. Geralmente, a cor do traço do mineral não é a mesma da cor visualizada sob a luz. Ou seja, o traço é uma característica constante, não variando com a luz refletida, diferentemente da cor que é uma característica variável.

Figura 1.7 | Análise da cor do traço do mineral

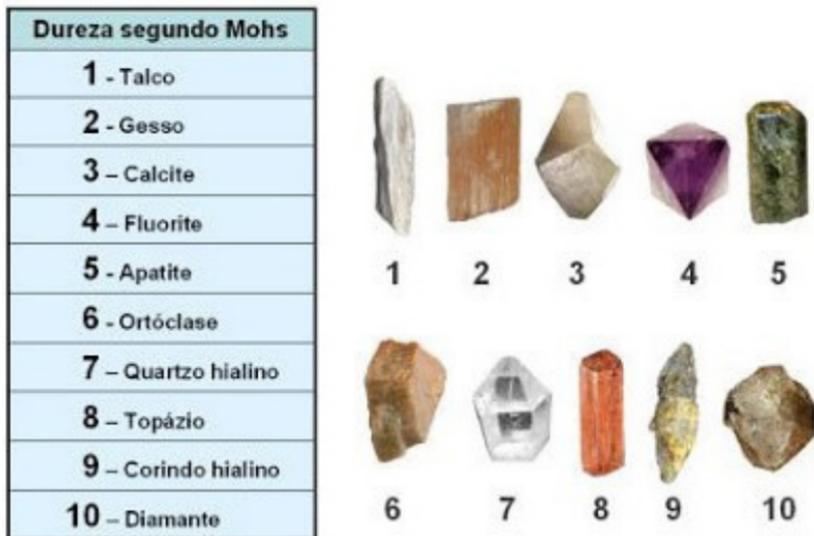


Fonte: <<http://www.minasjr.com.br/wp-content/uploads/2017/07/wikipedia.jpg>>. Acesso em: 20 mar. 2018.

A **dureza** do mineral é a capacidade da resistência que oferece ao riscar e não ser riscado por outro e a sua classificação pode ser observada na Figura 1.8. Enquanto que a **clivagem** é a capacidade de ruptura dos minerais em uma superfície plana ou regular. Podendo ocorrer em uma ou inúmeras direções e gerar superfícies de qualidade variável, sendo mais ou menos lisas.

Já a **densidade** do mineral depende de sua estrutura cristalina e identifica quantas vezes que o mineral é mais pesado do que um volume igual de água.

Figura 1.8 | Ilustração dos minerais da escala de Mohs



Fonte: Rocha (2014, p. 31).

Os minerais também podem ser classificados segundo a sua composição química, havendo várias classificações. Os minerais formados por apenas um elemento químico são denominados elementos nativos. São essenciais na indústria ou, às vezes, somente como metais preciosos, como por exemplo, o ouro, o cobre do mercúrio e do manganês.

Geralmente, os elementos minerais são formados por dois ou mais componentes de propriedades químicas que se ajustam entre si, adaptando-se com suas compatibilidades químicas. Os minerais de baixa dureza são chamados de carbonatos. Esses minerais provocam agitação em contato com o ácido, o que normalmente causa um desprendimento de outros tipos de minerais. É importante na formação de rochas sedimentares, como por exemplo, a dolomita.

Os minerais que possuem ânion PO_4 são denominados fosfatos. Esses minerais são conhecidos como matéria-prima para produção de adubo fosfatado, como por exemplo, a Apatita. Os minerais que contêm SO_4 como ânion essencial são denominados sulfatos. É muito usado na produção agrícola como fonte de enxofre e cálcio, como por exemplo, a Barita.

Os minerais que apresentam o íon O^{2-} são denominados de óxidos. São fundamentais para gênese do solo. A maior parte dos óxidos e hidróxidos está na parte superior da litosfera, em contato com oxigênio livre. Por isso, sua importância: é precisamente assim que se formam os solos e, temos como exemplo, a hematita, goethita e gibbsita.

Os principais minerais formadores de rochas possuem grande importância na produção agrícola, pois são constituintes de rochas e solos. Esses minerais pertencem ao grupo dos óxidos e hidróxidos e ao grupo dos silicatos.

Os óxidos de ferro e alumínio são essenciais na formação da fração argila em solos muito velhos. Geralmente, os óxidos definem a cor e influenciam a estrutura e a adsorção de nutrientes nos solos. Os óxidos mais comuns e abundantes no solo são a gibbsita, que é um óxido de alumínio, e a goethita e a hematita, que são óxidos de ferro. No solo, a hematita determina a cor vermelha e tem um poder pigmentante intenso, razão pela qual, mesmo em baixas concentrações, consegue fixar a sua característica pela cor. A goethita é a mais constante forma de óxido de ferro nos solos brasileiros. Ela ocorre em quase todos os tipos de solos e em várias

condições climáticas e determina as cores amareladas tão comuns em solos brasileiros.

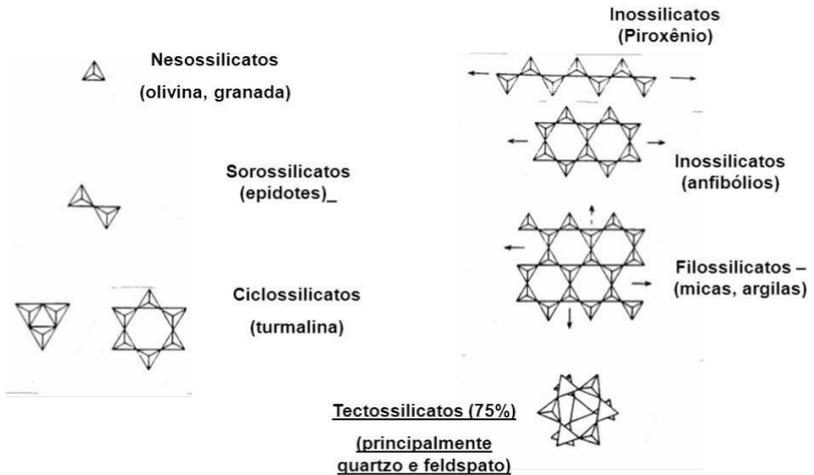
Os óxidos de ferro, junto com a matéria orgânica, são responsáveis pela cor do solo e participam de reações químicas essenciais relacionadas à fertilidade do solo. A gibbsita é o óxido de alumínio mais frequente em solos e também em depósitos bauxíticos. Experimentos de síntese demonstram que, em temperatura ambiente, esse óxido de alumínio forma-se em soluções ácidas, onde a hidrólise é mais lenta.

Em resumo, os óxidos de alumínio possuem uma alta capacidade de agregação, maior inclusive que óxidos de ferro. Com o aumento dos teores de óxidos de ferro e alumínio nos latossolos, a microestrutura granular evidencia-se maior e mais arredondada, garantindo um aumento da taxa de infiltração de água e da porosidade, formando uma diminuição nos valores de densidade do solo.

Os principais minerais formadores de rochas pertencem ao grupo dos silicatos. Cerca de 40% dos minerais mais comuns são silicatos, formando 90% da crosta terrestre (TEIXEIRA et al., 2009). Rochas comuns, como diabásios, granitos, arenitos, basaltos, gnaisses, quartzitos, e outras, são praticamente constituídos de silicatos.

A polimerização dos silicatos resulta em cadeias estruturais com diferentes tipos de agrupamento, como veremos a seguir: os nesossilicatos são tetraedros de silício e oxigênio separados, unidos através de um cátion, como por exemplo, a Olivina. Os sorossilicatos são tetraedros de silício e oxigênio em duplas, como o epídoto. Os ciclossilicatos possuem arranjo em forma de anéis, como por exemplo, a Turmalina. Os inossilicatos são tetraedros organizados em cadeias, sendo estas simples ou duplas, assim como o diopsídio. Os filossilicatos possuem arranjo em forma de folhas tetraédricas, como a muscovita. Os tectossilicatos são tetraedros em arranjo tridimensional, como por exemplo, o quartzo. As estruturas desses minerais podem ser visualizadas na Figura 1.9.

8- Silicatos



Fonte: Sampaio (2006, p. 9).

A mineralogia do solo é essencial para a construção do conhecimento da Ciência do Solo. Através desse estudo podemos conhecer e avaliar a gênese do solo, seu comportamento físico e químico, além de ser o indicativo da capacidade de reserva mineral nutritiva dos vegetais.

Os minerais presentes nos solos são classificados em primários e secundários. O mineral primário pode ser identificado como aquele que não teve sua estrutura química alterada desde a sua remoção e cristalização do magma difundido. Esses minerais são formados em altas temperaturas e, normalmente, são originados de rochas do tipo ígneas ou metamórficas, contudo, poderão também ter sido originadas de rochas sedimentares. Os mais comuns são o quartzo e os feldspatos. Além destes, outros minerais poderão ser encontrados em menores quantidades, como os piroxênios, as micas, os anfíbólios e as olivinas. Ocorrem, normalmente, nas frações areia e silte. Quando encontrados na fração argila, elas serão produtos de intemperismo pouco intenso. A presença dos minerais primários no solo caracteriza o grau de evolução do solo e sua reserva mineral.



De acordo com Cooper (2015, p. 3):



Uma fração granulométrica representa uma classe de tamanho de partícula, que é definida por um limite superior e um limite inferior de acordo com a escala adotada (Tabela 1.4). As partículas de uma mesma classe ou fração granulométrica podem variar quanto à forma, estrutura e composição química, podendo ser cristalinas ou amorfas.

Tabela 1.4 | Frações granulométricas determinadas no laboratório

Frações	USDA (Americana)	ISSS
	Diâmetro (mm)	
Areia muito grossa	2 - 1	-
Areia grossa	1 - 0,5	2 - 0,2
Areia média	0,5 - 0,25	-
Areia fina	0,25 - 0,10	0,2 - 0,02
Areia muito fina	0,10 - 0,05	-
Silte	0,05 - 0,002	0,02 - 0,002
Argila	< 0,002 mm	< 0,002 mm

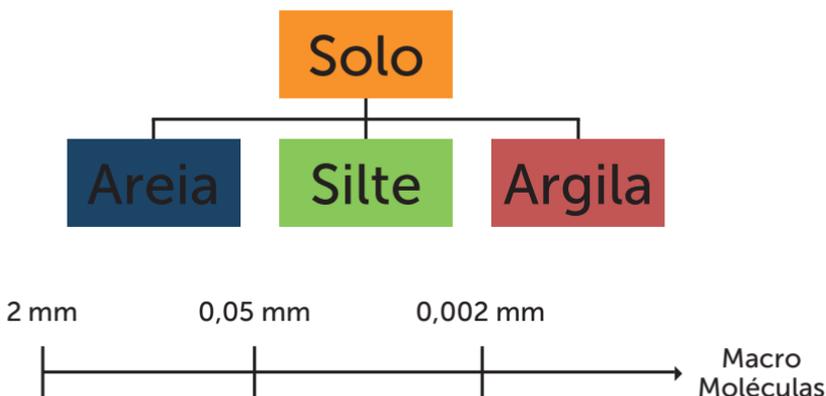
Fonte: Rocha (2014, p. 97).

O mineral secundário é aquele que foi proveniente do processo de intemperismo do mineral primário, tendo a sua estrutura alterada através da precipitação de produtos decorrentes do intemperismo do mineral primário. São constituídos por ações das temperaturas baixas, tendo sua origem nas rochas sedimentares ou através dos processos de intemperismo dos solos. Destacam-se nesse grupo, principalmente, a caulinita, os óxidos e os carbonatos.

O termo argila é definido em dois sentidos. Primeiramente, na composição granulométrica do solo, sendo esta fração a mais fina dentre os sedimentos. O outro sentido versa com a definição de argila enquanto mineral, pertencendo ao grupo dos minerais que são silicatos hidratados de alumínio. Os silicatos de alumínio, pertencentes ao grupo dos filossilicatos, com partículas de diâmetro (Figura 1.10),

localizado na dimensão do lote de argila, são denominados minerais de argila. São minerais secundários, resultantes da decomposição de outros silicatos, principalmente dos feldspatos, com características terrosas, de cor branca e sendo frequentemente encontrados com aspectos coloridos por impurezas, principalmente óxidos de ferro, que são infundíveis e insolúveis.

Figura 1.10 | Tamanho das frações sólidas do solo



Fonte: Rocha (2014, p. 97).

Os argilominerais são de extrema importância devido ao excesso de carga elétrica negativa, que permite reter cátions, à grande capacidade de retenção de água, à expansibilidade com a absorção de água, à alta capacidade de formação da agregação do solo em associação com a matéria orgânica e porque estão sujeitos à dispersão e à floculação.

Esses minerais são essenciais para o estudo da pedogênese por serem componentes da fração argila, na qual afeta todo o comportamento físico e químico do solo. Ainda que na fração argila estejam presentes todos os minerais que possuem tamanho inferior a 0,002 mm de diâmetro, os argilominerais se restringem apenas aos minerais silicatados, sendo os seus principais grupos a caulinita, illita e esmectita.

A caulinita é o componente mineral essencial para a fração argila dos solos do Brasil e daqueles provenientes de clima tropical úmido. São argilas mais fracas em sílica, com uma capa tetraédrica anexa a uma octaédrica. A caulinita não manifesta substituições isomórficas

relevantes, o que forma uma estrutura que seja aproximadamente neutra. A capacidade de troca catiônica é baixa, o que possibilita explicar a baixa fertilidade dos solos. A carga negativa nesta argila se encontra na superfície, bordas e arestas quebradas do mineral. Além disso, está associada à dissociação dos grupos dos hidróxidos, sendo assim, dependente do pH da solução do meio, possuindo pouca capacidade de retenção de água e tornando-se plástica para teores de umidade relativamente baixos.

A esmectita decorre com mais periodicidade em solos que apresentam pouca lixiviação como, por exemplo, em locais cuja drenagem é limitada ou cujo clima é árido, porque estes aprovam a assistência de maiores concentrações de íons fundamentais para sua precipitação. A produção de cargas negativas desta argila é resultado principal das substituições isomórficas. Possui um elevado poder de retenção de água, uma grande capacidade de troca catiônica e torna-se plástica para teores de umidade superiores aos da caulinita.

As illitas são aluminossilicatos de alumínio, magnésio e potássio. Esse grupo se caracteriza pelo grande número de íons de potássio que se fixam às camadas de argila e definem a não expansividade dessas argilas. Por isso, ficam indisponíveis para a adsorção de íons e a sua capacidade de troca catiônica é menor que os grupos anteriores mencionados.

Os compostos químicos, como os minerais, são formados por transferência eletrônica ou por partilha eletrônica entre os átomos reagentes. Os elementos associam-se uns aos outros de acordo com a tendência que eles possuem para doar ou receber elétrons, de modo que os átomos adquirem a estabilidade quando possuem 8 elétrons na camada de valência, ou seja, a camada eletrônica mais externa. Normalmente, existem duas maneiras principais de ligar elementos químicos: através de ligações iônicas ou através de ligações covalentes (SAMPAIO, 2016).

As ligações iônicas são feitas a partir de transferência de elétrons e ligações covalentes, por partilha de elétrons. As diferenças estão resumidas no Quadro 1.1.

Quadro 1.1 | Diferenças entre ligação iônica e ligação covalente

LIGAÇÃO IÔNICA	LIGAÇÃO COVALENTE
Metal + Ametal	Ametal + Ametal
Transferência de elétrons, Atração eletrostática.	Compartilhamento de pares eletrônicos: simples, dupla e tripla.
Grande diferença de eletronegatividade entre os elementos.	Pequena diferença de eletronegatividade entre os elementos.
São sólidos na temperatura ambiente.	Polaridade da ligação: Polar = átomos diferentes. Apolar = átomos iguais.
Condução de corrente elétrica na forma líquida.	Não conduzem a corrente elétrica (exceto os ácidos).
Formam retículo cristalino.	Formam moléculas.
Elevados pontos de fusão e pontos de ebulição.	Baixos pontos de fusão e pontos de ebulição.
São solúveis em solventes polares.	Semelhante dissolve semelhante.

Fonte: Sampaio (2006, p. 4).



Pesquise mais

Segundo Castro et al. (2014), os solos são formados a partir do seu material de origem, dos compostos orgânicos e dos vários minerais em diferentes estágios do processo de intemperização, sendo os mais ativos denominados argilominerais. Eles representam um grupo de minerais classificados de acordo com a sua estrutura cristalina, tendo como principais os das caulinitas, ilitas e esmectitas. Para aprimorar seus conhecimentos sobre os argilominerais, leia atentamente o artigo a seguir:

CASTRO, P. H. M., VENDRAME, P. R. S., PINESE, J. P. P. Mineralogia da Fração Argila de Solos Localizados em Ilhas no Alto Rio Paraná, PR-MS. **Ciências Exatas e Tecnológicas**. Londrina, v. 35, n. 2, p. 181-188, jul./dez. 2014. Disponível em: <<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semexatas/article/view/13446/15225>>. Acesso em: 22 mar. 2018.

Relembremos a problemática apresentada no início da seção, referente à segunda etapa do levantamento de reconhecimento: João foi um dos agricultores destacados com a necessidade de melhorar o nível produtivo da sua área de produção, que tem apresentado alterações bruscas de características físicas do solo, como a textura, que varia de argilosa para arenosa, e coloração, que varia entre as cores vermelhas, amareladas e intermediárias, caracterizando presença de óxidos de ferro (Fe) em altos níveis na área, os quais estão concentrados apenas em algumas regiões. Nesses pontos, as plantas externavam algumas características diferentes como, por exemplo, redução do crescimento, queda das folhas, redução no tamanho dos frutos e amadurecimento precoce.

Quais propriedades físicas e químicas dos minerais estão causando a heterogeneidade do solo e, conseqüentemente, da produção? Dentre as características dos minerais, a presença de óxidos de ferro em grandes quantidades, em algumas partes da área, está causando a heterogeneidade do solo e, conseqüentemente, da produção. As propriedades físicas são as mais comuns para a identificação de características heterogêneas, visto que análises químicas requerem um custo mais elevado, enquanto que as físicas podem ser feitas através de observação das diferentes colorações, por exemplo. A cor diz respeito à coloração externa do mineral, com os comprimentos de ondas que foram absorvidos através da sua composição química. Ela deverá ser observada em luz natural e sob uma superfície de fragmento de uma ruptura recente. Os minerais podem ser também classificados de acordo com a sua composição química, havendo várias classificações para isso. Os minerais formados por apenas um elemento químico são denominados elementos nativos. Geralmente, os elementos minerais são formados por dois ou mais componentes de propriedades químicas que se ajustam entre si, adaptando-se com suas compatibilidades químicas e favorecendo a fertilidade, as trocas iônicas, e, conseqüentemente, aumentando a produtividade das áreas. Assim, quando um elemento químico está em excesso, além dos solos apresentarem essas características, como no caso estudado, fica evidente, pela mudança de coloração do solo, o desequilíbrio dos elementos químicos, que podem causar, também,

desbalanços nutricionais nas plantas, induzindo deficiência de alguns minerais essenciais.

Os óxidos de ferro são responsáveis pela mudança de coloração do solo? Sim, são responsáveis pela mudança na coloração devido ao ferro oxidado ser um potente pigmento, principalmente quando desidratado. A coloração vermelha está associada ao acréscimo da concentração de óxidos de ferro desidratados, dando indicação de boa drenagem do solo. As observações dessas características são intrínsecas à presença de óxidos de ferro em altos níveis na área, os quais estão concentrados apenas em algumas regiões. Nesses pontos, as plantas externavam algumas características diferentes das demais, características essas dos desbalanços nutricionais, induzidos pela deficiência de alguns minerais essenciais e pela presença excessiva de ferro no solo.

Qual característica dos minerais pode interferir na heterogeneidade das plantas da área? Com base no que foi visto durante esta seção, você poderá concluir que os óxidos de ferro se apresentam em maiores concentrações na fração argila dos solos por serem componentes desta fração do solo. O tipo do óxido de ferro presente nos solos reflete as características ambientais que influenciaram na sua origem, ou seja, o material que deu origem ao solo que está sendo analisado.

Logo você concluirá que as diferentes características do solo do agricultor estão relacionadas com o manejo adotado, com as características ambientais e com o material de formação do solo. Já que os óxidos de ferro têm sua origem na degeneração dos minerais primários formados na sua maioria por ferro e magnésio, você pode concluir que os minerais mais comuns nos solos do produtor deverão ser as olivinas, os piroxênios e os anfibólios e são encontrados, principalmente, nas rochas que deram origem ao solo, sendo característica de áreas que têm como material de origem as rochas magmáticas. O ferro é originado pelos minerais primários, quando reagem com a matéria orgânica da área de plantio. Ele deverá ser incorporado na estrutura dos minerais que estão sendo formados por substituições isomórficas e serão precipitados na forma de oxi-hidróxidos ou ainda será absorvido pelas plantas, o que causa, portanto, a heterogeneidade na produtividade ao longo do plantio.

De acordo com o que foi observado, as áreas que apresentam coloração mais amarelada podem estar assim por causa da alta concentração de goethita, que é a forma mineral mais estável dos óxidos de ferro nos solos e que pode ocorrer em diferentes regiões e climas, existindo principalmente em regiões com condições de elevada umidade, elevados teores de matéria orgânica, de pH ácido e de teores elevados de alumínio trocável. Além disso, pode ocorrer associada à hematita, fator que pode explicar a coloração mais avermelhada em parte da área, já que a hematita apresenta alto poder de pigmentação, conferindo a cor vermelha aos solos. Tanto a goethita quanto a hematita são estáveis em solos oxidados e instáveis em condições de redução.

Portanto, determinadas as soluções e estabelecidas as respostas para os questionamentos, a segunda etapa do serviço foi resolvida. Nesse momento, aluno, você deverá elaborar a segunda etapa do relatório geral apresentando as respostas encontradas durante esta fase dos estudos que irão subsidiar o relatório geral de diagnóstico direcionado aos produtores agrícolas, que será fundamental para auxiliar na tomada de decisão do setor público, que lida com assuntos relativos ao meio ambiente, agricultura e sociedade.

Avançando na prática

Os minerais silicatados do solo

Descrição da situação-problema

A espectrorradiometria estuda os espectros resultantes da interatividade da energia eletromagnética com objetos. É utilizada para a caracterização de materiais e trata-se de uma técnica versátil que pode ser aplicada em campo ou laboratório.

Você é agrônomo e trabalha em um laboratório de solos operando um aparelho de espectrorradiometria e, por isso, foi procurado por um doutorando que visa identificar os minerais silicatados de dois solos de baixadas que apresentam variações significativas de composição em distâncias curtas, devido o relevo pouco acentuado, com mudanças de elevação de alguns centímetros e declividade muito suave.

Na análise da amostra 1 você observou que os minerais do solo são constituídos basicamente de tetraedros isolados de silício, ligados por Mg ou Fe, sendo originados de rochas magmáticas e metamórficas, apresentando coloração escura e fácil decomposição. Enquanto isso, com base na análise do solo da amostra 2, você identificou que os minerais dos solos apresentam estrutura em forma de cadeias simples ou duplas de tetraedros isolados de silício, ligadas a cátions, minerais escuros e de decomposição rápida, liberando cátions, como Mg, Ca, Fe, além de Al, Si e O.

O doutorando apresentou, então, os seguintes questionamentos: quais as características dos argilominerais identificadas na análise das amostras do solo? Com base na análise das amostras de solos e identificação das características, quais os minerais silicatados que compõem esses solos?

Sua função será aplicar a técnica da espectrorradiometria em duas amostras de solos e interpretar os resultados obtidos, classificando os minerais silicatados identificados na análise.

Resolução da situação-problema

A formação básica de um mineral silicatado é o tetraedro de silício composto por quatro átomos de O^{2-} e ordenados por um átomo central de Si^{4+} . Esses tetraedros ligam-se aos demais através do compartilhamento de íons O^{2-} , transformando-se em composições mais complexas.

Com base na interpretação das amostras dos solos, você pôde concluir que os principais minerais silicatados que ocorrem nos solos são:

Amostra 1 - Os nesossilicatos são constituídos basicamente de tetraedros isolados de silício e são ligados com Mg ou Fe. O principal mineral da classe é a olivina, sendo mais comumente encontrado nas rochas magmáticas e metamórficas. Apresentam matiz mais escura e são de fácil decomposição.

Já na **Amostra 2**, os inossilicatos, que são argilominerais que possuem estrutura em formato de cadeias simples ou duplas de tetraedros isolados de silício e que são ligadas a cátions, são minerais escuros encontrados em rochas básicas, como o basalto. Apresentam rápida decomposição e liberam cátions, como Mg,

Ca, Fe, além de Al, Si e O, que podem formar novos minerais. Os principais argilominerais são os piroxênios e os anfibólios.

Faça valer a pena

1. A composição química e a estrutura são responsáveis pelas características e propriedades físicas dos minerais. Essas propriedades são fundamentais na identificação de um mineral. Dentre as propriedades mais estudadas têm-se a dureza, a clivagem, a cor, o brilho, o traço entre outras.

Dentre as características físicas dos minerais, assinale a alternativa que representa corretamente a definição da característica física apresentada.

a) O brilho é a cor do pó do mineral. Geralmente a cor do traço do mineral não é o mesmo da cor visualizada sob luz. Ou seja, o brilho é uma característica constante, não variando da luz refletida, diferentemente da cor que é uma característica variável.

b) A dureza do mineral é a capacidade da resistência que ele oferece ao riscar e não ser riscado por outro.

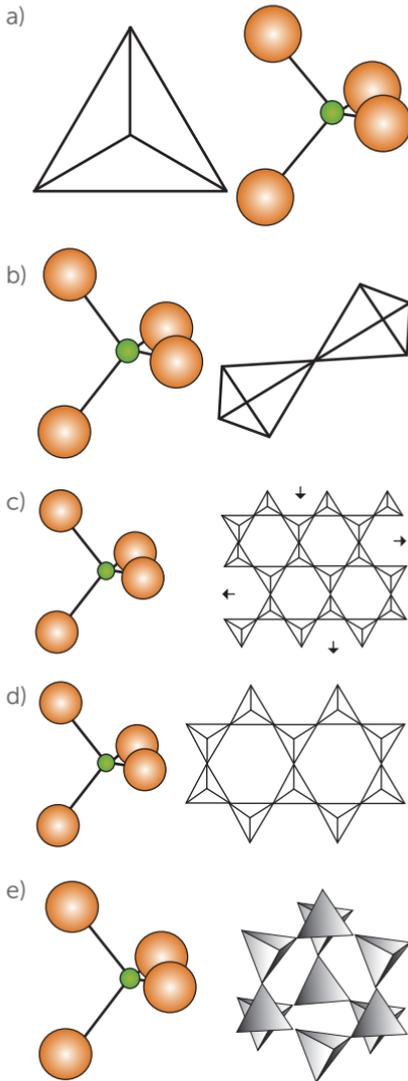
c) O traço analisado diz respeito à quantidade de luz refletida pelo mineral. É normal considerar dois tipos de traços, o metálico, que é composto por elementos químicos metálicos, e o não metálico, que não é composto por elementos químicos metálicos. O submetálico é determinado pelo brilho similar ao metálico, porém menos intenso.

d) O brilho diz respeito à coloração externa do mineral, com os comprimentos de ondas que foram absorvidos através da sua composição química. Ele deverá ser observado em luz natural e sob uma superfície de fragmento de uma ruptura recente.

e) A dureza é a capacidade de ruptura dos minerais em superfície plana ou regular, podendo ocorrer em uma ou inúmeras direções e gerar superfícies de qualidade variável, sendo mais ou menos lisas.

2. Os minerais ricos em silício são denominados silicatos e são classificados de acordo com sua composição estrutural e com o grau de polimerização dos tetraedros de sílica. Os principais minerais formadores de rochas pertencem ao grupo dos silicatos. Cerca de 40% dos minerais mais comuns são silicatos, formando 90% da crosta terrestre. Rochas comuns, como granitos, diabásios, basaltos, arenitos, quartzitos, gnaisses e outras são praticamente constituídos de silicatos. A polimerização dos silicatos resulta em cadeias estruturais com diferentes tipos de grupamento (MELO; ALLEONI, 2009).

Assinale a alternativa que representa a estrutura dos ciclossilicatos:



3. Os compostos químicos, como os minerais, são formados por transferência eletrônica ou por partilha eletrônica entre os átomos reagentes. Os elementos associam-se uns aos outros de acordo com a tendência que eles possuem para preencher totalmente a última orbital.

Normalmente existem duas maneiras principais de ligar elementos químicos: através de ligações iônicas ou através de ligações covalentes.

Com relação às ligações químicas, assinale a alternativa que representa características das ligações covalentes.

- a) Transferência de elétrons e atração eletrostática.
- b) Condução de corrente elétrica na forma líquida.
- c) Elevados pontos de fusão e pontos de ebulição.
- d) São solúveis em solventes polares.
- e) Compartilhamento de pares eletrônicos: simples, dupla e tripla.

Seção 1.3

Ciclo e tipo de rochas

Diálogo aberto

Prezado aluno, seja bem-vindo! Nessa seção estudaremos o ciclo das rochas, que compreende uma série de processos que podem provocar alterações nos tipos de rochas ao longo do ciclo, uma vez que estas, quando expostas à atmosfera, sofrem a ação do intemperismo por meio de diversas reações, que podem ser físicas, como congelamento, variação de temperatura, esfoliação, decomposição esferoidal e destruição orgânica, podem ser também químicas, como dissolução simples, hidratação e hidrólise, ou biológica, por exemplo, pela ação das raízes das árvores, ações de bactérias, decomposição de organismos ou excrementos.

A ação das intempéries causa perda de coesão das rochas que, conseqüentemente, são erodidas, transportadas e depositadas em depressões de maneira que elas passam a compor as rochas sedimentares, as quais são consequência de uma série de processos que acontecem na superfície terrestre, tendo seu início no intemperismo das rochas. Já as rochas ígneas se originam através do processo de solidificação do magma fundido (líquido proveniente do interior da Terra), enquanto que as rochas metamórficas são o fruto da mudança de algum outro tipo de rocha, quando esta é submetida a um ambiente cujas condições físicas são muito diferentes daquelas de sua formação. Sob estas condições, os minerais podem se tornar instáveis e reagir, formando outros minerais estáveis nas condições vigentes.

Desta forma, vamos entender melhor o ciclo e os tipos de rochas partindo da seguinte situação: imagine agora que, ao concluir a segunda etapa do estudo em desenvolvimento para a prefeitura do município (Seção 1.2), a sua equipe observou e identificou que o principal motivo para a baixa produtividade agrícola é a alta heterogeneidade dos solos do município, de modo que a região mais afetada por isto, e sobre a qual os produtores mais se questionavam, seria aquela próxima de um rio que corta toda a região.

As plantações localizadas nessa área apresentam algumas deficiências e, além disso, eram utilizadas as mesmas quantidades de fertilizantes que se usava em áreas afastadas do rio. Nessa última etapa do estudo, a equipe de trabalho dirigiu-se a esta área e fez uma série de coletas de solo para análises químicas e físicas. Como resultado das análises, foi possível fazer algumas constatações, como as apresentadas no Quadro 1.2.

Quadro 1.2 | Conclusão das análises do solo das áreas próximas ao rio

Classe granulométrica	Retenção iônica	Retenção de água	Permeabilidade	Propriedades mecânicas
Areia fina	Nula	Fraca	Forte	Seco - pouco tenaz e solto úmido - pouco plástico.
Areia grossa	Nula	Nula	Forte	Seco - pouco tenaz e solto úmido - pouco plástico.

Fonte: elaborado pelo autor.

Um detalhe, é que o rio colide com as áreas marginais ao corpo hídrico, alterando o ciclo das rochas e contribuindo para a formação e modificação do solo na área. Esse processo é um dos responsáveis pela constante alteração da área. Então, responda: os solos serão compostos dos mesmos materiais que a rocha de origem? Qual a importância da água no ciclo das rochas? As características observadas no resultado da análise de solo são influenciadas por qual tipo de rocha?

Nesta seção, iremos estudar tudo sobre o ciclo das rochas e como ele pode influenciar o solo e a sua produtividade. Vamos estudar detalhadamente, solucionar os problemas e determinar as suas respectivas soluções? Ao concluir as três etapas e responder os questionamentos, você conseguirá finalizar o estudo que será entregue à prefeitura, conseguindo, assim, descrever a formação do solo, a influência dos minerais que o compõem a produtividade e apontar como as rochas podem influenciar as suas características. Bons estudos!

Não pode faltar

As determinações de um agregado de minerais essenciais e acessórios formam uma rocha pela união natural entre os diferentes minerais, ou seja, as rochas são formadas através da aglomeração de partículas consolidadas que resultam da agregação e união natural dos minerais que as compõem. Assim, a forma e os tipos de minerais que compõem as rochas interferem diretamente em sua estrutura, aspectos gerais externos e em sua textura, bem como em aspectos referentes à composição detalhada.

Rochas são conceituadas como qualquer agregado natural sólido que compõe a crosta terrestre, exceto água e gelo, sendo compostas de um ou mais minerais e formando também parte essencial da crosta terrestre.



Assimile

Rocha é um agregado sólido que ocorre naturalmente e é constituído por um ou mais minerais ou mineralóides. A camada externa sólida da terra, conhecida por litosfera, é constituída por rochas. O estudo científico das rochas é chamado de petrologia (LEPSC, 2011, p. 44).

As rochas são identificadas através de análises mineralógicas, as quais incluem os seus principais elementos e traços, visando caracterizar grupos litológicos (através da descrição das rochas), com base em características tais como a cor, composição mineralógica e o tamanho dos grãos, as relações entre diversos grupos litológicos e aspectos genéticos. A sua estrutura é determinada pelo aspecto geral externo, que pode ser maciço, orientado e com cavidades. A sua textura é determinada por meio da observação mais detalhada do tamanho, forma e relacionamento entre os cristais ou grãos constituintes da rocha.

As rochas são os principais materiais de origem dos solos. Os solos podem ter mais ou menos argila ou areia, serem férteis ou pobres em nutrientes, dependendo da decomposição dos diferentes tipos de rochas. Essa decomposição é formada também pela exposição destas, ao longo do tempo, a fatores físicos e químicos, através dos quais as rochas são fragmentadas em porções menores, formando o solo.

Os diversos tipos de rochas podem manifestar pouca ou grande resistência a decomposições e transformações resultantes de processos do tempo e fatores ambientais. Por exemplo, processos erosivos ocorridos na superfície são minimizados pela resistência das rochas em ambientes com relevo mais inclinado, e as rochas menos resistentes formam solos mais planos e mais desgastados.

Os processos de transformação das rochas alteram a sua composição mineralógica, originando assim os principais tipos de rochas, conhecidas como ígneas, metamórficas e sedimentares (Figura 1.16). Dessa forma, as rochas têm suas características modificadas regularmente, passando de um tipo para o outro, em um processo chamado *ciclo das rochas*.

Figura 1.16 | Representação esquemática do ciclo das rochas



Fonte: <<http://staffsites.slcschools.org/jsnow/Labs/8Labs/RockCycleLab/RockCycle.html>>. Acesso em: 4 abr. 2018.



Assimile

O conjunto de processos naturais que leva um tipo de rocha a se transformar em outra é conhecido, dentro da geologia, como ciclo das rochas. Com o entendimento da teoria das placas tectônicas, o ciclo das rochas se tornou um processo de evolução gradual.

Na condição de ser um ciclo, não é viável nomear o seu início e o seu fim. Porém, para compreender o ciclo das rochas, vamos declarar o começo como sendo o da transformação das rochas ígneas em sedimentares.

Com as mudanças da terra, várias rochas ígneas compõem-se há muitos quilômetros abaixo da superfície e, por consequência, acabam vindo à superfície ao longo do tempo, como veremos adiante.

Os elementos externos, como a água, os ventos, a exposição ao sol e às chuvas, entre outros fatores, influenciam essas rochas. Dessa forma, a rocha vai alterando as suas propriedades. Esse modo de transformação do solo por elementos externos é intitulado intemperismo e sedimentação.

Em razão da invariabilidade que essas rochas apresentam, as consequências são as rochas sedimentares. Nessas, os sedimentos são produzidos pelo intemperismo e depositados em fundo de rios ou lagos, nos quais se unem, por intermédio da intensidade da água, e onde acumulam os sedimentos no mesmo lugar, formando consistência uniforme.

As rochas sedimentares vão se aglomerando em grandes profundidades, pois com o passar do tempo as camadas vão se sobrepondo. Suas propriedades químicas e minerais vão se modificando por consequência da pressão do ambiente de origem em relação ao ambiente onde elas se encontram e de seu extremo calor interno, de forma que vão se endurecendo e se alterando. O metamorfismo é o processo de aquecimento e endurecimento das rochas e ocorre através da mutação das rochas sedimentares para rochas metamórficas.

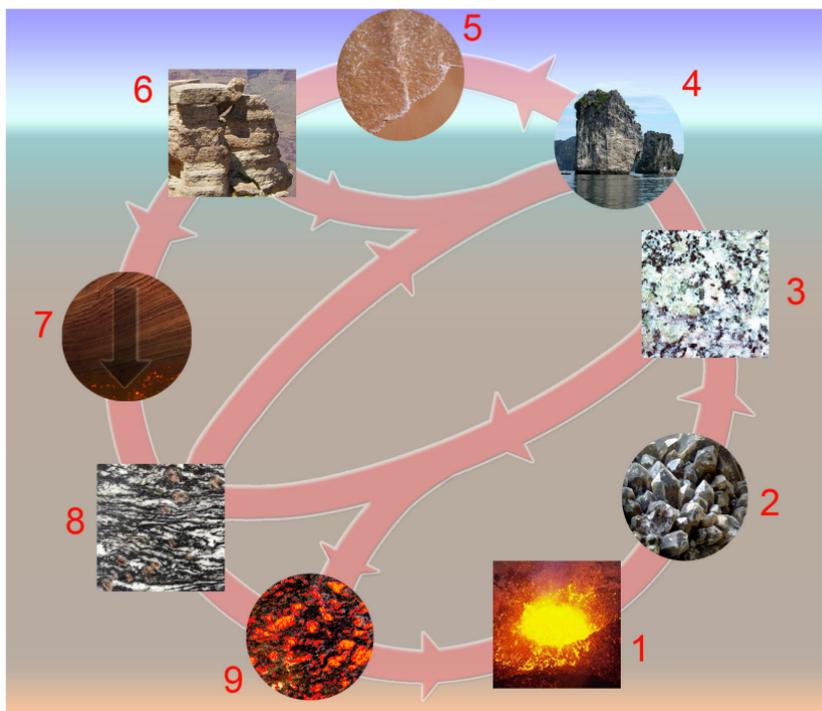
Com a duração dessa mutação, as rochas metamórficas podem sofrer mais ainda com o calor e a pressão da terra, de tal maneira que se inicia o derretimento das rochas e, conseqüentemente, a geração das lavas. A transformação de rochas metamórficas em ígneas acontece após o derretimento das rochas, processo que é intitulado fusão e a partir do qual essas rochas são convertidas em lava. Após este processo, casualmente ocorre o procedimento de resfriamento e, consecutivamente, o de solidificação.

É também possível que uma rocha metamórfica, ao invés de ter seu aquecimento aumentado gradativamente, apareça na superfície, passando por intemperismo e tornando-se uma rocha sedimentar.

Assim como também é possível que uma rocha ígnea volte a sofrer processos de metamorfismo e se transforme em rocha metamórfica novamente. Porém, somente as rochas metamórficas transformam-se em rochas magmáticas, pois quando as rochas sedimentares instauram o aquecimento, subitamente essas rochas alteram a sua composição, convertendo-se em rochas metamórficas antes de se tornarem ígneas.

Um esquema representativo sobre a formação e transformação das rochas é apresentado na Figura 1.17.

Figura 1.17 | Formação e transformação das rochas ígneas, sedimentares e metamórficas



Nota: 1 – magma, 2 – cristalização, 3 – rocha magmática, 4 – erosão, 5 – sedimentação, 6 – rocha sedimentar, 7 – enterro tectônico e metamorfismo, 8 – rocha metamórfica, 9 – fusão.

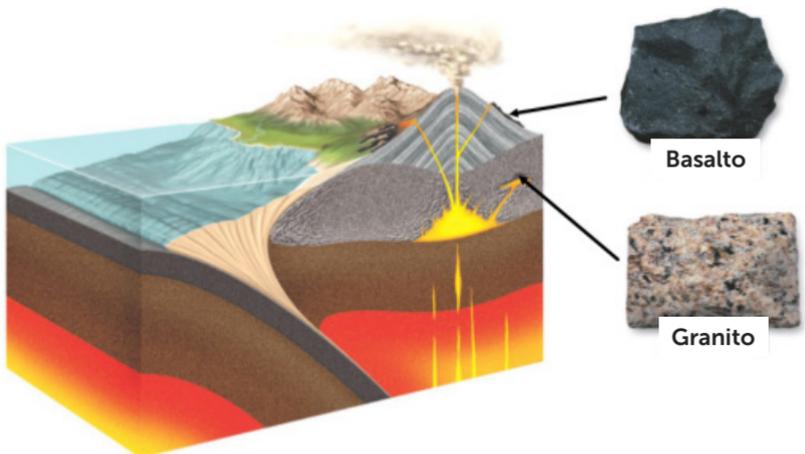
Fonte: <<https://he.wikipedia.org/wiki/%D7%A7%D7%95%D7%91%D7%A5:Rockcycle.jpg>>. Acesso em: 28 abr. 2018.

As rochas ígneas compõem cerca de 80% do volume da litosfera, derivado do interior da Terra, resultando na solidificação de uma fusão de silicatos (compostos de silícios), óxidos e substância voláteis (sendo a água o mais importante). Esse processo é intitulado magma (TEIXEIRA et al., 2009).

Devido aos eventos da dinâmica interna do planeta, o magma pode ascender em direção à superfície. A cristalização de minerais a partir do resfriamento do magma acontece entre 1200 e 600°C (TEIXEIRA et al., 2009).

Existem dois tipos principais de rochas ígneas: (i) extrusivas ou vulcânicas, que são aquelas que surgem a partir do resfriamento do magma expelido em forma de lava por vulcões, formando a rocha na superfície e em áreas oceânicas. Como nesse processo a formação da rocha é rápida, ela apresenta características diferentes das rochas intrusivas. Um exemplo é o basalto. E há também as rochas (ii) intrusivas ou plutônicas, que são aquelas formadas no interior da Terra, geralmente nas zonas de encontro entre a astenosfera e a litosfera, em um processo constitutivo mais longo. Elas surgem na superfície somente através de afloramentos, que se formam graças ao movimento das placas tectônicas, como ocorre com a constituição das montanhas. Exemplo: Granito, como pode ser visto na Figura 1.18.

Figura 1.18 | Representação esquemática da formação de rochas ígneas extrusivas e de rochas ígneas intrusivas



Fonte: <<http://www.cientic.com/imagens/qi/rochas/rochas10.png>>. Acesso em: 4 abr. 2018.

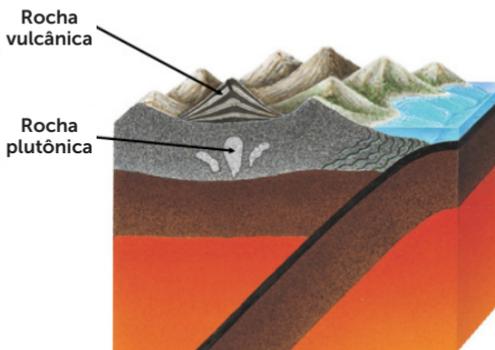


As rochas ígneas intrusivas ou plutônicas formam-se quando o magma se resfria lentamente nas profundezas da Terra. Enquanto que as rochas ígneas vulcânicas, ou magmáticas extrusivas, formam-se quando o magma se solidifica após ser expelido pelas erupções vulcânicas e o resfriamento e a solidificação do magma ocorrem muito rápido. Por que a velocidade do resfriamento do magma origina rochas de características diferentes?

As **rochas ígneas** extrusivas são formadas pelo escoamento do magma até superfície da crosta terrestre, por intermédio dos vulcões ou de fissuras na crosta. O magma extravasado pode ser chamado também de lava. Ao se resfriar, ocorre a cristalização de minerais e a solidificação do magma, formando as rochas ígneas vulcânicas. **Rochas ígneas intrusivas** são formadas pela cristalização do magma que não alcançou a superfície da crosta terrestre, onde o espaço em que o magma fica capturado é chamado de câmara magmática.

Essas rochas normalmente passam por um esfriamento mais lento que as ígneas extrusivas quimicamente compatíveis e possuem mais componentes instáveis dissolvidos. Essas circunstâncias dão oportunidade para que os elementos químicos que compõem o magma possam se organizar em cristais maiores, sendo visíveis a olho nu. Essas massas rochosas podem ser trazidas à superfície, onde sofrem os procedimentos de modificações por causa de fatores ambientais. A Figura 1.19 exemplifica esses tipos de rochas.

Figura 1.19 | Exemplificação de rocha vulcânica e plutônica



Fonte: <<http://www.cientic.com/imagens/qi/rochas/rochas08.png>>. Acesso em: 04 abr. 2018.

A textura da rocha também é influenciada pelo tamanho e forma das partículas originais de minerais e rochas, as quais são determinadas pela forma, tamanho e pela estrutura dos minerais na massa da rocha. O principal elemento de composição das rochas ígneas é o silício, e, em consenso com a sua quantidade de sílico em porcentagem, essas rochas são rotuladas como: ácidas, sendo >65%, neutras ou intermediárias com teor entre 55 e 65%, básicas com teor entre 35 e 55% e ultrabásicas sendo < 35% de SiO_2 . Rochas ígneas com pequeno teor de silício normalmente são fartas em minerais escuros compondo magnésio e ferro, como anfibólios, piroxênios e olivinas, sendo essas rochas intituladas máficas. Em rochas ígneas com mais de 60% de silício em peso, ocorre quartzo agregado com feldspatos alcalinos, em pouca quantidade de minerais ferro-magnesianos. Essas rochas possuem cores claras e são chamadas félsicas (CARNEIRO et al., 2009). Essas definições estão representadas no Quadro 1.3.

Quadro 1.3 | Representação das relações entre o local e a velocidade de resfriamento do magma com a textura das rochas ígneas e composição mineral

Local e velocidade de resfriamento	Características dos Cristais	Textura	Tipo de rocha ígnea	Composição Mineral		
Resfriamento em duas fases: lento e rápido.	Grandes e pequenos.	Porfíritica	Intrusiva ou extrusiva.	--		
Resfriamento rápido na superfície.	Pequenos	Fragmental	Extrusiva	Tufo vulcânico ou brecha.		
Resfriamento extremo/ rápido na superfície.	Sem formação de cristais.	Vítrea		Obsidiana (maciça), Pomice (porosa).		
Material sólido expelido por vulcões.	Fragmentos de rocha.	Afanítica		Riolito	Andesito	Basalto
Resfriamento lento em profundidade.	Grandes	Fanerítica	Intrusiva	Granito	Diorito	Gabro
% SiO_2				>65 (ácidas)	55-65 (neutras)	35-55 (básicas)
Propriedades				Clara e leve	Intermediária	Escura e pesada

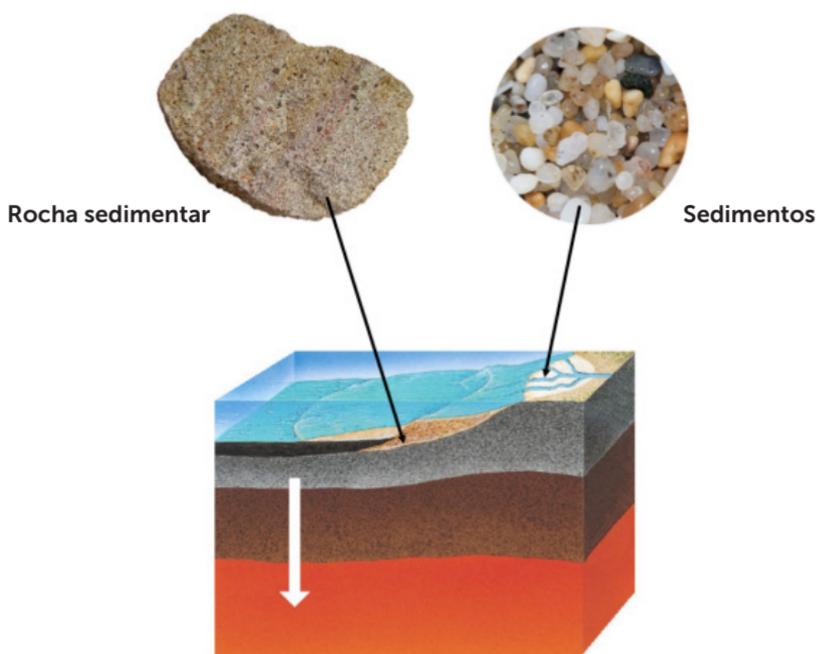
Fonte: Carneiro et al. (2009, p.10).

As rochas ígneas estão associadas a eventos da dinâmica interna da Terra, diferentemente das rochas sedimentares que se associam aos processos dinâmicos externos. As rochas sedimentares ocupam 75% da superfície da Terra (TEIXEIRA et al., 2009). Por isso, a sua

importância para os profissionais das ciências agrárias, pois a superfície é essencial para atividades agropecuárias e florestais.

Os sedimentos são remoções de materiais da consequência de decomposições e desagregações de rochas de várias origens. Os sedimentos põem-se camada sobre camada, na superfície da litosfera, em temperaturas e sob pressões moderadamente baixas. O conjunto de processos químicos e físicos sofridos pelos sedimentos desde a sua deposição até a sua consolidação é chamado de diagênese e pode ser visto na Figura 1.20.

Figura 1.20 | Rocha sedimentar compondo os ambientes de sedimentação e de diagênese



Fonte: <<http://www.cientic.com/imagens/qi/rochas/rochas02.png>>. Acesso em: 04 abr. 2018.



Exemplificando

As rochas sedimentares são importantes no contexto de informações sobre a evolução e história da Terra, como, por exemplo, os fósseis, que são restos preservados de plantas e animais.

Os fósseis só são possíveis de serem conservados através do processo de sedimentação que, ao serem soterrados pela deposição de

sedimentos, passam – ao longo de milhares de anos – pelos processos de diagênese, compactação e cimentação, que só ocorrem em rochas sedimentares, em função do fato de estas serem formadas a partir da decomposição do solo e de outras formações rochosas.

Através da deposição e transporte do sedimento acontece a seleção mecânica e química do material de origem. Os materiais grosseiros são colocados junto à origem, na mesma proporção que materiais mais finos são depositados a maiores distâncias, e os materiais solúveis são dissolvidos, deslocados em solução e precipitados.

Devido às instabilidades químicas ou físicas ao longo do deslocamento e a retirada do material, os sedimentos vão sendo depositados e, conseqüentemente, vão estabelecendo uma estrutura em camadas, que podem ser cruzadas ou horizontais. O ambiente de deposição e a distância do transporte diversificam os tipos de textura, observáveis em sua composição e que obtêm uma alta resistência em relação ao intemperismo.

De acordo com o processo de estruturação, as rochas sedimentares são identificadas em químico-orgânicas, quando são naturais da precipitação de soluções inorgânicas, ou são identificadas como clásticas, quando são conseqüências da deposição mecânica, ou seja, são definidas através da existência de partículas de rochas, isso considerando o tamanho dos grãos, o grau de arredondamento, a seleção e a cimentação.

Sedimentos clásticos podem reter algum material precipitado quimicamente, do mesmo modo que os químicos se constituem de algum material clástico. A rocha clástica mais comum é o quartzo, e os carbonatos são os mais comuns das rochas sedimentares químicas.

Para o estudo da mineralogia das rochas sedimentares precisamos obter o conhecimento dos agentes cimentantes dos grãos através do estudo das propriedades que compõem essas rochas, bem como a observação da coesão da rocha, solubilidade e a cor. Essas propriedades podem ser observadas na Tabela 1.7.

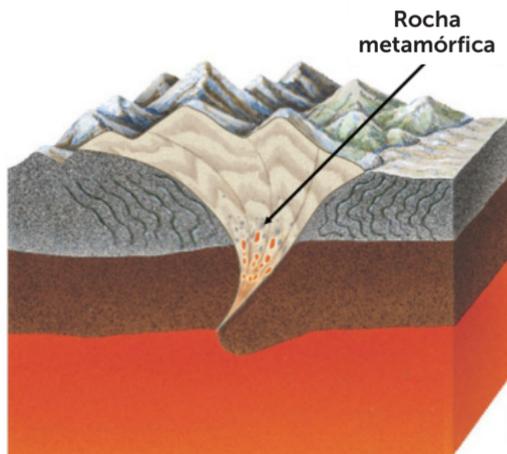
Quadro 1.4 | Algumas propriedades para a identificação mineral das rochas sedimentares

Propriedade	Variações	Minerais	Observações
Cor	Vermelha/marrom	Hematita	Provável alta densidade.
	Amarela/marrom	Goethita	-
	Cinza escura/preta	Matéria orgânica	Provável baixa densidade.
	Incolor ou cores clara	Carbonatos ou sílica	Distinguir pela solubilidade em HCl.
Solubilidade	Solúvel	Calcita (carbonato)	Solúvel em HCl.
	Pouco solúvel	Dolomita (carbonato)	Parcialmente solúvel em HCl.
	Insolúvel	Sílica	Distinguir pela ausência de solubilidade em HCl.
Coesão	Forte	Sílica, óxidos, carbonatos	Distinguir pela cor e/ou solubilidade em HCl.
	Fraca	Argila	Quando úmida, percebe-se o cheiro de barro.

Fonte: Reichert (2007, p. 42-43).

O metamorfismo é o conjunto de processos diretamente relacionados a grandes temperaturas e pressões, as quais influenciam nas alterações da estrutura e de prováveis alterações na composição mineralógica do solo. O metamorfismo constitui a transformação de uma rocha preexistente, que pode ser ígnea, sedimentar ou mesmo metamórfica. Os agentes de transformação ou de metamorfismo incluem o calor, a pressão e os fluidos quimicamente ativos, como o magma, que produzem modificações de textura e composição mineral. As rochas metamórficas podem resultar das alterações térmicas que as rochas sofrem, quando ocorre uma intrusão magmática, como representado na Figura 1.21.

Figura 1.21 | Formação da rocha metamórfica



Fonte: <<http://www.cientific.com/imagens/qj/rochas/rochas14.png>>. Acesso em: 04 abr. 2018.

Os principais processos de metamorfismo são o deslocamento mecânico e recristalização química. O deslocamento mecânico consiste na deformação e rotação dos minerais, por consequência da ação de pressões diferenciais. A recristalização química pode consistir na recombinação química e no crescimento de novos minerais pela adição ou não de novos elementos e na recristalização dos minerais originais em cristais maiores.

Quase todas as rochas metamórficas evidenciam a influência conjunta dos dois processos, distinguindo-se pela intensidade de atuação de cada um. A maioria das rochas metamórficas exibe feições planas que recebem a denominação geral de xistosidade, semelhante à foliação que se diferencia da xistosidade através da textura afanítica, ou seja, os minerais não podem ser observados individualmente a olho nu.

Na classificação das rochas metamórficas é considerada a presença de foliação, a textura e a composição mineral, conforme o Quadro 1.5.

Quadro 1.5 | Descrição de algumas rochas metamórficas

Textura foliada	Ardósia	Rocha de grão muito fino composta por grãos microscópicos de micas, resultante do metamorfismo de grau baixo do argilito e xisto argiloso.
	Xisto	Rocha metamórfica mais comum composta em grande parte por partículas visíveis. Pode resultar também do metamorfismo do argilito e xisto argiloso, mas com grau mais intenso.
	Gneisse	Na maior parte dos casos com a composição do granito. A característica principal é o aspecto de bandas muito dobradas de cores alternadas escuras e claras.
Textura não foliada	Mármore	Resultado do metamorfismo do calcário; apresenta grandes cristais de calcite imbricados entre si; as colorações que apresenta para além do branco resultam da presença de impurezas.
	Quartzito	Rocha metamórfica comum formada a partir do arenito quartzoso, o aspecto pode ser semelhante ao mármore, mas apresenta uma dureza muito maior. Solos derivados de arenito possuem baixa fertilidade (Ca, Mg, K). Os arenitos geralmente originam solos de textura grosseira (arenosa), têm baixa fertilidade, armazenam pouca água e são propensos a erosão.

Fonte: Reichert (2007, p. 45).



Pesquise mais

Após a leitura e compreensão dos aspectos que cercam o ciclo e os principais tipos de rochas que formam os solos agrícolas, sugiro a leitura do texto: "Aspectos Mineralógicos, Químicos e Físicos de Frente de Intemperismo em Filito da Formação Batatal, Quadrilátero Ferrífero", que apresenta uma aplicação prática da compreensão da evolução da frente de intemperismo em filitos desenvolvida em clima tropical. A alteração intempérica é tratada e discutida com base em dados mineralógicos, químicos e físicos.

LEÃO, M. F. et al. Aspectos Mineralógicos, Químicos e Físicos de Frente de Intemperismo em Filito da Formação Batatal, Quadrilátero Ferrífero. Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ, Rio de Janeiro, v. 40, n. 3, p. 398-406, 10 dez. 2017. Instituto de Geociências - UFRJ. Disponível em: <http://www.anuario.igeo.ufrj.br/2017_3/2017_3_398_406.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2018.

Sem medo de errar

Prezado aluno, lembrando a problemática apresentada, as plantações localizadas na área próxima ao rio que corta a região apresentam algumas deficiências. Nessa área eram utilizadas as mesmas quantidades de fertilizantes que se usavam em áreas afastadas do rio. Nessa última etapa do estudo, a equipe se dirigiu a esta área e fez uma série de coletas de solo para análises químicas e físicas. Como resultado das análises, foi possível fazer as constatações apresentadas no Quadro 1.2, apresentado no início da seção.

Alguns questionamentos relacionados à situação devem ser respondidos:

(i) Os solos serão compostos dos mesmos materiais que a rocha de origem?

Os diversos tipos de rochas podem manifestar pouca ou grande resistência a decomposições e transformações resultantes de processos do tempo e de fatores ambientais, sendo que, as rochas são o material de origem mais importante para formação dos solos agrícolas. Uma mesma rocha poderá dar origem a solos diferentes. Dessa forma, materiais rochosos, compostos por arenitos, por exemplo, darão origem a solos arenosos.

Assim, à medida que as águas do rio colidem com o solo e transportam material em seu caminho, estas transportarão os detritos da erosão e os sedimentos em camadas, na ordem decrescente de seus diâmetros. Assim a deposição das camadas será inicialmente formada por camadas de areias grossas e, por fim, de areia fina. Em cada camada predominam, ordenadamente, os tamanhos de grãos correspondentes às areias grossas e às areias finas.

(ii) Qual a importância da água no ciclo das rochas?

O processo de formação dos solos ocorre principalmente em razão da ação do intemperismo, responsável pelo desgaste de uma rocha e de sua gradativa transformação em sedimentos, que dão origem ao material que compõe os solos.

Neste contexto foi detectado que o corpo hídrico é o principal componente transformador, pois colide nas rochas, de forma a

alterar a sua estrutura para sedimentos, o que dá origem aos solos. Por mais que existam solos cuja composição advém do depósito sedimentar, oriundo de diferentes áreas, é a rocha que determina as principais características de um solo. Diante disso, para aumentar a produção e para identificar as deficiências da plantação, devemos conhecer o principal material de formação dos solos: as rochas.

Assim, como já observado e constatado na análise de solo, o material de origem dos solos criou um que é mais arenoso na área próxima ao rio, que quando comparadas às demais áreas apresentam maior fragilidade estrutural, baixa fertilidade e capacidade de retenção de água. A alta porosidade presente em solos arenosos possibilitará que a água passe mais facilmente entre os grãos atingindo camadas mais profundas e secando o solo bem mais rápido quando comparado com outros tipos de solo. Além disso, quando comparado aos demais solos, como os de textura argilosa, apresentam baixa oferta de nutrientes e água às plantas.

(iii) As características observadas no resultado da análise de solo são influenciadas por qual tipo de rocha?

No caso da nossa situação analisada, percebemos que o solo próximo ao rio apresenta características típicas de um solo originado de rocha metamórfica, provavelmente formada a partir do arenito quartzoso, pois, conforme a conclusão das análises químicas e físicas do solo das áreas próximas ao rio, apresentam classes granulométricas arenosas (areia grossa e areia fina). À medida que são solos derivados de arenito, possuem baixa fertilidade (Ca, Mg, K). Os arenitos geralmente originam solos de textura grosseira (arenosa), tem baixa fertilidade, armazenam pouca água e são propensos a erosão.

Sendo assim, para aumentar a produção agrícola no município, não poderão ser utilizadas, na área cujos principais fatores atenuantes transformadores de rochas são os corpos hídricos, as mesmas quantidades de fertilizantes usados em áreas afastadas do rio, pois a necessidade, estrutura, cores e agentes cimentantes são diferentes dos das áreas que possuem outros elementos que auxiliam na formação dos solos. Assim, baseado na série de estudos que foram realizados nessas áreas, você deverá chegar à conclusão de que um manejo diferenciado deverá ser adotado nessas áreas.

Portanto, determinadas as soluções e estabelecidas as respostas para os questionamentos, a terceira etapa do serviço foi resolvida.

Nesse momento, você deverá elaborar o relatório geral apresentando as respostas encontradas durante as três etapas do estudo, que será o diagnóstico direcionado aos produtores agrícolas. Este relatório será entregue à prefeitura para auxiliar os produtores do município, sendo fundamental também para a tomada de decisão do setor público que lida com assuntos relativos ao meio ambiente, agricultura e sociedade.

Ao reunir as respostas das três situações-problema e elencar os fatores que têm prejudicado a produção agrícola do município, você conseguirá descrever a formação do solo, a influência dos minerais que o compõem na produtividade e apontar como as rochas podem influenciar as suas características, contribuindo, assim, para que os produtores possam buscar e adotar manejos específicos para atender as necessidades de suas áreas.

Avançando na prática

Identificação de rochas ígneas

Descrição da situação-problema

Você é um engenheiro agrônomo especialista em rochas, trabalha em um laboratório que presta serviços para uma empresa especialista na produção de fertilizantes através de pesquisa mineral. Sua função no laboratório é reunir as informações passadas pela equipe de campo e pela equipe do laboratório, além de identificar as rochas que serão extraídas para produção de fertilizantes. Você acaba de receber uma amostra de seis diferentes rochas e, junto com elas, o relatório das equipes de campo e de laboratório identificando as rochas de 1 a 6, e descrevendo as suas características. Ao receber o material você reuniu todas as informações e as descreveu em um quadro (Quadro 1.6) a fim de resumir as informações mais relevantes para a classificação.

Quadro 1.6 | Características das rochas coletadas em campo e descritas em análises laboratoriais

Local e velocidade de resfriamento	Características dos Cristais	Textura	Tipo de rocha ígnea	Composição Mineral		
				Rocha 1	Rocha 2	Rocha 3
Material sólido expelido por vulcões.	Fragmentos de rocha	Afanítica	Extrusiva	Rocha 1	Rocha 2	Rocha 3
Resfriamento lento em profundidade.	Grandes	Fanerítica	Intrusiva	Rocha 4	Rocha 5	Rocha 6
% SiO_2				> 65 (ácidas)	55-65 (neutras)	35-55 (básicas)
Propriedades				Clara e leve	Intermediária	Escura e pesada.

Fonte: Carneiro et al. (2009, p.10).

Sua função será a de observar as principais características descritas nessa tabela e de classificar as rochas, a fim de subsidiar o trabalho da equipe de campo para a extração. Ao analisar a tabela, algumas questões que serão fundamentais na resolução da problemática devem ser respondidas: quais rochas, que são de origem de material sólido expelido por vulcões, apresentam textura afanítica e são do tipo extrusiva? As porcentagens de SiO_2 são características fundamentais para determinação das rochas ígneas? As cores ajudam na diferenciação e classificação das rochas? Com base nas respostas dos questionamentos você terá subsídios importantes para a resolução do problema descrito.

Resolução da situação-problema

Caro aluno, aprendemos que as rochas ígneas intrusivas são formadas pela cristalização do magma que não alcançou a superfície da crosta terrestre, onde o espaço em que o magma fica capturado é chamado de câmara magmática. Essas rochas normalmente passam por um resfriamento mais lento que as ígneas extrusivas quimicamente compatíveis e possuem mais componentes instáveis dissolvidos. Essas circunstâncias dão oportunidades para que os elementos químicos que o compõem possam se organizar em cristais maiores, sendo visíveis a olho nu. Essas massas rochosas podem ser trazidas à superfície, onde sofrem os procedimentos de modificações por causa de fatores ambientais. O principal elemento de composição das rochas

ígneas é o silício, e, em consenso com a sua quantidade de silício em porcentagem, essas rochas são rotuladas como: ácidas, sendo >65%, neutras ou intermediárias com teor entre 55 e 65%, básicas com teor entre 35 e 55% e ultrabásicas sendo < 35% de SiO_2 .

Rochas ígneas com pequeno teor de silício, normalmente são fartas em minerais escuros compondo magnésio e ferro, como anfíbólios, piroxênios e olivinas; essas rochas são intituladas máficas. Em rochas ígneas com mais de 60% de silício em peso, ocorre quartzo agregado com feldspatos alcalinos, em pouca quantidade de minerais ferro-magnesianos. Essas rochas possuem cores claras e são chamadas félsicas. Essas definições estão representadas e definidas no Quadro 1.3.

Com todas as informações reunidas você será capaz de identificar que a rocha 1 corresponde ao Riólito, a rocha 2 ao andesito, a rocha 3 ao basalto, a rocha 4 ao granito, a rocha 5 ao diorito e a rocha 6 ao gabro. Assim você conseguirá subsidiar o trabalho das equipes de campo na extração de rochas.

Faça valer a pena

1. Leia o trecho a seguir:

As _____, também chamadas de rochas magmáticas, formam-se através do processo de solidificação ou cristalização do magma, que é uma massa mineral pastosa que está situada a grandes profundidades e encontra-se a altíssimas temperaturas, em torno de 700 a 1200 °C, proveniente do interior da Terra. São as rochas mais antigas do Planeta, cobrindo 25% da superfície terrestre e podendo ser constituídas por diferentes minerais como o quartzo, a mica, o silício e o feldspato (TEIXEIRA et al., 2009).

Assinale a alternativa que completa a lacuna do texto-base:

- a) Rochas sedimentares.
- b) Rochas metamórficas.
- c) Rochas ígneas.
- d) Rochas basálticas.
- e) Rochas graníticas.

2. Os fósseis são registros da arqueologia encontrados nos solos ou subsolos. São restos animais ou vegetais conservados naturalmente ao longo dos anos. Ou seja, os fósseis podem ser definidos como a substituição da matéria orgânica animal ou vegetal por minerais.

Referências

- ALVAREZ, V. H. et al. (Ed.). **Tópicos em Ciência do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2002. v.2. 692p.
- BENTON, T. G. Food Security. **Encyclopedia of Applied Plant Sciences**, v. 2, n. 1, p. 19-22, 2017.
- BOHNER, T. O. L.; ARAÚJO, L. E. B.; NISHIJIMA, T. O impacto ambiental do uso de agrotóxicos no meio ambiente e na saúde dos trabalhadores rurais. **Revista Eletrônica do Curso de Direito da UFSM**, v. 8, p. 329-341, 4 abr. 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5902/198136948280>>. Acesso em: 24 mai. 2018.
- BOUMA, J.; MONTANARELLA, L. Facing policy challenges with inter- and transdisciplinary soil research focused on the UN Sustainable Development Goals, **SOIL**, v. 2, n. 2, p. 135-145, 2016.
- BUOL, S. W.; HOLE, S. D.; McCracken, R. J. **Soil genesis and classification**. Ames: Iowa State University Press, 1973. 306p.
- CARNEIRO, C. D. R., GONÇALVES, P. W., LOPES, O. R. O Ciclo das Rochas na Natureza. **Terræ Didactica**, Campinas, v. 5, n. 1, p. 50- 62, 2009.
- COOPER, M. **Granulometria e textura do solo**. Aula 1. LSO 310 – Física do Solo. 2015. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/576877/mod_resource/content/1/Aula%201%20-%20Granulometria%20e%20Textura%20do%20Solo.pdf>. Acesso em: 06 jun. 2018.
- CORINGA, E. A. O. **Solos**. Curitiba: Editora LT. 2012. 248p.
- CURI, N. et al. (Ed.). **Tópicos em Ciência do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. v.3.
- EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS). 2 ed. Brasília: EMBRAPA, 2006. 412p.
- FABRIS, J. D. et al. Métodos físicos de análises em mineralogia do solo. In: ALLEONI, L. R. F.; MELO, V. F. **Química e mineralogia dos solos**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2009. p. 611-694.
- INTERNATIONAL UNION OF SOIL SCIENCES. **International Decade of Soils 2015-2024**. Disponível em: <http://www.iuss.org/index.php?article_id=588>. Acesso em: 12 mar. 2018.
- LEÃO, M. F. et al. Aspectos Mineralógicos, Químicos e Físicos de Frente de Intemperismo em Filito da Formação Batatal, Quadrilátero Ferrífero. **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ**, v. 40, n. 3, p. 398-406, 10 dez. 2017. Instituto de Geociências - UFRJ. Disponível em: <http://www.anuario.igeo.ufrj.br/2017_3/2017_3_398_406.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2018.
- LEMOS, R. C. et al. **Manual de Descrição e Coleta de Solos no Campo**. 5. ed. Viçosa: SBCS, 2005. 92p.
- LEPSCH, I. F. **Formação e Conservação dos Solos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002.
- LEPSCH, I. F. **Lições de Pedologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011. 456p.

- LIMA, V. C. **Fundamentos de pedologia**. Curitiba, Universidade Federal de Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Departamento de Solos, 2001. 343p.
- McBRIDE, M. B. **Environmental chemistry of soils**. Oxford University Press, 1994. 406 p.
- MELO, V. F.; ALLEONI, L. R. F. **Química e mineralogia dos solos**. Parte I: conceitos básicos. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2009.
- MEURER, E. J. **Fundamentos de química do solo**. Porto Alegre: Genesis, 2004. 289p.
- OLIVEIRA, J. B. **Pedologia Aplicada**. 2. ed. Piracicaba: FEALQ, 2005. 574p.
- _____. **Pedologia Aplicada**. 4. ed. São Paulo: FEALQ, 2011. 592 p.
- POPP, J. H. **Geologia Geral**. 6. ed. São Paulo: LTC, 2010. 324p.
- RACHWAL, M. F. G. **O solo**: série documentos. Brasília: Embrapa, 2003.
- REICHERT, J.M. **Fundamentos da Ciência do Solo**. Apostila didática. UFSM, Santa Maria, 2007. 169 p.
- RESENDE, M. et al. **Pedologia**: base para distinção de ambientes. 5. ed. Lavras: Editora UFLA, 2007. 322p.
- RESENDE, M. et al. **Mineralogia de solos brasileiros**: interpretação e aplicação. Lavras: Editora UFLA, 2005. 192p.
- RICHART, A. et al. Compactação do solo: causas e efeitos. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 26, n. 3, p. 321-344, 2005.
- ROCHA, J. L. A. **Apostila de Fundamentos de geologia e pedologia**. Campina Grande: Universidade Federal de Campina Grande, 2014. 104p.
- SAMPAIO, E. P. M. **Apostila de Mineralogia do solo**. Évora: Universidade de Évora, 2006. 21p.
- SANTOS, R. D. et al. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 5. ed. Viçosa: SBSCS, 2005. 100p.
- SCHOENEBERGER, P. J. et al. (eds.). **Field book for describing and sampling soils**. Version 2.0. Lincoln: Natural Resources Conservation Service - National Soil Survey Center, 2002. 228p.
- SILVA, F. M., CHAVES, M. S., LIMA, Z. M. C. **Propriedades dos solos** - características químicas e mineralógicas. Natal: EDUFRRN, 2009.
- SOBRAL, L. F. et al. **Guia Prático para Interpretação de Resultados de Análises de Solo**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2015. 15 p. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/142260/1/Doc-206.pdf>>. Acesso em: 12 mar. 2018.
- SOIL SCIENCE SOCIETY OF AMERICA. **Glossary of Soil Science Terms**. Madison: Soil Science Society of America, 2008. 93p.
- TEIXEIRA, W. et al. **Decifrando a Terra**. 2. ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2009.
- TEIXEIRA, W. et al. **Decifrando a Terra**. São Paulo: Oficina de Textos, 2000. 557pg.
- TORRADO, P. V.; LOPSCH, I. F.; CASTRO, S. S. Conceitos e Aplicações das Relações Pedologia-Geomorfologia em Regiões Tropicais Úmidas. **Tópicos em Ciência do Solo**, v. 4, n. 1, p. 145-192, 2005.

Gênese do solo

Convite ao estudo

O solo é formado através da ação de diversos fatores, como a ação climática e de seres vivos, que atuam sobre a rocha, a qual dará origem ao solo, em uma determinada localização da paisagem e ao longo do tempo. Os processos que estão envolvidos na pedogênese possibilitam alteração da posição e do tamanho dos constituintes dos solos.

A gênese do solo será estudada nesta unidade e, para aplicar os conteúdos que serão aprendidos no decorrer das próximas três seções, considere que você faz parte de um grupo de pesquisadores que desenvolve uma série de estudos sobre análise da gênese de solos utilizados para a agricultura. O relevo da região em estudo é composto por vales e planícies aluviais, e o intuito da pesquisa é *analisar como os fatores ambientais influenciam na formação dos solos e, também, avaliar os processos envolvidos na sua formação.*

As áreas mais altas da região apresentam poucas alternativas de uso, por se tratarem de solos rasos ou muito rasos, e expõem maior quantidade de partículas grosseiras originadas a partir da rocha antes da ação das intempéries.

Essas regiões de declive situam-se em áreas acidentadas e com problemas de erosão severa ou muito severa. Por esses motivos, os produtores encontram dificuldades em utilizar todas as suas áreas para produção agrícola.

Nas áreas mais planas, os solos são mais profundos e é onde, normalmente, os produtores costumam desenvolver os plantios agrícolas, já que são áreas que apresentam elevado potencial agrícola, mesmo sendo áreas próximas aos rios,

onde, durante o período de cheia, a atividade fica prejudicada devido à inundação das áreas, que ficam impossibilitadas para a agricultura.

Vocês vão realizar um dia de campo que será dividido em três visitas a lotes. A primeira agricultora possui um lote, cuja área está localizada, em sua maior parte, em uma encosta, não possuindo, assim, muito sucesso nas suas produções agrícolas, principalmente em áreas que são demasiadamente inclinadas.

O segundo agricultor possui uma área nas planícies aluviais e, geralmente, tem uma excelente produtividade, mas, quando chega época de cheias do rio, a área agrícola dele fica inundada, prejudicando a produção e mudando as características do solo, tornando-o heterogêneo.

Enquanto isso, o terceiro agricultor possui uma área nas zonas de depressões com problemas de acúmulo de água, o que dificulta o desenvolvimento adequado das suas plantações.

Dessa forma, você, como pesquisador, deverá auxiliar os produtores por meio do entendimento de como se formam os solos da região. Aliás, como os solos das áreas podem manter a boa produtividade mesmo com as interferências dos fatores do meio ambiente? Como ocorre o processo de formação dos solos? Como esses fatores influenciam o solo? As áreas de maior declividade sofrem influências do meio ambiente e da erosão? Esses solos estão submetidos a quais processos químicos, físicos ou biológicos?

Será sua função auxiliar os produtores a desenvolver a agricultura na região, de modo que eles entendam os principais fatores e as consequências dos processos de gênese do solo por meio de um relatório de pesquisa a respeito da análise, informando como as alterações influenciam na produtividade agrícola, e as possíveis correções das problemáticas verificadas, para cada uma das três situações.

Vamos lá? Bons estudos!

Seção 2.1

Intemperismo e fatores de formação dos solos

Diálogo aberto

As propriedades do solo estão inter-relacionadas e dependem das ações dos fatores antrópicos, do intemperismo e de formação. Dessa forma, a variação de qualquer um dos fatores acarreta mudança nas características dos solos agrícolas a serem cultivados.

Os fatores de formação do solo influenciam no processo de alteração ao longo do perfil, no acúmulo e na perda de elementos decorrentes das modificações ocorridas. Enquanto que o material de origem influencia direta e indiretamente várias propriedades do solo.

Por exemplo, quanto menor a intensidade do fator tempo, mais características herdadas do material de origem o solo formado apresentará. Os fatores climáticos e fisiográficos exercem papel coadjuvante na pedogênese (LEPSCH, 2002). Dessa forma, poderemos entender melhor esses aspectos, iniciando o nosso estudo e partindo da situação a seguir.

Dando início ao primeiro dia de campo, seu grupo de pesquisa sai em visita à área da Dona Maria para diagnosticar o primeiro problema apresentado. O lote possui 50 hectares dos quais 30 encontram-se em uma zona de declividade acentuada. Ela relata que encontra bastante dificuldade em produzir nessas condições e atribui isso às características dos solos influenciadas pelo relevo.

Nas áreas mais íngremes ela já tentou plantar diversas culturas, e não obteve sucesso. Sua última tentativa foi a criação de animais, porém este não teve boa adaptabilidade também. A produtora relata que os solos sofrem constantes alterações, principalmente na época das chuvas e dos ventos mais fortes, e que os solos da área não permitem o bom desenvolvimento das culturas. Ao observar a área, pode-se notar solos rasos, pedregosos e rochosos.

Dessa forma, seu objetivo, junto aos pesquisadores, é saber: por que o solo da área apresenta essas características? Por que o solo apresenta constantes alterações? Qual a influência

das chuvas e dos ventos? O relevo está relacionado com as características do solo?

Nesta seção iremos estudar detalhadamente o intemperismo e os fatores de formação dos solos e determinaremos as soluções para tais questionamentos a partir da análise do intemperismo e de como os fatores de formação atuam na gênese de um solo utilizado para agricultura.

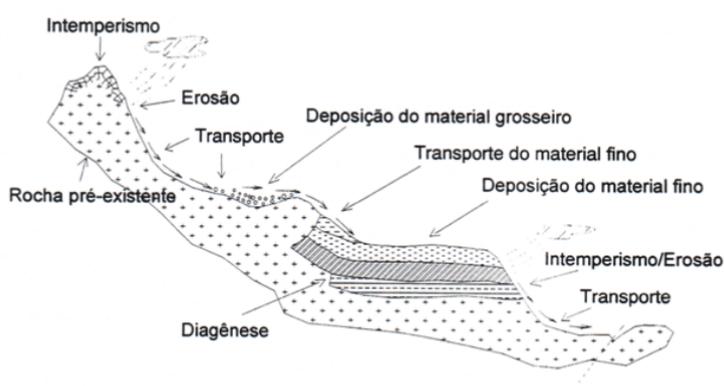
Vamos lá?

Não pode faltar

O conjunto de fatores que agem na gênese do solo é denominado de intempéries. Diante das ações das intempéries sobre as rochas expostas, acontece a desagregação e desestruturação destas. Como estudamos na unidade anterior, as rochas estão em constante transformação. Um dos procedimentos que desenvolvem essa característica são as constantes ações dos agentes ambientais, como a água, os ventos, os seres vivos e as variações climáticas. Essas ações são resultado, por exemplo, dos processos de erosão e intemperismo, que influenciam na morfologia terrestre e nas transformações do meio ambiente.

O intemperismo e a erosão (Figura 2.1) são processos correlacionados, um fenômeno completa o outro, embora sejam processos diferentes.

Figura 2.1 | Intemperismo e erosão



Fonte: Marques Junior, (2014, p. 99).

Intemperismo, segundo Teixeira et al. (2009), é o conjunto de modificações de ordem física (desagregação) e química (decomposição) que as rochas sofrem ao aflorar na superfície da Terra. Logo é a ação de quebra e fracionamento das rochas que ocorre por meio de processos físicos, e são os processos químicos que resultam na decomposição ou em processos biológicos. Essas modificações formam as interações da litosfera com a hidrosfera e com a biosfera. É através do intemperismo que ocorre a fragmentação das rochas, a decomposição e a modificação dos minerais primários e minerais secundários, que vão gerar os inúmeros tipos de solos (LEPSCH, 2002). Os responsáveis essenciais por estas manifestações são a água, a estrutura do solo, o relevo, o vento, o clima e também os seres vivos, principalmente alguns micro-organismos que auxiliam na decomposição das rochas.

A erosão é o aglomerado de acontecimentos que envolvem a degradação, o transporte e a remoção das rochas e solos. Normalmente a erosão dá a continuação aos processos intempéricos, acarretando o deslizamento de partículas do solo através do escoamento superficial das águas ou pelo deslocamento dos ventos e massas de ar, como pode ser visualizado na Figura 2.2.

Figura 2.2 | Propriedade com área degradada por erosão



Fonte: Arquivo Embrapa. Disponível em: <<https://bit.ly/2uv73GZ>>. Acesso em: 17 abr. 2018.

O processo da erosão pode ser manifestado pelas circunstâncias ambientais e também pela interferência humana sobre a formação ambiental das formas paisagísticas, o que acontece tanto no material de origem quanto nos solos. Quando as rochas são deterioradas pelo intemperismo, elas geram um conjunto de sedimentos rochosos que, no processo de erosão, são deslocados para outras áreas. Ou seja, além de deteriorar as formas de relevo já existentes, a erosão age no processo de formação de novas composições morfológicas.



Exemplificando

Exemplificando essa relação, o intemperismo está agregado no processo inicial da erosão, considerando o envolvimento do desgaste ou modificação morfológica do meio ambiente. Além disso, o intemperismo atua sobre o material de origem e colabora na formação dos solos e para a erosão, atuando tanto nas rochas quanto nos solos, influenciando, em alguns eventos, acentuados impactos no meio ambiente, tendo sua origem natural ou através da ação humana.

Tanto o intemperismo quanto a erosão são participantes iniciais da formação de rochas sedimentares, visto que os sedimentos gerados pelo intemperismo e transportados pela erosão, após passarem por uma série de transformações, tornam-se rochas sedimentares e bacias sedimentares (LEPSCH, 2011).

As rochas localizadas na superfície terrestre são influenciadas pelos processos químicos, físicos e biológicos, podendo ser alteradas em produtos totalmente opostos do material de origem. Por exemplo, o arenito pode ser transformado num material arenoso com componentes de quartzo; o basalto, em caulinita e óxidos de ferro; o calcário pode desaparecer em solução, deixando um resíduo insolúvel constituído de quartzo, argila e óxidos de ferro.

No intemperismo físico as rochas são fragmentadas ou desintegradas por processos físicos, sem que haja transformação química dos compostos minerais que as constituem. O intemperismo físico consiste no conjunto de processos que agem na alteração estrutural das rochas.

O intemperismo físico tem início com a exposição das rochas na superfície terrestre (RESENDE, et. al., 2007). A maior contribuição desse tipo de intemperismo é no aumento da área superficial disponível através da fragmentação das rochas para os processos de alteração subsequentes. Estas fragmentações podem ocorrer por vários processos, como a penetração e o crescimento de raízes vegetais que provocam o alargamento das fendas, facilitando o acesso e a alteração da rocha pela ação da hidrólise e através da ação da decomposição orgânica.

Esse processo pode ocorrer por ação da temperatura e pela ação mecânica de diversos agentes, como a baixa condutividade térmica das rochas, a variação diária da temperatura e o aquecimento diferencial da superfície da rocha em relação ao interior, produzindo tensões que levam a fraturas.

Após o desgaste das rochas, os fragmentos têm o seu tamanho diminuído e arredondado (Figura 2.3) quando deslocados pela água, vento ou gelo, por conta da deterioração dos minerais. Isso gera um aumento na área superficial do material, que beneficia a ação dos processos químicos e biológicos. Exemplos dessas situações são as áreas de climas desérticos que chegam a atingir temperaturas de até 80 °C e amplitudes térmicas que chegam a 50°C, influenciando na dilatação térmica dos minerais e provocando o deslocamento entre os cristais.

Figura 2.3 | Grau crescente de arredondamento das rochas durante o transporte



Fonte: Marques Junior, (2014, p. 101).

O intemperismo físico acarreta maior superfície de contato das rochas com os agentes do intemperismo químico. Esta forma das intempéries é mais atuante em regiões onde as condições climáticas não favorecem as reações do intemperismo químico.

Segundo Lepsch et al. (2002), processos envolvidos no intemperismo, agindo mais no sentido de alterar o tamanho e formato dos minerais, são denominados intemperismo físico ou desintegração. Outros, quando modificam a composição química, são referidos como intemperismo químico ou decomposição.

Na natureza é quase improvável separar o intemperismo físico do intemperismo químico, visto que ocorrem simultaneamente. O intemperismo químico consiste no conjunto de reações que alteram quimicamente a composição mineral das rochas, formando novos minerais.

Os minerais primários que constituem as rochas são estruturados conforme requisitos de alta temperatura e pressão, tornando-se possivelmente volúveis quando expostos às condições de baixa temperatura e pressão da superfície terrestre. E ainda são suscetíveis a água, oxigênio e CO_2 , além disso as reações visam a ocorrência espontânea em busca do equilíbrio.

A intemperização química influencia alterando e desintegrando os minerais, formando novos minerais e liberando íons. A ação da intemperização química está diretamente ligada ao aumento da área superficial dos minerais, por se iniciar na superfície destes. A água é o principal elemento da intemperização química e sua atuação é reforçada pela presença de ácidos orgânicos e pela elevação da temperatura. As principais reações químicas são a dissolução, a hidratação, a hidrólise e a oxi-redução.

A dissolução é o primeiro e o mais importante tipo de intemperismo químico. Consiste em converter uma substância mineral sólida em íons que farão parte de uma solução. A dissolução pode ser do tipo congruente onde toda a substância é dissolvida, ou incongruente, em que apenas parte da substância será diluída. A dissolução incongruente não é uma dissolução pura, pois necessita de algum componente que reaja com acidez para que force o mineral a se dissolver. A maioria dos minerais se dissolve de maneira incongruente, de modo que parte de seus constituintes vão para a solução e parte permanece em resíduos sólidos.

A hidratação consiste na incorporação de moléculas de água em alguns minerais, deixando-os mais suscetíveis à decomposição. A adesão da água na estrutura mineral pode

formar um novo constituinte, devido à neutralização das superfícies das partículas dos minerais pelas cargas elétricas do dipolo da água (MARQUES JUNIOR, 2014).



Assimile

A hidrólise é uma reação química entre os íons H^+ da água e os elementos da estrutura do mineral. As fontes de H^+ são diversas para que ocorra a hidrólise. Uma das fontes comuns é matéria orgânica do solo, em cuja decomposição há formação de radicais orgânicos, como os ácidos carboxílicos, os quais podem liberar H^+ .

Esta é a principal reação química na formação e transformação de argilominerais, particularmente sob condições tropicais e subtropicais úmidas; ela envolve a remoção de cátions básicos (POPP, 2010).

A oxidação-redução é a ação de cessão de elétrons, na qual o íon que recebe os elétrons reduz e o que compartilha o elétron oxida. A oxidação e redução do ferro e do manganês possuem grande importância na gênese do solo, enquanto que a oxidação do nitrogênio influencia diretamente na fertilidade. Dessa forma, o Fe^{2+} é mais solúvel que Fe^{3+} poderá ser extraído da solução através do processo de dissolução. Nos minérios primários, o ferro apresenta-se geralmente reduzido e sua oxidação pode causar desestruturação do mineral.

O intemperismo biológico é aquele que ocorre com a participação de organismos vegetais, animais e microrganismos, como ilustrado na Figura 2.4. Porém, a participação dos organismos, em geral, ocorre com a atuação de substâncias químicas excretadas ou geradas pelo metabolismo, e pela ação mecânica de raízes. Assim a ação dos organismos no intemperismo também pode ser do tipo físico ou químico, sendo classificado como biológico apenas por apresentar participação de seres vivos no processo (LEPSCH, 2011).

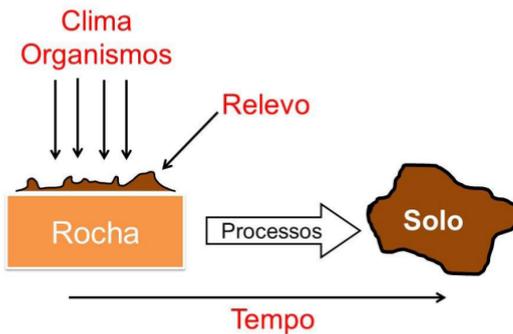
Figura 2.4 | A fauna e a flora modificando o solo



Fonte: Lepsch (2011, p. 224).

Logo o solo é o conjunto de ações feitas simultaneamente, integrando as ações do clima e organismos que interferem sobre um material de origem, que ocupam determinada paisagem ou relevo durante um período de tempo. A Figura 2.5 demonstra a formação do solo. Para formá-lo, a natureza necessita de fatores como clima, material de origem, relevo, organismos e tempo cronológico, atuando de forma conjunta para sua formação (TEIXEIRA et, al., 2009).

Figura 2.5 | Fatores de formação de solo



Fonte: elaborado pelo autor.



Uma rocha, seja ígnea, sedimentar ou metamórfica, submetida a diferentes tipos de clima, organismos ou relevo, originará solos com características idênticas, já que possuem o mesmo material de origem?

O material de origem será responsável pelo desenvolvimento dos solos e são denominados de natureza mineral, como rochas ou sedimentos, ou orgânicos como resíduos vegetais, sendo as rochas os mais importantes materiais de origem.

As características do material de origem que influenciam na formação do solo são: o grau de consolidação, a granulação ou textura, a composição química e mineralógica. Além disso, o grau de consolidação da rocha condiciona a velocidade da intemperização. Rochas pouco consolidadas favorecem o desenvolvimento de solos mais fundos quando comparadas às rochas estabilizadas.

A granulação da rocha, associada à mineralogia, determina a textura do solo. Materiais com elevado teor em quartzo produzem solos de textura mais arenosa em comparação às rochas básicas ricas em minerais ferromagnesianos. Rochas com quantidades elevadas de elementos nutrientes podem produzir solos férteis, à medida que solos derivados de rochas pobres serão impreterivelmente de baixa fertilidade. Uma rocha poderá formar solos diferentes, dependendo da variação dos demais fatores de formação.

Os seres vivos que fazem parte da composição do solo, como vegetais, minhocas, insetos, fungos e bactérias, exercem papel fundamental na formação do solo, pois são fontes de matéria orgânica e atuam nos constituintes orgânicos e minerais. Estes agentes exercem mudanças químicas e físicas sobre o material de origem e permanecem agindo no perfil do solo. Estas atividades podem ser definidas como transformadoras e conservadoras.

Nas ações conservadoras temos como exemplo a interceptação da chuva pela parte aérea dos vegetais, o sombreamento da superfície, que diminui a amplitude térmica, tal como a retenção de solo pelas raízes das plantas. Entre as ações transformadoras evidenciam-se as ações dos organismos no intemperismo físico e químico das rochas, a movimentação de sólidos minerais e

orgânicos por animais, e a reciclagem de nutrientes e incorporação de matéria orgânica pelos vegetais (LEPSCH, 2002).

O clima é muito importante para o processo de desenvolvimento do solo, agindo desde os processos de decomposição das rochas. A influência do clima na formação do solo se dá, principalmente, através da precipitação e da temperatura. Climas úmidos e quentes são fatores favoráveis à formação de solos muito intemperizados, pobres e profundos, resultando em acidez e baixa fertilidade. Essas características devem-se ao fato de geralmente apresentarem maior cobertura vegetal, associada a mais agentes de intemperismo. Este fator pode explicar, por exemplo, que em regiões de climas úmidos, ácidos orgânicos e argilas podem ser transportadas pela água para os horizontes mais profundos do solo (LEPSCH, 2011).

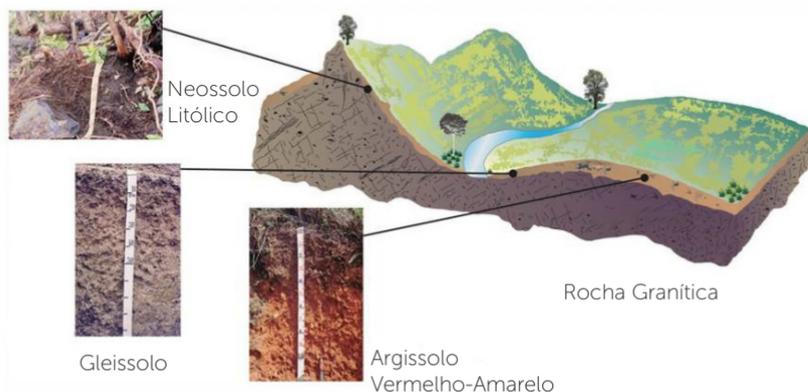
Em locais onde são registrados baixos índices pluviométricos, os solos sofrem menos ações dos agentes dos intemperismos, apresentando-se mais rasos, de melhor fertilidade e, normalmente, pedregosos. Essas características podem ser explicadas pela pouca cobertura vegetal, o que acarreta altas perdas de solos e de seus componentes, há pouca ação do intemperismo e maior ação dos agentes erosivos gerando solos rasos.

As precipitações pluviométricas determinam a disponibilidade de água para as reações químicas e a remoção dos constituintes solúveis. A temperatura afeta a velocidade das reações químicas e, juntamente com o vento, acelera a evapotranspiração. As chuvas que atingem o solo podem ser retidas pelas forças matriciais do solo ou por percolação através do solo, transportando ou removendo partículas ou elementos, ou podem escorrer superficialmente, causando erosão (RESENDE et. al., 2007).

O clima, além de influir diretamente na alteração das rochas e minerais, bem como na erosão dos materiais alterados, também atua no desenvolvimento dos organismos vivos, que, por sua vez, afetam o solo (LEPSCH, 2011).

O relevo intervém na formação de solos por redistribuir a energia vinda da radiação solar e da passagem de água. Em conformidade com o tipo de relevo, sendo inclinado, abaciado ou plano, a água da chuva poderá infiltrar no solo, escoar pela superfície ou se acumular (Figura 2.6).

Figura 2.6 | Distribuição dos solos expostos a diversas partes do relevo, com o relevo influenciando nas características do solo



Fonte: Lepsch (2011, p. 279).

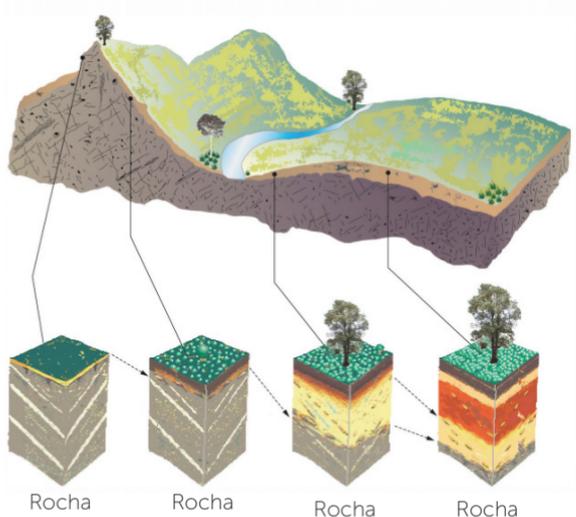
O relevo plano possui uma facilidade de infiltração da água, propiciando condições para a formação do solo profundo. Em relevos inclinados, é facilitado o escoamento superficial da água, favorecendo a erosão e impedindo a pedogênese; nessas áreas geralmente formam-se solos rasos. Em relevo abaciaado, tende-se a acumular água de chuva ou águas provenientes de regiões inclinadas, favorecendo o aparecimento de várzeas, onde se formam solos encharcados. Além do fluxo de água, o relevo influencia também na intensidade de insolação das encostas.

O tempo necessário para a formação de um determinado solo dependerá do tipo de rocha, do relevo e do clima. Nos relevos mais inclinados, o tempo será bem maior em comparação aos relevos planos, considerando que nos relevos inclinados a erosão natural é bem maior. Compreende-se, também, que os solos mais antigos possuem uma grande quantidade de argila quando comparados aos solos jovens, isto se deve ao fato que, no decorrer do tempo, durante a formação dos solos, os minerais primários, que são obtidos das rochas e que constituem parte das frações mais grosseiras do solo, como silte e areia, vão se desestruturando e modificando-se em argila devido ao intemperismo ao longo do tempo.

Quando se pronuncia o termo "tempo", em pedologia, geralmente o relacionamos à maturidade e ao grau de desenvolvimento de um solo. Sendo assim, um solo jovem apresenta pouca espessura, ou seja, provável ocorrência de minerais que ainda podem ser suscetíveis

à intemperização. Ao contrário, um solo velho é encorpado, pobre em fertilidade, apresenta minerais altamente intemperizados e alta quantidade de óxidos (Figura 2.7).

Figura 2.7 | Esquema da formação do solo influenciado pelo relevo ao longo do tempo



Fonte: Lepsch (2011, p. 280).



Pesquise mais

A pedogênese é uma ciência fundamental para o entendimento do desenvolvimento e da evolução das paisagens. Através dela é possível compreender como os fatores de formação do solo, clima, material de origem, relevo, organismos e tempo cronológico interagem entre si para originar as características físicas, químicas e biológicas dos solos agrícolas. Assim para a melhor compreensão, sugiro a leitura do artigo a seguir:

ESPÍNDOLA, C. R. A pedologia e a evolução das paisagens. Revista do Instituto Geológico, São Paulo, v. 31, n. 1-2, p. 67-92, 2010. Disponível em: <<http://www.ppegeo.igc.usp.br/index.php/rig/article/view/8926/8192>>. Acesso em: 19 abr. 2018.

Sem medo de errar

Prezado aluno, vimos durante a seção que o solo é o conjunto de ações feitas simultaneamente, integrando as ações do clima e organismos que interferem sobre um material de origem, que ocupam determinada paisagem ou relevo, durante um período de tempo. A natureza necessita de fatores como clima, material de origem, relevo, organismos e tempo cronológico atuando de forma conjunta para pedogênese.

Com relação à problemática apresentada no início da seção, relacionada à área da Dona Maria, alguns questionamentos devem ser respondidos:

Por que o solo da área apresenta essas características?

Porque o relevo intervém na formação de solos por redistribuir a energia vinda da radiação solar e da passagem de água. Em conformidade com o tipo de relevo, sendo inclinado, abaciado ou plano, a água da chuva poderá infiltrar no solo, escoar pela superfície ou se acumular. Em relevos inclinados, como os observados na área da produtora, é facilitado o escoamento superficial da água, favorecendo a erosão e dificultando a formação dos horizontes mais profundos dos solos, gerando, assim, solos mais rasos. Nessas áreas geralmente formam-se solos rasos.

Outro ponto, a produtora associa os problemas da sua produção com a época das chuvas e dos ventos mais fortes.

Por que o solo apresenta constantes alterações?

Para resolver esses questionamentos, primeiramente, deve-se lembrar que é por meio do intemperismo que ocorre a fragmentação das rochas, a decomposição e modificação dos minerais primários e minerais secundários, que irão gerar os inúmeros tipos de solos.

Os responsáveis essenciais por estas manifestações são a água, a estrutura do solo, o relevo, o vento, o clima e também os seres vivos, principalmente alguns microrganismos que auxiliam na decomposição das rochas.

Os minerais primários que constituem as rochas são estruturados conforme requisitos de alta temperatura e pressão, tornando-se

possivelmente volúveis quando expostos às condições de baixa temperatura e pressão da superfície terrestre, as quais geram o processo de intemperismo físico. E ainda, são suscetíveis à água, a oxigênio e a CO_2 , e as reações visam a ocorrência espontânea em busca do equilíbrio.

A intemperização química é um dos processos que provoca a alteração e a desintegração dos minerais, formando novos minerais e liberando íons. O intemperismo químico ocorre após o processo do intemperismo físico, através da desagregação das partículas do solo. A atuação do intemperismo químico está espontaneamente ligada com o aumento da área superficial dos minerais por se iniciar na superfície destes. A água é o principal elemento da intemperização química; sua atuação é reforçada pela presença de ácidos orgânicos e pela elevação da temperatura. As principais reações químicas são a dissolução, hidratação, hidrólise e oxi-redução.

Qual a influência das chuvas e dos ventos?

Fatores climáticos como chuva e ventos, citados pela produtora, favorecem a erosão, que é o aglomerado de acontecimentos que envolvem a degradação, transporte e remoção das rochas e solos. Normalmente, a erosão dá continuidade aos processos intempéricos, autor do transporte de sedimentos realizado por meio do escoamento superficial das águas, ou pelo deslocamento dos ventos e massas de ar. O relevo intervém na formação de solos por redistribuir a energia vinda da radiação solar e da passagem de água.

Mas como relevo está relacionado com as características do solo?

Entendemos que o relevo é um fator de formação do solo. Em relevos inclinados, como o da área de Dona Maria, é facilitado o escoamento superficial da água, favorecendo a erosão e dificultando a formação dos solos, que nessas áreas são, geralmente, rasos.

Nos relevos mais inclinados, o tempo necessário para formação de um solo é bem maior em comparação aos relevos planos, considerando que nos relevos inclinados a erosão natural é bem maior. Percebe-se, ainda, que os solos mais velhos possuem uma grande quantidade de argila, maior do que os solos jovens, e isto

se deve ao fato que no decorrer do tempo de formação dos solos, os minerais primários, que são obtidos das rochas e constituem parte das frações mais grosseiras do solo, como silte e areia, vão-se desestruturando as partículas e modificando em argila devido ao intemperismo ao longo do tempo.

Portanto, diante dessas condições, a área de Dona Maria vem passando por sucessivas mudanças e alterações em suas características físicas e químicas e assim não consegue estabelecer uma boa produtividade na área.

Determinadas as soluções e estabelecidas as respostas para os questionamentos, a primeira etapa do serviço foi resolvida. Nesse momento, incentivamos a elaboração da primeira etapa do relatório que será utilizado para subsidiar o diagnóstico direcionado aos produtores agrícolas. Diante do que foi estudado, faça uma análise de como os fatores ambientais influenciam na formação dos solos, apresentando e aprofundando as respostas encontradas durante a primeira parte dos estudos que vão subsidiar o diagnóstico direcionado aos produtores agrícolas e que será fundamental para auxiliar na tomada de decisão.

Avançando na prática

O clima na formação dos solos

Descrição da situação-problema

Uma grande empresa agrícola, estabelecida em um estado do nordeste brasileiro, pretende elaborar um manual de procedimentos para seus funcionários visando à padronização das atividades. A empresa possui três grandes fazendas.

A primeira localiza-se mais próximo do litoral e apresenta como características climáticas a conjunção de alta temperatura e alta precipitação pluvial ao longo do ano.

A segunda, no sertão nordestino, quente, semiárido e caracterizado pela escassez de umidade.

A terceira fazenda localiza-se em uma região de planaltos com características climáticas mais frias, apresentando baixas temperaturas e a constante umidade.

Ao tentar caracterizar o solo das três fazendas a equipe de elaboração do manual vem enfrentando dificuldades em estabelecer a padronização do manejo, visto que os solos se diferenciam para as três condições, apesar de apresentarem a mesma classificação.

O dono da empresa, com a necessidade de encontrar as respostas para as diferenças do solo procurou você para ajudar na caracterização. Você, engenheiro agrônomo especialista em solo, deverá auxiliar o proprietário a entender como diferentes características climáticas podem variar as propriedades físicas e químicas do solo de mesma classificação. Será sua função encontrar respostas para os seguintes questionamentos: como a conjunção de alta temperatura e alta precipitação pluvial influenciam as características do solo da fazenda 1? Quais características dos solos são alteradas pela escassez de umidade da fazenda 2? E como o clima mais frio e de constate umidade pode alterar os atributos do solo da fazenda 3?

Resolução da situação-problema

Na fazenda 1, a conjunção de alta temperatura e alta precipitação pluvial ao longo do ano influencia nas características do solo por favorecer a concretização das reações químicas que acontecem nos solos. A água é a substância atuante fundamental para que ocorra o intemperismo químico, que, através da absorção do CO_2 atmosférico, adquirindo conseqüentemente propriedades ácidas. Quando o solo apresenta elevado teor de matéria orgânica, a água tende a ficar ainda mais ácida, acarretando maior facilidade no trabalho de diluição dos carbonatos e demais elementos.

Enquanto que na fazenda 2, os baixos índices higroscópicos acentuam a menor velocidade e veemência dos processos pedogenéticos, acarretando a formação de solos mais rasos, com presença de cascalhos e pedregulhos e com grandes quantidades de minerais primários com baixo índice de alteração e minerais de argila com grande atividade nos colóides do solo.

Já na fazenda 3, as baixas temperaturas e a constante umidade favorecem a formação de solos com espessas camadas superficiais escuras e ricas em matéria orgânica, devido a percolação da água favorecendo as reações químicas nos solos, que transporta os compostos solúveis através das camadas do solo. Aliado a isso ocorre elevada mineralização da matéria orgânica, constantemente

adicionada à superfície através dos restos vegetais, conferindo-lhes particular morfologia, além de influenciar mais ativamente nos processos de transformações e neoformações. Por exemplo: solos não muito desenvolvidos, pouco profundos, por vezes pedregosos, quimicamente pobres, muito lixiviados, de reação bastante ácida e consideravelmente ricos em constituintes orgânicos.

Faça valer a pena

1. Analise o trecho a seguir:

_____ é o conjunto de modificações de origem _____, como a desagregação e fragmentação mecânica e _____, que consiste na decomposição química dos minerais primários e _____, que influencia raízes, matéria orgânica e ácidos orgânicos que transformam rochas ígneas, sedimentares e metamórficas na superfície da Terra em materiais friáveis e solos. Enquanto que _____ corresponde à remoção física dos materiais pelos agentes de transporte, sendo eles água, vento, gelo ou gravidade.

Assinale a alternativa que preenche as lacunas corretamente, de maneira que o texto-base faça sentido.

- a) Erosão – física – química – biológica – intemperismo.
- b) Intemperismo – química – física – biológica – erosão.
- c) Intemperismo – física – química – biológica – erosão.
- d) Intemperismo – biológica – química – física – erosão.
- e) Intemperismo – física – biológica – química – erosão.

2. Os fatores de formação do solo são fundamentais para entender as características do solo que será originado a partir da ação conjunta desses cinco fatores: clima, organismos vivos, material de origem, relevo e tempo. Eles são determinantes das características de cada tipo de solo, de tal maneira que, havendo alteração em qualquer um desses fatores, os solos resultantes serão diferentes.

Levando em consideração o que é apresentado, analise a seguir as descrições de I até V, à esquerda, e os termos de A até E, à direita:

I- É a matéria-prima a partir da qual os solos se desenvolvem, podendo ser de natureza mineral (rochas ou sedimentos) ou orgânica (resíduos vegetais).

- A- Relevo.
- B- Tempo.
- C- Organismos.
- D- Material de Origem.
- E- Clima.

II- Exerce influência na formação do solo por meio de precipitação e temperaturas.

III- Atuam na transformação dos constituintes orgânicos e minerais.

IV- Pode ser plano, inclinado ou abaciado.

A água da chuva pode entrar no solo (por infiltração), escoar pela superfície (ocasionando erosão) ou se acumular (formando banhados).

V- É o mais passivo dos fatores de formação: não adiciona nem exporta material e tampouco gera energia para processos ativos no solo.

Agora assinale a alternativa que correlaciona corretamente as colunas:

a) I-B; II-E; III-C; IV-A; V-D.

b) I-C; II-E; III-D; IV-A; V-B.

c) I-E; II-D; III-C; IV-A; V-B.

d) I-A; II-E; III-C; IV-D; V-B.

e) I-D; II-E; III-C; IV-A; V-B.

3. Os fatores de formação de solo são fundamentais nas modificações dos solos agrícolas à medida que controlam as ações do intemperismo, seja ele físico, químico ou biológico. Dentre os fatores, têm destaque: material de origem, organismos, clima, relevo e tempo.

Sobre os fatores de formação do solo, analise os itens a seguir:

() Há mais intemperismo, erosão e formação de solo quanto mais curto for o período de tempo.

() A presença de mais minerais estáveis, como o quartzo, e menos minerais estáveis, como o feldspato, resulta em intemperismo mais intenso.

() Em condições de temperaturas mais baixas ocorre menos intemperismo químico e mais intemperismo físico.

() Em condições de temperaturas mais altas ocorre menos intemperismo químico e mais intemperismo físico.

() Grandes quantidades de chuva causam maior dissolução dos minerais, a produção de argilominerais, produção de partículas de pequeno tamanho e erosão. Enquanto que poucas chuvas acarretam menor dissolução de minerais, intemperismo físico, fragmentação e erosão.

() Em áreas que acontecem chuvas ácidas, a baixa acidez causa menor dissolução de minerais e intemperismo físico. Enquanto que chuvas de alta acidez acarretam maior dissolução de minerais e produção de argilominerais.

() Em encostas íngremes acontecem mais intemperismos químicos, bem como, mais intemperismo físico e mais erosão.

() Em encostas suaves acontecem mais intemperismos químicos, bem como, mais intemperismo físico e menos erosão.

Julgue os itens do texto-base, assinalando V para os verdadeiros e F para os falsos, e assinale a alternativa que corresponde à sequência correta dos itens.

a) F-F-V-F-F-V-F-F.

b) F-F-V-F-F-F-F-F.

c) F-V-V-F-V-V-F-F.

d) F-F-V-F-V-V-F-F.

e) F-F-F-F-V-V-F-F.

Seção 2.2

Processos pedogenéticos

Diálogo aberto

O solo é um sistema aberto no qual as características apresentam consideráveis alterações em relação aos diferentes ecossistemas aos quais está submetido. Assim, os solos sofrem constantemente ação dos fluxos de matéria e energia.

Essa característica faz do solo um sistema dinâmico, ou seja, ele se modifica, evolui, se desenvolve e se transforma de maneira contínua no ambiente o qual está sofrendo influência direta e indireta. Assim, o solo se forma pela influência da ação dos processos pedogenéticos gerais, como: adição, transformação, translocação e remoção.

Conhecer os aspectos da pedogênese se faz imprescindível para o correto entendimento do modelo de distribuição dos diversos solos na paisagem. Para entendermos melhor esse tema, vamos dar continuidade ao nosso estudo partindo da seguinte situação:

Ao finalizar a primeira pesquisa na propriedade de Dona Maria, agora você e o seu grupo de pesquisadores se direcionam para a área do Senhor Antônio, um dos primeiros produtores a chegar à região.

A área dele está situada nas planícies aluviais. Na maior parte do ano ele consegue uma boa produtividade agrícola, porém, durante a época de cheias do rio, a área agrícola fica submersa.

Durante o curso d'água, ocorre "uma seleção natural do material, segundo a sua granulometria e dessa maneira deve ser encontrado, próximo às cabeceiras d[o] curso d'água, material grosseiro, na forma de blocos e fragmentos, sendo que o material mais fino, como as argilas, é levado a grandes distâncias, mesmo após a diminuição da capacidade de transporte do curso d'água" (DNIT, 2006, p. 20).

Quando passa o período de cheias, há a possibilidade dos depósitos de aluviões aparecerem bastante heterogêneos em relação à granulometria do material. Assim, há constantes variações

das características do solo, que influenciam em sua granulometria, fertilidade e quantidade de matéria orgânica. Como consequência, a produção do Senhor Antônio também é bastante heterogênea.

Dessa forma, surgem os seguintes questionamentos: os fatores de formação do solo estão gerando que tipo de processo nessa área, e de que forma estão influenciando-a? Como identificar a heterogeneidade do solo na formação da área do Senhor Antônio? Por que a granulometria do material é tão importante na pedogênese e, conseqüentemente, na produtividade? Durante a gênese do solo está ocorrendo um processo pedogenético isoladamente ou existe a predominância de pelo menos um deles? Quais as causas da heterogeneidade, no que diz respeito à granulometria do material que forma o solo?

Nesta seção iremos estudar detalhadamente os processos pedogenéticos e determinaremos as soluções para tais questionamentos. Vamos lá?

Bons estudos!

Não pode faltar

Como estudamos na seção anterior, o solo é resultante da ação simultânea e integrada do clima e de organismos sobre o material de origem, que geralmente é uma rocha, ocupando determinada paisagem e inserida em um tipo de relevo durante um período de tempo. As reações de caráter químico, físico e biológico transformam o solo conferindo-lhes características correlacionadas aos chamados fatores de formação do solo. Esses fatores são parte do meio ambiente e atuam de forma conjunta.

O solo, durante seu desenvolvimento, sofre a ação de diversos processos pedogenéticos, como a adição e/ou remoção do solo de materiais minerais e orgânicos, no estado sólido, líquido e gasoso, a translocação, e a transformação desses materiais no perfil do solo. Esses processos levam à constituição dos horizontes ou camadas particulares a cada situação ambiental.



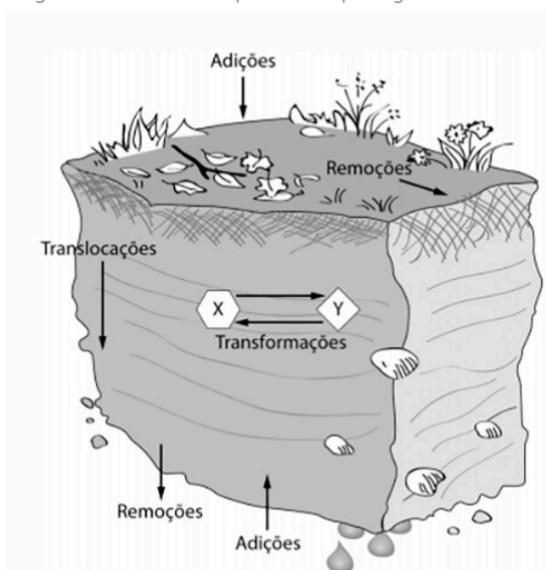
Assimile

Processos pedogenéticos são reações ou estruturas de caráter químico, físico e biológico que determinam, no interior do terreno, características

intrínsecas aos solos através de processos conhecidos como fatores de formação. São ações que induzem à composição dos horizontes ou camadas específicas a cada condição ambiental (VIEIRA, 1988).

Na formação do solo, um processo pedogenético não ocorre de forma isolada, mas há a predominância de pelo menos um deles. Esses processos provocam as alterações que acontecem no solo por conta da ação dos fatores de sua formação, os quais são: adição, que pode ser de material mineral ou orgânico; remoção, que pode ser de água, gases e nutrientes; transformação dos materiais minerais e orgânicos do solo; e translocação, que pode ser de matéria orgânica, argila e nutrientes. Tais processos podem ser vistos na Figura 2.8.

Figura 2.8 | Diagrama ilustrando os processos pedogenéticos



Fonte: Lepsch (2011, p. 271).

Tudo que é incorporado ao solo em desenvolvimento é considerado como adição, de modo que se compreende como adição qualquer contribuição externa ao perfil ou horizonte do solo. Os elementos podem ser adicionados através dos fatores

ambientais como a chuva, o ar ou pela vegetação, como acréscimo vertical descendente e laterais de soluções provenientes dos outros solos ou mesmo verticais ascendentes a partir do lençol freático e por evapotranspiração.

O principal constituinte adicionado é a matéria orgânica, como materiais atidos tanto por enxurradas como por oscilações de massa nas encostas, adição de solutos pela chuva, poeiras e cinzas carregadas pelo vento, adubos, restos orgânicos de animais e vegetais, agrotóxicos, gases que entram por difusão nos poros do solo, corretivos, entre outros. Por serem ricos no elemento carbono, esses compostos orgânicos imprimem cores escuras à porção superior do solo (LIMA; LIMA, [s.d.]) (Figura 2.9).

Figura 2.9 | Adição de matéria orgânica ao solo



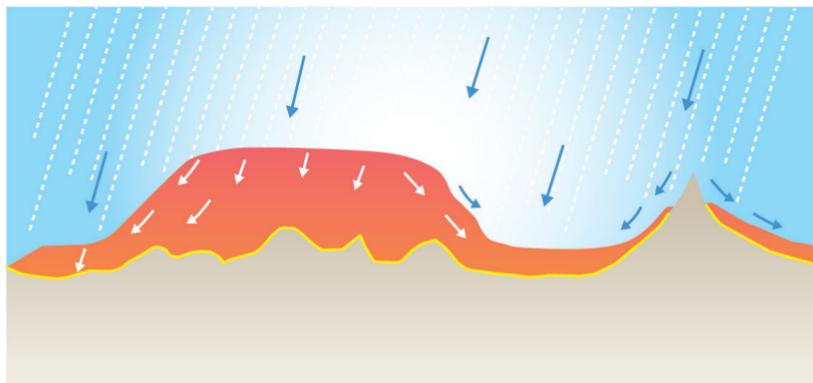
Fonte: <<http://www.mobilizadores.org.br/wp-content/uploads/2015/03/agricultura.jpg>>. Acesso em: 27 abr. 2018.

O acúmulo de matéria orgânica absorvida nos solos é muito instável, pois decorre do tipo de clima e do relevo. Em climas com precipitações baixas, a vegetação é reduzida, tendo como consequência adições pequenas de matéria orgânica. Em climas com precipitações abundantes, a vegetação é farta, resultando em adições em grande quantidade de matéria, formando solos com superfícies mais escuras e espessas.

No decorrer do seu desenvolvimento, os solos dissipam materiais na forma sólida e em solução. Em relevos com grande declive, os solos são mais rasos em consequência da supressão de materiais

por erosão. A remoção ocorre quando a precipitação é maior que a evapotranspiração e os materiais do solo são lavados para baixo ou para fora dele, como pode ser visto na Figura 2.10.

Figura 2.10 | Relevo inclinado favorece a erosão e a remoção de materiais.



Fonte: <<https://profalexeinowatzki.wordpress.com/pedogenese/>>. Acesso em: 27 abr. 2018.

Esse processo compõe as perdas de gases, líquidos ou sólidos sofridos por uma determinada amostra de solo, podendo ser tanto nas camadas superficiais como nas camadas subsuperficiais. Dentre os quais pode-se citar, a exportação de nutrientes pelas colheitas, perdas de compostos voláteis através de atividades de queimas e perdas por erosão causadas pela água ou pelo vento. Já as perdas nas camadas mais profundas abrangem lixiviação de solutos pelo lençol freático, perdas laterais de soluções com íons reduzidos, entre outros.

O agente principal de remoção é a água, agindo através dos processos de lixiviação e eluviação. A água da chuva dissolve os minerais do solo, transportando-os ao longo das camadas dos solos até o lençol freático, liberando ao longo das camadas elementos químicos, como o cálcio, o magnésio, o potássio e o sódio. Durante este processo, quando os elementos são alterados e arrastados pelas águas pluviais, que infiltram ao longo do perfil do solo, temos o fenômeno da eluviação. Enquanto que a separação dos elementos contidos em certas substâncias, através da solubilização, como citado anteriormente, por meio de lavagem do solo, caracteriza o processo de lixiviação.

As perdas desses elementos químicos são menos intensas em regiões com pouca precipitação, comparando com regiões com maior precipitação. Essas perdas por lixiviação caracterizam os solos com baixa

fertilidade, mesmo sendo uma área que possui material de origem com grande quantidade de elementos nutricionais para as plantas.



Refleta

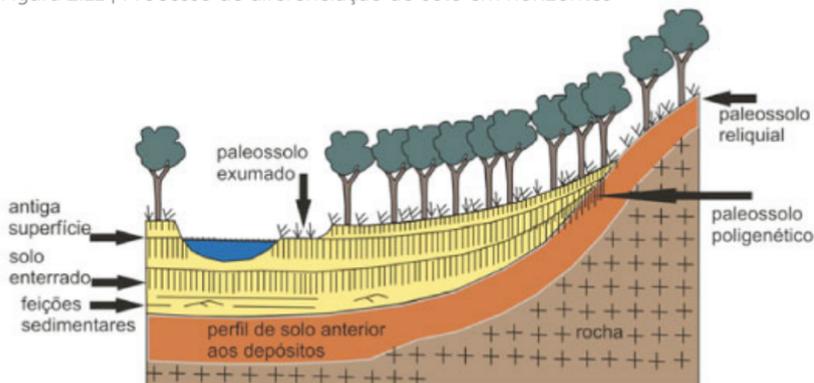
Entende-se por **lixiviação** a solubilização dos componentes químicos de um determinado solo, rocha ou mineral que compõem o solo. Enquanto que a **eluviação** consiste no transporte de material solubilizado ou em suspensão no solo, pela circulação descendente ou lateral de água, quando a chuva extrapola a evaporação. Partindo dessa afirmativa, qual a importância do manejo conjunto de água e solo para a obtenção de melhores índices produtivos nas áreas agrícolas?

Em decorrência da ação da gravidade e da evapotranspiração (perda de água das plantas e do solo pela ação do calor), pode ocorrer translocação de materiais orgânicos e minerais dentro do próprio solo. Essa movimentação pode se dar nos dois sentidos, ou seja, de cima para baixo ou de baixo para cima. (LIMA; LIMA, [s.d], p. 8)



Esse processo é caracterizado pelo movimento de materiais e substâncias de um horizonte para o outro sem abandonar o perfil do solo, produzindo acumulações e modificações visíveis da distribuição desses materiais no perfil. É o principal processo responsável pela diferenciação do solo em horizontes (Figura 2.11).

Figura 2.11 | Processo de diferenciação do solo em horizontes



Fonte: Retallack (1990, p.11).

A deslocação de argilas e solutos de um perfil para o outro, a deslocação de materiais proporcionados pela atividade agrícola, ocupação dos vazios estimulados através da redução dos solos ricos em argila expansiva, a ocupação total dos espaços deixados por raízes decompostas, minhocas, formigas, entre outras, são exemplos de processos de translocação.



Assimile

Dentre os atributos físicos do solo, textura e porosidade são, respectivamente, os mais importantes. A textura do solo é definida como a distribuição de tamanho das frações (areia, silte e argila), e a estrutura do solo é determinada pelo arranjo desses fragmentos em agregados. Os poros do solo são os responsáveis pela retenção e fluxo de água e de ar, e, "se analisados conjuntamente com a matriz do solo, gera um grupo de outras propriedades físicas do solo associadas às relações de massa e volume das fases do sistema solo", como densidade e umidade do solo que, "não menos importantes, são as propriedades associadas à reação mecânica do solo à aplicação de forças externas" (NASCIMENTO et al., 2012, p. 436-437).

A definição de um solo fisicamente ideal é difícil, devido às variações físicas dos solos que ocorrem ao longo do perfil do solo, na superfície da área agrícola e ao longo dos ciclos de produção.

Esses atributos são importantes para o suprimento de água e de ar que se alteram ininterruptamente junto com os períodos de umedecimento e secagem, que acontecem com a variação dos períodos de chuva e estiagem. Um determinado solo é avaliado como fisicamente ideal para o desenvolvimento das culturas agrícolas quando proporciona boa retenção de água, bom arejamento, bom suprimento de calor, pouca resistência ao crescimento das raízes, boa estabilidade de agregados e boa infiltração de água ao longo do perfil do solo.



Em condições de clima com poucas chuvas, elementos químicos, como, por exemplo, o sódio [], podem ser levados em solução para a superfície do solo e depositado na forma de sal. Em climas úmidos, ácidos orgânicos e partículas minerais de tamanho reduzido (argila) podem ser transportados pela água para os horizontes mais profundos do solo. (LIMA; LIMA, [s.d.], p. 8)

São conceituados como transformações, os processos nos quais, durante a formação do solo, o material altera a sua natureza química ou mineralógica, processo que resulta em modificações na sua estrutura química, física e biológica, o que envolve síntese e decomposição.

As transformações físicas se manifestam através das fragmentações de minerais e rochas, umedecimento e secagem do solo com ruptura de agregados e redução do tamanho das partículas, que é influenciada pelo desenvolvimento radicular. As transformações químicas advêm dos processos de intemperismo químico já estudados, assim como a síntese de novos minerais da fração argila do solo.



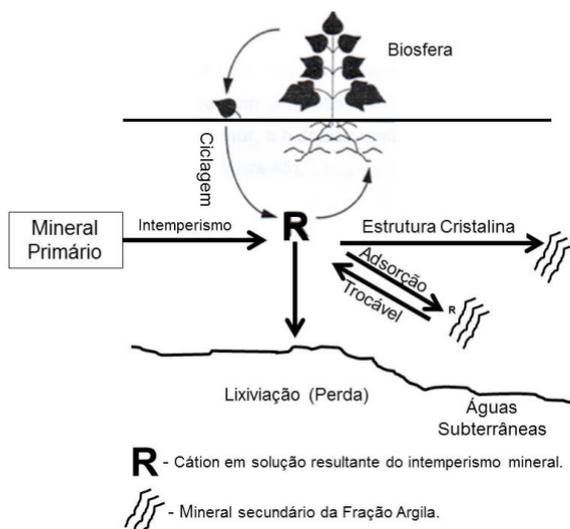
Exemplificando

Como exemplo de transformação, pode-se mencionar o processo no qual os minerais primários, que eram componentes das rochas, transformam-se em novos minerais, chamados de minerais secundários, como as argilas. É o processo em que a argila faz parte do solo já formado, sendo que esse material não fazia parte das rochas que originaram esse solo. Ou seja, o processo de intemperismo ocorrido em alguns minerais primários da rocha, que se transformaram em argila (LEPSCH, 2011).

As partículas de areia são derivadas também dos minerais compostos na rocha que ainda não foram transformados ou são muito rígidos para serem modificados. Nas transformações das rochas liberam-se compostos que formam óxidos a partir do elemento químico ferro, resultando em solos de cores avermelhadas ou amareladas, por exemplo.

Outro processo de transformação química do solo que pode ocorrer é aquele que se dá através da alteração dos cátions, que podem continuar estáveis na composição do solo, na fase cristalina do mineral de argila, ou como íon adsorvido na parte superficial dos colóides do solo. Alguns desses elementos podem ser absorvidos pelas plantas e regressar ao solo através de um ciclo, como pode ser visto na Figura 2.12. Além dos íons absorvidos, outros poderão ser deslocados do sistema solo-planta junto com os íons através da lixiviação.

Figura 2.12 | Processo de transformações químicas do solo



Fonte: Marques Junior (2014, p. 71).

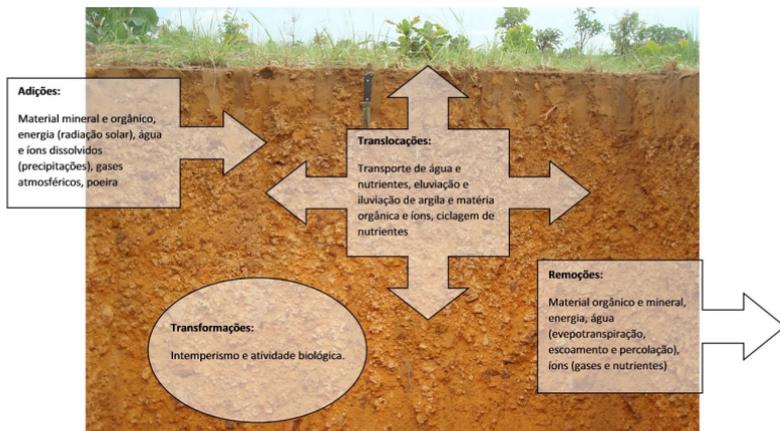
Também ocorrem transformações biológicas por meio das ações dos organismos do solo, onde são liberados ácidos orgânicos que também cooperam para a modificação dos constituintes minerais do solo. Um exemplo é o das raízes que morrem e os materiais vegetais que caem no solo, como folhas, frutos, galhos e flores que se transformam em húmus, composto sem variações que contribui com a cor escura aos solos.

Em regiões úmidas e quentes, as transformações são mais intensas durante todas as fases de desenvolvimento dos solos. A água é o componente principal para a hidratação e dissolução mineral, pois é onde ocorre o aceleração em temperaturas elevadas. Na região tropical úmida do Brasil ocorrem solos consideravelmente velhos e bastante intemperizados, e isso acontece devido ao longo tempo em que vem sofrendo processos de transformação e perda, cujo resultado são solos muito profundos, devido ao depósito e constantes transformações de horizontes, e muito pobres em nutrientes, devido à lixiviação de cátions e ânions para baixo da zona radicular.

Os processos pedogenéticos são úteis para entender as características do solo, identificá-los e classificá-los, levando à constituição dos horizontes ou camadas particulares a cada situação ambiental. Ou seja, estes processos são responsáveis pela formação

de todos os tipos de solos que existem, atuando com diferentes intensidades de acordo com a variação proporcionada pelos fatores de formação, como ilustrado na Figura 2.13.

Figura 2.13 | A interpretação dos processos pedogenéticos



Fonte: <<https://bit.ly/2KSFeP2>>. Acesso em: 28 abr. 2018.

A formação do solo inicia-se por meio da ação dos agentes do clima, como precipitação e temperatura, proporcionando o intemperismo do material de origem no momento em que foi exposto na superfície (LEPSCH, 2011). O intemperismo vai se intensificando, gerando a desagregação e aumentando a porosidade das rochas, por consequência retém água e elementos químicos como cálcio (Ca^+), magnésio (Mg), potássio (K^+), sódio (Na^+), ferro (Fe), entre outros.

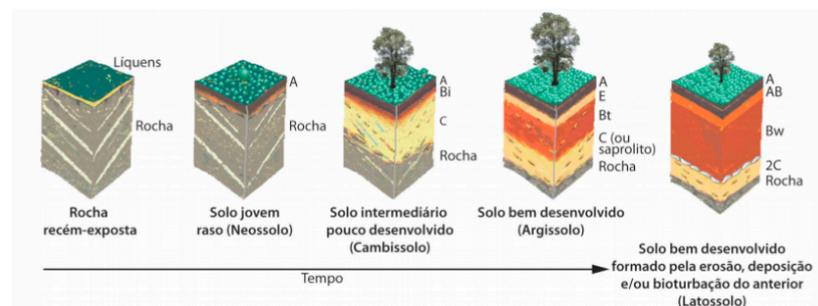
Ao longo do tempo, o solo vai ficando mais espesso, possibilitando o manejo de culturas com maior porte. Ao morrerem, esses organismos proporcionam matéria orgânica para o solo, adição que passa a ser absorvida constantemente pelo solo e que passa a produzir ácidos orgânicos facilitadores do processo de intemperismo.

Com a ocorrência do intemperismo novamente, os minerais oriundos das rochas passam pelo processo de transformação, alterando quimicamente e fisicamente sua estrutura, o que resulta em novos minerais denominados secundários, como os silicatados e os óxidos de ferro e alumínio.

Abaixo da superfície escura do solo, a rocha prossegue no processo de intemperismo. Devido à presença do ferro, partes dos nutrientes são liberados desse mineral e também ocorre o processo de remoção dos materiais através da lixiviação, ou seja, os materiais e solutos são “lavados” do solo.

Segundo Lima e Lima ([s.d.]), através da “ação da gravidade, partículas de argila suspensas em água e compostos orgânicos podem se movimentar pelos poros do solo” (p. 8), resultando em uma possível concentração em profundidade. Em climas secos, alguns sais são levados à superfície do solo, devido à evaporação da água. A evolução da formação dos solos é exemplificada na Figura 2.14.

Figura 2.14 | Evolução da formação de solos desde a rocha recém-exposta até o solo bem desenvolvido, passando pelos processos de formação do solo



Fonte: Lepsch (2011, p. 280).



Pesquise mais

Como visto durante a seção, os processos pedogenéticos e transformações do solo podem ocorrer através da ação natural ou através de ação antrópica, ou ambos os efeitos ocorrendo concomitantemente. Para entender melhor as transformações do solo e compreender a natureza dessas modificações, seja natural ou através de ação antrópica, sugiro a leitura do artigo a seguir:

DINIZ, A. D. et al. Transformações no solo e concentração de mercúrio em uma sequência de latossolos de platô na bacia do Rio Negro (AM): dinâmica natural ou intervenção antrópica? **Geotextos**, v. 9, n. 2, p. 151-172, dez. 2013. Disponível em: <<https://portalseer.ufba.br/index.php/geotextos/article/view/9107/6567>>. Acesso em: 28 abr. 2018.

O Quadro 2.1 apresenta exemplos de solos agrícolas formados a partir de diferentes processos pedogenéticos, e a Figura 2.15 apresenta algumas imagens.

Processos pedogenéticos	Processos múltiplos	Descrição resumida do processo	Exemplo de ocorrência
Ferralitização	Remoção, transformação e translocação.	Remoção de sílica e concentração de óxidos de Fe e Al.	Latossolos
Silicificação	Transformação e translocação.	Migração e acúmulo de sílica cimentando estruturas ou a matriz do solo.	Argissolos Amarelos coesos
Plintitização	Transformação e translocação.	Redução e translocação de Fe e oxidação e precipitação originando mosqueados, plintita ou petroplintita.	Plintossolos
Argiluviação	Translocação	Migração vertical de argila no solo.	Luvisolos
Podzolização	Transformação e translocação.	Migração de complexos de Fe, Al e matéria orgânica no solo com acúmulo em horizonte iluvial, com ou sem sílica.	Espodossolos,
Gleização	Remoção, transformação e translocação.	Redução de Fe em condições anaeróbias e translocação formando horizontes acinzentados com ou sem mosqueados.	Planossolos
Calcificação	Translocação	Acumulação de com nódulos ou horizonte endurecido.	Chernossolos Rêndzicos

Ferrólise	Remoção, transformação e translocação.	Destruição de argila com formação de horizonte B textural.	Planossolos, Argissolos
Salinização	Translocação	Acumulação de sais por evaporação no horizonte superficial ou na superfície do solo.	Gleissolos sálicos
Sulfurização	Transformação e translocação.	Acidificação do solo causada pela oxidação de compostos de enxofre.	Gleissolos Tiomórficos

Figura 2.15 | Solos agrícolas formados a partir de diferentes processos pedogenéticos. Latossolos (a); Argissolos Amarelos coesos (b); Plintossolos (c); Luvisolos (d); Chernossolos Rêndzicos (e); Planossolos (f); Gleissolos sálicos (g) e; Gleissolos Tiomórficos (h).



Fonte: IBGE (2015, p. 79, 104, 280, 285, 286, 292, 301 e 303).

Sem medo de errar

Relembrando a problemática apresentada anteriormente, a área do Senhor Antônio está situada nas planícies aluviais, local em que, durante a época de cheias do rio, fica submersa a área agrícola do

produtor. No início do curso d'água, encontra-se material grosseiro, na forma de blocos e fragmentos, sendo que o material mais fino, como as argilas, é levado a grandes distâncias. Quando passa o período de cheias, a área aparece bastante heterogênea, no que diz respeito à granulometria do material, influenciando na fertilidade e quantidade de matéria orgânica nos solos. Como consequência, a produção do Seu Antônio também é bastante heterogênea.

Os fatores de formação do solo estão gerando que tipo de processo nessa área e de que forma a estão influenciando?

Os solos aluvionares, como os da área do Senhor Antônio, são constituídos por frações de solos erodidos que são carreados pelos cursos d'água através dos seus leitos, sendo também arranjados nos fundos dos rios, e que ocorrem sempre relacionados ao fenômeno de cheia e de seca dos rios temporários. As alterações dos materiais e a capacidade de condução dos cursos d'água refletem-se no ajustamento das camadas, causando-lhes características bastante heterogêneas. Assim, pode-se explicar o fato de material grosseiro ser encontrado na forma de blocos e fragmentos, sendo que o material mais fino, como as argilas, é levado a grandes distâncias. Cada uma dessas camadas de depósito de material faz referência a uma fase de deposição e, por conseguinte, tem profundidade, seguimento lateral, mineralogia e granulometria reservadas. Logo o solo da área do Senhor Antônio caracteriza-se como altamente heterogêneo, apesar das camadas isoladas poderem apresentar-se bastante homogêneas.

Como identificar a heterogeneidade do solo na formação da área do Senhor Antônio?

Inicialmente os rios carregam consigo todo o material erodido e, em seguida, depositam os grandes blocos e depois os pedregulhos. Ao ter a sua velocidade diminuída, e, assim, menor capacidade de transportar os sedimentos, esses rios passam a acumular as camadas de areia e, depois, os grãos de menor diâmetro, formando os leitos de areia fina e silte. Finalmente, somente a argila se conserva em suspensão nas grandes massas de água. A sedimentação da argila se dá, então, por floculação das partículas em suspensão, devido à neutralização de suas cargas

elétricas. Dessa forma, a sequência de deposição de material em suspensão é responsável por originar diferentes zonas e camadas de solos na área do senhor Antônio, sendo a primeira com material predominantemente mais grosseiro, a segunda com predominância de areia e silte, e a última com predominância de argila. A diferença na composição das frações resulta em áreas com diferentes composições químicas e físicas e, conseqüentemente, maior heterogeneidade de características. Essa heterogeneidade pode ser constatada através de identificação visual ao caminhar pela área, através da sensação do solo ao tato e, finalmente, ao realizar coleta de solo para análise.

Quais as causas da heterogeneidade, no que diz respeito à granulometria do material que forma o solo?

Ao longo do curso d'água ocorre



uma seleção natural do material, segundo a sua granulometria e dessa maneira deve ser encontrado, próximo às cabeceiras de um curso d'água, material grosseiro, na forma de blocos e fragmentos, sendo que o material mais fino, como as argilas, é levado a grandes distâncias, mesmo após a diminuição da capacidade de transporte do curso d'água. De acordo com a variação do regime do rio, há a possibilidade de os depósitos de aluviões aparecerem bastante heterogêneos no que diz respeito à granulometria do material. (DNIT, 2006, p. 20)

Assim, essa variação de granulometria é a principal responsável pela heterogeneidade dos solos da área do agricultor.

Por que a granulometria do material é tão importante na formação do solo e, conseqüentemente, na produtividade?

As águas dos rios, ao percorrerem seu caminho, transportam os detritos da erosão e os sedimentos em blocos, obedecendo a sequência decrescente de seus diâmetros. Primeiramente, sedimentam-se as camadas de pedregulhos nessas áreas, gerando um decréscimo de fertilidade, já que os cascalhos não retêm nutrientes nem água, e acabam ocupando o espaço em que poderia haver argilas. Além disso,

o desenvolvimento radicular torna-se dificultado, tendo as plantas que desperdiçar maior energia para realizar seu crescimento.

Após a camada de pedregulhos, com a continuação do processo de sedimentação das frações do solo, as camadas de areias são depositadas. Nessas áreas também há pouca adsorção de nutrientes e maior lixiviação de íons devido ao aumento da porosidade do solo, quando comparadas às áreas de argila e silte. A camada de silte também é formada. Nessa zona os solos apresentam-se com melhor fertilidade e absorção de água, já que os poros são menores e o silte consegue, mesmo que em pouca quantidade, adsorver nutrientes.

Por fim, a classe de argila é transportada e sedimentada. Nessa fração a produtividade das áreas do Senhor Antônio tende a ser maior já que a fração argila apresenta melhor adsorção de nutrientes e retenção de água e nutrientes. Essas diferentes classes constituem os solos transportados aluvionares, formando o seu contíguo, "períodos de sedimentação". Em cada classe preponderam sistematicamente os volumes de grãos correspondentes aos pedregulhos, areias, silte e argila. Dessa maneira, é possível explicar a alta heterogeneidade da produtividade das áreas do senhor Antônio.

Durante a formação do solo está ocorrendo um processo pedogenético isoladamente ou existe a predominância de pelo menos um deles?

É importante compreender que os processos pedogenéticos não ocorrem isoladamente na formação do solo, mas que sempre há a predominância de pelo menos um deles. Devido à atuação dos fatores de formação do solo, esses processos é que produzem as modificações ocorridas no solo.

Assim, durante a formação do solo da área do Senhor Antônio, a incorporação de frações e material mineral decorrentes da erosão caracteriza o processo de adição. A perda de camadas causada pelo carreamento de material, areia, silte e argila caracterizam os processos de remoção e translocação. Enquanto que a transformação do solo pode ser caracterizada pelas constantes modificações das camadas dos solos que ocorrem em cada processo de cheia de seca.

Portanto, diante dessas condições, a área do Senhor Antônio vem passando por sucessivas mudanças e alterações nas suas características

físicas e químicas, o que explica as consequências e os motivos da produtividade tão heterogênea na área de produção.

Determinadas as soluções e estabelecidas as respostas para os questionamentos, a segunda etapa da análise foi resolvida. Nesse momento, você deverá elaborar a segunda etapa do estudo que será utilizado para subsidiar o diagnóstico direcionado aos produtores agrícolas, que será fundamental para auxiliar na tomada de decisão sobre as formas e métodos de manejo agrícola dos solos que deverão ser adotados pelos produtores.

Lembrando que o intuito é que você analise como os fatores ambientais influenciam na formação dos solos e que apresente quais são os processos envolvidos na sua formação.

Avançando na prática

Processos pedogenéticos em solos de várzea

Descrição da situação-problema

A Organização Não Governamental (ONG) Várzeas é uma organização que visa a conservação das áreas de várzeas em todo o território brasileiro. Ela se caracteriza por realizar uma série de estudos que auxiliam na manutenção da biodiversidade desse importante bioma brasileiro.

Você é engenheiro agrônomo, técnico da ONG e está chefiando um estudo em uma área de várzea na região amazônica. A primeira parte do estudo consistiu na coleta de solo para caracterização física e química dos solos, a qual foi dividida em dois momentos distintos, antes e após o período de cheias dos rios. É característica dos rios dessa região, a grande quantidade de sedimentos e matéria orgânica dissolvidas nas águas.

Após o período de coleta e análise de solos, foi possível observar alguns fatores importantes e divergentes nas duas situações. Foi possível observar que, após o período de cheia dos rios, houve um incremento significativo de matéria orgânica, além do aumento dos teores de silte e de areia fina na camada superficial do solo. Com relação à camada subsuperficial observou-se aumento nas quantidades de , de partículas minerais e dos óxidos de ferro e

alumínio do horizonte "A" para o horizonte "B". A argila silicatada depois de se dispersar no horizonte A apresentou-se em maiores quantidades no horizonte B, apresentando característica de maior cerosidade nos agregados estruturais. Dessa forma, a que se deve essa mudança de característica do solo? Quais processos pedogenéticos atuam nesse solo causando essas modificações?

Você, enquanto Engenheiro Agrônomo, deverá ajudar na interpretação das informações e, conseqüentemente, responder aos questionamentos.

Resolução da situação-problema

Com base nas afirmações e características das situações descritas e observadas, é possível concluir que os processos pedogenéticos que estão influenciando nos solos de várzea da área estudada são:

- Adição de matéria orgânica, de modo que foi observado um incremento significativo de material orgânico na camada superficial, sendo que este fenômeno se deve à influência dos períodos de cheia do rio, momento em que os sedimentos e a matéria orgânica são carregados e dissolvidos nas águas e são depositados sobre o solo à medida que ocorre o processo de secagem. Essa matéria orgânica e os sedimentos, então, passam a se decompor e a fazer parte da composição do solo.

- Translocação, processo que pôde ser observado à medida em que houve aumento nas quantidades de , de partículas minerais e dos óxidos de ferro e alumínio do horizonte "A" para o horizonte "B". Além do incremento das quantidades de argila silicatada, que, depois de dispersar-se no horizonte "A", apresentou-se em maiores quantidades no horizonte "B", apresentando característica de maior cerosidade nos agregados estruturais, através do carreamento de íons através dos processos de lixiviação e eluviação agindo em conjunto.

Essa ação acontece através da água do rio que dissolve os minerais do solo, e transporta-os ao longo de suas camadas, liberando, conseqüente, ao longo do perfil do solo, os elementos químicos. Durante este processo, quando os elementos são alterados e arrastados pelas águas pluviais que infiltram ao longo do perfil do solo, temos o fenômeno da eluviação. Enquanto que

a separação dos elementos contidos as substâncias translocadas, através da solubilização, como citado anteriormente, por meio de lavagem do solo caracteriza o processo de lixiviação.

Faça valer a pena

1. Analise o trecho a seguir:

São processos que produzem as modificações que ocorrem no solo devido à atuação dos fatores de formação do solo. Tudo que é incorporado ao solo em desenvolvimento é (são) _____. Durante o desenvolvimento dos solos ocorrem _____ de materiais na forma sólida, através da erosão, e em solução, através da lixiviação. As _____ são os processos que ocorrem durante a formação do solo, produzindo alterações químicas, físicas e biológicas. Em decorrência da gravidade e da evapotranspiração, ocorrerá _____ de materiais orgânicos e minerais dentro do próprio solo.

Assinale a alternativa que preenche as lacunas corretamente de maneira que o texto-base faça sentido.

- a) Perdas, adição, transformações e transporte.
- b) Adição, perdas, transporte e transformações.
- c) Adição, transformações, perdas e transporte.
- d) Transporte, perdas, transformações e adição.
- e) Adição, perdas, transformações e transporte.

2. Durante o seu desenvolvimento, o solo sofre a ação de diversos processos pedogenéticos, como a adição e/ou remoção de materiais mineral e orgânico no estado sólido, líquido e gasoso, a translocação e a transformação desses materiais no perfil do solo. Esses processos levam à constituição dos horizontes ou camadas particulares a cada situação ambiental.

Com base nas informações apresentadas no trecho acima, analise as descrições de I até IV (à esquerda) a seguir, bem como os termos de A até D (à direita).

- | | |
|--|--------------------|
| I- Intemperismo e atividade biológica. | A- Adições. |
| II- Material mineral e orgânico, energia (radiação solar), água e íons dissolvidos (precipitações), gases atmosféricos e poeira. | B- Translocações. |
| | C- Transformações. |
| | D- Remoções. |

III- Transporte de água e nutrientes, eluviação e iluviação de argila, matéria orgânica e íons, e ciclagem de nutrientes.

IV- Material orgânico mineral, energia, água (evapotranspiração, escoamento e percolação), íons (gases e nutrientes).

Assinale a alternativa que correlaciona corretamente as descrições e os termos:

- a) II-B; III-A; I-C; IV-D.
- b) II-A; III-B; I-C; IV-D.
- c) II-C; III-B; I-A; IV-D.
- d) II-D; III-B; I-C; IV-A.
- e) I-A; II-C; III-B; IV-D.

3. Os processos pedogenéticos são úteis para entender as feições do solo, identificá-los e classificá-los, levando à constituição dos horizontes ou camadas particulares a cada situação ambiental. Ou seja, são responsáveis pela formação de todos os tipos de solos existentes, atuando com diferentes intensidades de acordo com a variação nos fatores de formação. Sobre os processos gerais de formação do solo, julgue os itens a seguir em verdadeiro ou falso.

() Na formação do solo não ocorre um processo pedogenético isoladamente, mas a predominância de pelo menos um deles.

() Tudo que é incorporado ao solo em desenvolvimento é considerado como translocação, compreendendo qualquer contribuição externa ao perfil ou horizonte do solo.

() O acúmulo de matéria orgânica absorvida nos solos é muito estável, não depende do tipo de clima e do relevo. Em climas com precipitações baixas, a vegetação é reduzida, tendo como consequência adições pequenas de matéria orgânica.

() O agente principal de remoção é a água, elemento que dissolve os minerais do solo, transportando-os ao longo das camadas dos solos até o lençol freático, liberando ao longo dessas camadas elementos químicos, como o cálcio, o magnésio, o potássio e o sódio. Durante este processo, quando os elementos são alterados e arrastados pelas águas pluviais, que infiltram ao longo do perfil do solo, temos o fenômeno da eluviação.

Enquanto que a separação dos elementos contidos em certas substâncias, através da solubilização, por meio de lavagem do solo, caracteriza o processo de lixiviação.

() O deslocamento de argilas e solutos de um perfil para o outro, a deslocação de materiais proporcionados pela atividade agrícola, preenchimento de vazios estimulado pela redução dos solos ricos em argila expansiva, a ocupação total dos espaços deixados por raízes decompostas, minhocas, formigas, entre outras, são exemplos de processos de remoções.

() A formação do solo inicia-se através da ação dos agentes do clima, como precipitação e temperatura, proporcionando o intemperismo do material de origem no momento em que foi exposto à superfície. O intemperismo vai se intensificando, gerando a desagregação e aumentando a porosidade das rochas, por consequência retém água e elementos químicos como cálcio, magnésio, potássio, sódio, ferro, entre outros.

Assinale a alternativa que corresponde à sequência dos itens.

a) V-F-F-V-V-F.

b) V-V-F-V-F-V.

c) V-F-F-F-F-V.

d) V-V-F-V-F-V.

e) V-F-F-V-F-V.

Seção 2.3

Processos gerais de formação dos solos

Diálogo aberto

Os fatores gerais da composição dos solos são processos essenciais na formação e modificação dos solos para atividades agrícolas. O arranjo dos diferentes processos gerais, porém com atividades geralmente variadas, resultam na gênese de solos com propriedades peculiares de cada uma dessas diferentes combinações. Com base nesse princípio, determinados processos associados aos diferentes fatores de formação dos solos, característicos do local, serão responsáveis pelas características dos solos agrícolas de cada região. No entanto, tendo isso em vista, deve-se ter em mente que a ocorrência desses processos e formação vão se dar de forma associada.

Para entendermos melhor os processos gerais de formação dos solos, iniciaremos o nosso estudo dessa seção partindo da situação derivada do contexto profissional fictício, apresentado anteriormente, no início da unidade:

Considere agora que o terceiro produtor que procurou o seu grupo de pesquisa para expor as suas dificuldades com a agricultura foi Roberto, filho do Senhor Antônio. Durante muito tempo ele trabalhou com o pai, porém resolveu investir e comprou terras na região. As terras de Roberto encontram-se nas áreas com zonas de depressões mais baixas e, apesar de trabalhar muito tempo com agricultura, ele passa por alguns problemas em sua área agrícola, com o acúmulo excessivo de água. Roberto já fez rotações de diversas culturas, inclusive pastagem. Mas não obteve sucesso com o crescimento adequado nas plantações.

Ao visitar a propriedade durante o dia de campo, você e os outros pesquisadores perceberam, por meio do diagnóstico visual, um acúmulo de sal e um solo mal drenado, cujo diagnóstico revelou, também, que esses sais liberados no solo são consequência do conjunto de processos mecânicos, químicos e biológicos que ocasionam a desintegração e a decomposição de minerais primários de rochas.

Durante uma conversa, Roberto apresentou a vocês um resultado de análise química e física do solo, a partir do qual foi possível chegar às seguintes conclusões: deterioração lenta da matéria orgânica, ocasionando uma aglomeração; Fe e Mn em grandes quantidades em suas formas reduzidas; presença de plantas com sintomas de toxidez; cor do solo esbranquiçada e acinzentada; acumulação de sais no perfil; solos bastante pobres e ácidos; além de altos teores de argila na camada subsuperficial, e classificados como neossolos flúvicos.

Sabemos que uma área poderá manter a sua salinização durante muito tempo, permanecendo em nível baixo ou moderado de salinidade, sem que esse problema seja detectado. Para resolver esse desafio, você precisa primeiro identificar quais os fatores que formam esse solo e como eles influenciam no sucesso da sua produção. Dessa forma, você e os demais pesquisadores precisam responder os seguintes questionamentos: o que está causando a decomposição lenta da matéria orgânica? A tonalidade esbranquiçada e acinzentada do solo é provocada pelo material de origem? A posição topográfica, solo de baixada, influencia na sua formação? O que está causando a drenagem imprópria nessa área? O que ocasiona o acúmulo desses sais?

Nesta seção iremos estudar detalhadamente os tipos de formação dos solos e determinaremos as soluções para tais questionamentos.

Vamos lá?

Não pode faltar

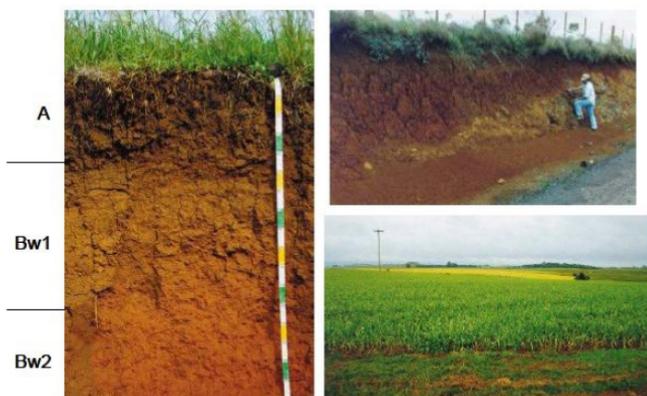
As diversas combinações dos processos de formação do solo agem a longo prazo, criando condições para o desenvolvimento de diversos processos pedogenéticos, que consistem na combinação de reações químicas, biológicas e físicas cuja ação e intensidade são condicionadas, principalmente, pelos fatores ambientais. Desta maneira são criadas diferentes classificações de solos. Consequentemente, são identificadas as condições nas quais é gerado o comportamento de cada processo de formação do solo, sendo a composição deste os seus mecanismos.

São definidos como processos gerais de formação de solos aqueles que atuam de forma destacada em um ou mais processos pedogenéticos de adição, remoção, translocação ou transformação do solo.

A latolização é o processo geral de formação dos latossolos, no qual são evidenciados os processos pedogenéticos de perda e translocação, caracterizada pelo intemperismo químico, principalmente a hidrólise, a oxidação e a lixiviação intensa.

Os fatores de construção do solo típico para latossolos são os materiais de origem capazes de formar argila, como por exemplo basalto, com os climas chuvosos e temperaturas altas, relevo plano e boa drenagem, organismos vivos anaeróbicos e tempo longo de ação de intemperismo (Figura 2.16).

Figura 2.16 | Perfil de um latossolo, que ocorre em posições de relevo mais plano e bem drenado



Fonte: IBGE (2015, p. 286).



Assimile

Latossolos: grupamento de solos com B latossólico. Este solo é identificado através do desenvolvimento (expressão) de horizonte diagnóstico B latossólico, em sequência a qualquer tipo de A e quase nulo, ou pouco acentuado, aumento de teor de argila de A para B (EMBRAPA, 2014).

É importante destacar que o processo de latolização se expressa na retirada de sílica e bases do perfil do solo, através de um processo denominado lixiviação. Na lixiviação, os elementos pedogenéticos para constituição do solo são os climas e os organismos. Sua atuação intensa apresenta uma circunstância de facilitação da retirada de sais solúveis através do relevo, e a translocação intensa de minerais, em diligência de uma situação de estabilidade, resumindo no aglomerado de minerais mais estáveis.

No processo de latolização, com a remoção de sais básicos mais solúveis, o solo se torna mais ácido, alterando o seu pH para a neutralidade de carga das argilas. Essa característica do equilíbrio de cargas no solo minimiza o transporte das argilas, que é influenciado pela repulsa entre cargas de sinais iguais, levando à aglutinação e posteriormente à estruturação de aglomerados de tamanhos menores e de forma granular, que passam a ser extremamente firmados por óxidos de Fe e Al. Esta estrutura facilita a presença de uma alta permeabilidade e aeração dos latossolos, equivalente a solos arenosos, ainda que envolvam maiores proporções de argila (LEPSCH, 2002).

Os latossolos dominam intensamente chapadões planos nos quais a água é absorvida em grande quantidade, provocando uma lixiviação abundante e intemperismo proeminente. Estas situações são variáveis, formando latossolos correlacionados ao relevo irregular em circunstâncias climáticas que ajudam menos a latossolização. Devido ao intemperismo acentuado, as distinções do material de origem são mais imprecisas em solos consideravelmente "velhos" do que em solos jovens, e isso ocorre em consequência da desagregação das rochas por longo tempo, não sendo o material que originou o solo facilmente identificado, uma vez que foi intemperizado e fortemente revirado pelos microrganismos, além de ter sido transportado por longas distâncias no horizonte pela atuação dos elementos erosivos, os quais proporcionam um misto de substâncias de diversas origens.

O processo de latolização é rico em caulinita e óxidos de ferro e de alumínio, dependendo da intensidade da dessilicação e pobres em sílica e bases. Refletindo em pH baixo, alto teor de alumínio trocável, baixa saturação por base e baixa capacidade de troca de cátions, resumindo em um solo pobre quimicamente (IBGE, 2014).



O elevado grau de intemperismo faz com que os solos possuam a mineralogia da fração argila dominada por minerais silicatos e oxihidróxidos de Ferro, Alumínio e, ocasionalmente, Manganês. Sendo a caulinita o principal e praticamente o único mineral silicato em quantidade expressiva, enquanto que a hematita e goethita são os principais óxidos de ferro, e a gibbsita é praticamente o único óxido de alumínio presente nesses solos.

Este solo é geralmente profundo e homogêneo, com gradiente textural praticamente inexistente ou pequeno por causa da cimentação dos argilominerais pelos óxidos, complicando o transporte de um horizonte para o outro. Possui uma boa retenção de água, com resistência a erosão, é bem estruturado e tem bom fluxo de oxigênio, o que resulta em um solo fisicamente bom.

A podzolização é caracterizada pelo transporte de argila e de complexos organo-minerais incluídos no horizonte do solo. A podzolização é a diminuição natural da fertilidade que se encontra nas camadas superiores do solo. Essas características de fertilidade são oriundas e dependentes da rocha-mãe e ocorrem por meio da ação do intemperismo.

Quando os fatores ambientais são equilibrados e as temperaturas, relativamente baixas, os grãos de areia e as partículas de argila mostram-se com grande capacidade de contrapor às consequências que advêm do intemperismo e também de permanecerem as premissas do solo estáveis. Mesmo que o transporte seja um processo de ênfase, os processos de adição, remoção e transformação também acontecem. Os fatores de formação deste processo são os materiais de origem capazes de formar a argila, clima com precipitações e temperaturas altas, relevo ondulado, com organismos anaeróbicos e tempo de média duração com longa ação do intemperismo, diferentemente da latolização.

Estes solos têm processos com mineralogia variada, refletindo na fertilidade variada e resumindo-se em um solo quimicamente variável. Isso ocorre devido à presença do horizonte B, que limita a drenagem do solo, podendo ocorrer escoamento lateral de água com criação de canais subterrâneos, caso também ocorra

a presença do horizonte E. Como os horizontes superficiais são consideravelmente mais arenosos, o solo é facilmente degradado estruturalmente e suscetível a erosão, o que se pode resumir em um solo fisicamente frágil e necessitado de tratamentos culturais.

Dois grandes grupos de solos apresentam a podzolização: o grupo dos argissolos e espodosolos e o grupo dos luvisolos e planossolos.

Os argissolos são determinados pelo diagnóstico da presença de horizonte diagnóstico B textural, caracterizado pela presença de um aglomerado de argila em profundidade devido ao transporte e à remoção de argila da parte mais superficial do solo para os horizontes inferiores. Nestes solos ocorre com frequência, mas não exclusivamente, baixa atividade da argila, com a probabilidade da presença de altos teores de alumínio, baixa ou alta saturação de bases, sendo geralmente ácidos. Os argissolos tendem a ser mais propensos aos processos erosivos por conta da relação textural evidente nestes solos, que provoca infiltração dos horizontes superficiais e subsuperficiais (Figura 2.17). Entretanto, os de texturas mais leves ou textura média e de pouca relação textural são mais porosos e possuem boa permeabilidade, sendo, dessa maneira, menos propensos à erosão.

Os espodosolos podem ser identificados pela coloração do horizonte espódico, que varia de cinza, com tom escuro ou preto, até tons avermelhados ou amarelados, e pela aparente diferenciação de horizontes. Este solo atua no processo de remoção de complexos de alumínio com ou sem a presença de ferro com húmus ácido e, por consequência, de aglomeração destes componentes em profundidade. São solos, normalmente, de razoável a intensamente ácidos, geralmente com saturação por bases baixa, com probabilidade da presença de teores de alumínio extraível. A textura é principalmente arenosa, porém usualmente apresenta textura média e raramente argilosa no horizonte B espódico. A drenagem é bastante inconstante, ocorrendo restrita conexão entre profundidade, grau de desenvolvimento, endurecimento ou consolidação do horizonte diagnóstico e a drenagem do solo.

Os luvisolos contêm argila de atividade alta e saturação por bases alta. Esses solos diversificam de bem a imperfeitamente

drenados, sendo geralmente pouco profundos, com evidente diferença entre os horizontes A e Bt, por conta do contraste de textura, coloração e estrutura entre eles. São razoavelmente ácidos a levemente alcalinos, com taxas de alumínio extraível baixos ou nulos e presença, em quantidade variável, porém expressiva, provocando alta atividade da argila. Podem ou não apontar pedregosidade na parte superficial e caráter sódico na parte subsuperficial.

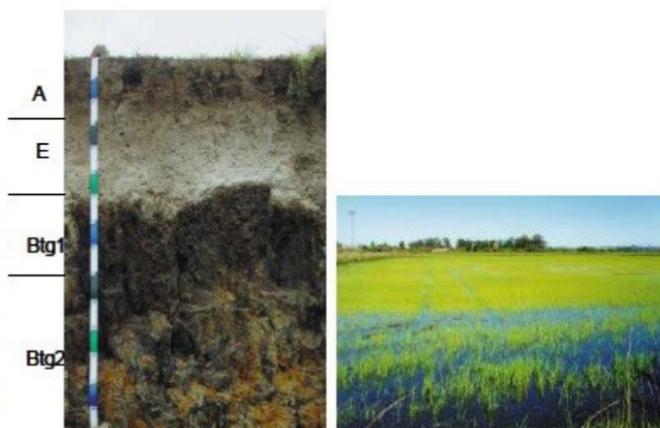
Os planossolos (Figura 2.18) são solos minerais que exibem eliminação de argila resistente da parte superficial e aglomeração ou centralização intensa de argila no horizonte subsuperficial, obtendo como propriedades específicas acentuadas, as mudanças texturais, normalmente abrupta, ou transição abrupta conjugada com intensa divergência de textura do A para o horizonte B. Essa desargilização é o agente causador pela textura arenosa dos horizontes superficiais e acontecem especialmente em áreas que possuem relevo plano ou suave ondulado, no qual as circunstâncias ambientais e do próprio solo beneficiam a constância periódica anual de excedente de água, mesmo se for de curta duração, exclusivamente em regiões propensas à estiagem prolongada, e até mesmo sob circunstâncias de clima semiárido.

Figura 2.17 | Perfil de um argissolo que demonstra a boa drenagem



Fonte: IBGE (2014, p. 276).

Figura 2.18 | Perfil de um planossolo que demonstra a drenagem insuficiente



Fonte: IBGE (2014, p. 301).



Assimile

Argissolos: grupamento de solos com B textural, com argila de atividade baixa ou alta, conjugada com saturação por bases baixa ou caráter alítico. Identificado através do desenvolvimento (expressão) de horizonte diagnóstico B textural em vinculação com atributos que evidenciam a baixa atividade da fração argila ou o caráter alítico (EMBRAPA, 2014).

Planossolos: abrangem solos minerais, pouco ou mal drenados, com horizonte superficial ou subsuperficial eluvial, de textura mais leve que contrasta abruptamente com o horizonte B imediatamente subjacente, adensado e geralmente com acentuada concentração de argila, com permeabilidade lenta ou muito lenta, constituindo por vezes um horizonte "pã" (horizonte endurecido ou que é cimentado quando seco) que é responsável pela detenção do lençol freático sobreposto (suspenso), de existência periódica e presença variável durante o ano (EMBRAPA, 2014).

O halomorfismo é também um processo geral de formação de solos que manifestam o acúmulo de sais no horizonte, sódio trocável ou ambos, que podem causar diversos problemas, tais como a dispersão da argila e matéria orgânica, obstruindo os

poros, gerando erosões e formação de estruturas colunares ou prismáticas, e dificultando a drenagem da água e o desenvolvimento do sistema radicular das plantas (Figura 2.19).

Estes solos estão relacionados a planícies ou concavidades onde a drenagem é falha e nos quais a evapotranspiração é maior que a precipitação pluviométrica. Esse procedimento acontece de forma natural em todo o mundo e é o agente responsável pela redução da produtividade das culturas, isso por conta do estresse de sais sobre as plantas. Ocorre um aumento da pressão osmótica da solução do solo, quando essa mesma solução encontra-se com teores de sais elevados. Nessas circunstâncias, as plantas têm dificuldade para absorver água e nutrientes, fazendo que as células vegetais percam a sua turgidez. Assim esse processo também afeta de forma negativa em diversos processos fisiológicos e metabólicos vitais para as plantas.

Os solos halomórficos são formados pelos processos de salinização, solonização e solodização, que são considerados processos sequenciais pedogenéticos relacionados à evolução dos solos salinos e sódicos. Contudo, o desenvolvimento do caráter sódico pode ocorrer independente de um estágio prévio de salinização, em função da riqueza em sais dos minerais presentes no solo.

Figura 2.19 | Aspecto da superfície de um solo salino com rara presença de vegetação



Fonte: <<https://bit.ly/2KYgwg4>>. Acesso em: 2 jun. 2018.



Exemplificando

A salinidade é uma característica dos solos que acontece, sobretudo, nas regiões áridas e semiáridas ao redor do planeta.

As chuvas restritas nessas áreas, integrada à baixa atividade bioclimática, menor nível de intemperização, drenagem deficiente e a utilização de água de baixa qualidade, acarretam solos com altos níveis de salinidade (HOLANDA et al., 2007).

Diante do aumento do uso de fertilizantes através da irrigação, quando esta tecnologia é aplicada sem nenhuma forma de manejo, torna-se uma prática intensa para o aumento das áreas agrícolas com altas concentrações de sais.

As propriedades físicas dos solos, tais como, estrutura, estabilidade dos agregados, dispersão das partículas, permeabilidade e infiltração, são muito influenciadas pelos tipos de cátions trocáveis presentes no solo. A expansão da argila acarretará a fragmentação das partículas e, conseqüentemente, modificações na estrutura do solo (DIAS e BLANCO, 2010). Solos com elevados níveis de sais são mais suscetíveis ao selamento superficial e à erosão hídrica (ALBUQUERQUE et al., 2002).

O hidromorfismo é o processo onde o solo está sujeito à inundação constante ou por longa duração determinada (Figura 2.20). Os processos pedogenéticos de formação do solo que mais estão em evidência são os transportes de minerais suscetíveis a redução, e a adição de matéria orgânica, que se aglomera devido à pequena porção de dissecação.

A pequena taxa de oxigênio do solo ocasionada pelo excedente de água viabiliza a propagação de organismos anaeróbicos que, neste ambiente de baixa capacidade de oxirredução, diminuem o Ferro Férrico dissoluto na solução do solo, utilizando-o como coletor de elétrons no processo de oxidação dos compostos de carbono. Esse aspecto solúvel do Fe está em equilíbrio químico com os óxidos de ferro e, uma vez a solução absorvida, a reação é deslocada para o dissoluto das formas minerais cristalizadas, como hematita e goethita. Assim, as argilas oxidicas ferruginosas vão sendo encharcadas e o solo vai desfazendo as cores vivas dessas argilas.

A pigmentação esbranquiçada e acinzentada dos solos hidromórficos representa a redução do Ferro Férrico presente nos óxidos. Esses solos são constantemente escurecidos pela matéria orgânica aglomerada, pois os organismos anaeróbicos são pouco eficazes na mineralização da matéria orgânica, quando comparados aos aeróbicos.



Refleta

O hidromorfismo causa algumas mudanças na gênese dos solos e, quando associado ao halomorfismo, traz consequências aos solos agrícolas que podem ser ainda mais severas.

Assim, é importante saber manejar os solos para evitar mudanças bruscas nas estruturas físicas e composição química dos solos agrícolas. Portanto, quais os principais benefícios aos solos agrícolas do controle e manejo adequado das águas e dos sais? Como esse controle ou esse manejo podem ser realizados?

Figura 2.20 | Solo com excesso de água constante



Fonte: <<https://bit.ly/2J0mBH3>>. Acesso em: 10 maio 2018.

Os solos em que o hidromorfismo é acentuado são intitulados organossolos, gleissolos e planossolos hidromórficos. Os neossolos flúvicos são compostos pelo acúmulo de sedimentos nas margens dos rios e, devido a isso, são chamados sedimentos aluviais antigos, e permanecem frequentemente ligados aos solos hidromórficos. No entanto, eles não são classificados como solos hidromórficos por causa da boa drenagem ao longo do horizonte, onde geralmente são solos arenosos, e apresentam horizonte A sobre uma sequência de depósitos de sedimentos que não possuem correlação pedogenética entre si.



Pesquise mais

A salinização é um dos elementos que mais tem se intensificado em todo o mundo e decorre, principalmente, de condições climáticas e da agricultura irrigada. Assim, é importante que você comece a conhecer como ocorre o processo de salinização para indicar medidas de prevenção de solos salinos. Dessa forma, leia o artigo a seguir:

LIMA JUNIOR, J. A.; SILVA, A. L. P. Estudo do processo de salinização para indicar medidas de prevenção de solos salinos. **Enciclopédia Biosfera**, v. 6, n. 11, p.1-21, 2010. Disponível em: <<http://www.conhecer.org.br/enciclop/2010c/estudo%20do%20processo.pdf>>. Acesso em: 9 maio 2018.

Sem medo de errar

Nesta seção vimos que o processo de formação dos solos ocorre da inter-relação entre o intemperismo, fatores de formação dos solos com os processos pedogenéticos. Então, os solos exibirão particularidades do material de origem, sendo este influenciado pelo intemperismo da rocha e constantemente modificado pelos processos pedogenéticos. Portanto, o solo agrícola de uma determinada região é influenciado por uma série de fatores que dependem das características locais.

Relembrando a problemática apresentada, as terras de Roberto encontram-se nas áreas com zonas de depressões mais baixas, e sua área agrícola apresenta problemas com acúmulo de água. Notou-se também um acúmulo de sal e solo mal drenado, além de ter-se

diagnosticado que esses sais liberados no solo são consequência do intemperismo de minerais primários de rochas.

Ao analisar o resultado foi possível chegar às seguintes conclusões: deterioração lenta da matéria orgânica, favorecendo seu acúmulo; Fe e Mn em grandes porções nas suas formas reduzidas; presença de plantas com sintomas de toxidez; cor do solo esbranquiçada e acinzentada; acumulação de sais no perfil; solos bastante pobres e ácidos; além de altos teores de argila na camada subsuperficial.

A partir desse resultado, vamos solucionar os problemas identificados:

O que está causando a decomposição lenta da matéria orgânica?

O excesso de água nas terras de Roberto condiciona, ao solo, o arejamento deficiente, o que resulta em uma decomposição lenta da matéria orgânica, provocando seu acúmulo em um ambiente de redução, que transforma Fe e Mn em formas reduzidas, facilitando sua migração ou a toxidez para as plantas.

A posição topográfica, solo de baixada, influencia na sua formação?

Os solos halomórficos manifestam o acúmulo de sais no horizonte temporariamente e ocorrem geralmente em depressões. Os sais são trazidos das elevações circunvizinhas pela enxurrada ou pelo lençol freático, como na situação apresentada na área do produtor Roberto, onde a posição topográfica do solo é de baixada, fator que influencia na formação de solos halomórficos.

O que está causando a drenagem imprópria nessa área?

A drenagem imprópria deste solo deve-se ao acúmulo de argila nas camadas superficiais devido às elevações circunvizinhas e a baixada topográfica desta área. As propriedades físicas dos solos, tais como, estrutura do solo, estabilidade dos agregados, dispersão das partículas, permeabilidade e infiltração, são muito influenciadas pelos tipos de cátions trocáveis presentes no solo; a acumulação de sais solúveis torna o solo flocculado, friável e bem permeável; o aumento do sódio trocável poderá torná-lo adensado, compacto

em condições secas, solos com elevados níveis de sal e são mais suscetíveis ao selamento superficial e à erosão hídrica.

A cor do solo esbranquiçada e acinzentada é influenciada pelo material de origem?

Sim, parcialmente. A cor esbranquiçada e acinzentada diagnosticada nesta área é reflexo do processo de salinização detectado no solo. Os sais, quando acumulados na superfície das áreas agrícolas, imprimem essa coloração, além de serem influenciados parcialmente pela decomposição das rochas que deram origem aos solos.

O que ocasiona o acúmulo desses sais?

Diante dos assuntos que abordamos, podemos dizer que o acúmulo de sais desta área pode ser explicado pela drenagem deficiente que proporciona baixa lixiviação dos sais e, conseqüentemente, o acúmulo na superfície do solo. Os sais produzidos dos minerais primários são localizados nos solos e nas rochas, migram através das águas e são armazenados nos solos, concentrando-se na mesma medida que a água é evaporada ou absorvida pelas culturas, o que dá início ao processo denominado salinização.

É importante que você comece a conhecer como ocorre o processo de salinização para apontar parâmetros de prevenção de solos salinos. Durante a intemperização, através de processos físicos, químicos e biológicos, por meio da ação de fatores como clima, relevo, organismos vivos e o tempo, os minerais primários identificados, que compõem a rocha ou o material de origem do solo, liberam os sais solúveis que constituem as rochas, formando, assim, este solo com Fe e Mn em grandes quantidades nas suas formas reduzidas. Como estudamos, os sais resultantes do processo de intemperização podem ser transportados para horizontes inferiores, por meio de percolação e, assim, são depositados nas águas.

Portanto, determinadas as soluções e estabelecidas as respostas para os questionamentos, a terceira etapa do serviço foi resolvida.

Nesse momento, você deverá elaborar o relatório geral apresentando as respostas encontradas durante as três etapas do

estudo, que será o diagnóstico direcionado aos produtores agrícolas. Este relatório será entregue aos produtores para auxiliá-los, sendo fundamental para ajudá-los na tomada de decisão para alavancar os índices produtivos da agricultura.

Ao reunir as respostas das três situações-problema e elencar os fatores que têm prejudicado a produção agrícola dos produtores, você conseguirá analisar como os fatores ambientais influenciam na formação dos solos e quais são os processos envolvidos em sua formação, de forma a contribuir com os produtores, para que possam buscar e adotar manejos específicos a fim de atender às necessidades de suas áreas.

Avançando na prática

Processos Pedogenéticos e a modificação de solos agrícolas

Descrição da situação-problema

Os campos naturais do Marajó são áreas bastante propícias para a criação de animais, destacando-se a criação de bubalinos. Joaquim é um grande produtor de búfalos da região, porém, com o passar dos anos, houve um decréscimo de produção, em consequência do mal desenvolvimento das gramíneas na área. Ele procurou a empresa em que você trabalha a fim de buscar auxílio para resolver os problemas da região. Ao chegar à área do seu Joaquim você observou que grande parte dela estava inundada. A partir disso você e sua equipe realizaram uma série de coletas de solos nas áreas encharcadas e nas áreas secas para comparar os resultados.

Após a análise do solo, alguns pontos lhe chamaram atenção: áreas alagadas apresentaram baixos teores de bases e de sílica no perfil e alta concentração de óxidos de Fe e de Al e os solos apresentaram maior macroporosidade quando comparada às demais áreas. Decomposição lenta da matéria orgânica. Nas áreas alagadas, ainda, as gramíneas apresentaram toxidez por Fe e Mn. Já nas áreas mais secas, que são drenadas naturalmente, as gramíneas apresentaram deficiência de Fe e Mn.

Você, enquanto engenheiro agrônomo, precisa primeiro identificar quais os processos gerais de formação dos solos estão influenciando na alteração que está ocorrendo no solo e na produção.

Ao analisar as informações coletadas, algumas questões, que serão fundamentais na resolução da problemática, devem ser respondidas: como a água está atuando no processo remoção das bases e de sílica do perfil e na alta concentração de óxidos de Fe e de Al? Qual o motivo das gramíneas da parte alagada apresentarem toxidez por Fe e Mn, enquanto que as gramíneas das áreas bem drenadas apresentaram deficiência de Fe e Mn?

Resolução da situação-problema

Os processos gerais de formação dos solos atuam constantemente tanto na pedogênese quanto na transformação constante dos solos. Assim pode-se concluir que dois processos estão atuando na alteração dos solos das áreas do seu Joaquim:

- A **latolização**, que atua na retirada das bases e de sílica dos solos, como consequência da alteração do material constituinte, processo este que causa ao solo altos níveis de intemperismo, com pouca ou nenhuma diferença entre horizontes do solo. Como os campos naturais são constantemente inundados, a sílica e outros elementos são lixiviados e há aumentos consideráveis da concentração de óxidos de Fe e de Al, acarretando ao solo um aspecto mais poroso, com maior quantidade de macroporos.

- E o **hidromorfismo**, que também pôde ser identificado. O excesso de água causa a ocupação dos microporos e a circulação de ar deficiente, causando uma lenta decomposição da matéria orgânica, cuja alta concentração em condições de redução, altera o comportamento químico do Fe e do Mn para as formas reduzidas, facilitando sua exportação e causando a toxidez nas plantas. Já as áreas drenadas, naturalmente, estão apresentando deficiência de Fe e Mn, que são lixiviados para áreas abaixo da zona radicular. Assim, o Mn é reduzido rapidamente enquanto que o Fe é reoxidado mais lentamente.

Faça valer a pena

1. Leia e analise as afirmações a seguir:

I - Os argissolos são solos caracterizados por um horizonte B textural, são geralmente férteis e apresentam mais argila no horizonte B do que no A.

II - Alguns solos agrícolas têm problemas ocasionados pelo acúmulo de sais e de água com alto teor de sais dissolvidos. Esse acúmulo de sais é prejudicial para os argissolos à medida que alteram a estrutura das argilas, causando a degradação da fração argilosa, alterando a estrutura dos solos e, conseqüentemente, influenciando nas suas características físicas e químicas. Através da leitura do texto-base pode-se observar a atuação de dois dos processos gerais de formação dos solos. Assinale a alternativa que apresenta os dois processos citados no texto, referentes às assertivas I e II, respectivamente.

- a) Podzolização e hidromorfismo.
- b) Latolização e hidromorfismo.
- c) Halomorfismo e podzolização.
- d) Latolização e halomorfismo.
- e) Podzolização e halomorfismo.

2. Os solos formados a partir do (a) _____ são os mais envelhecidos da crosta terrestre, compondo as partes mais intemperizadas dentre os solos. Geralmente encontram-se nas áreas mais elevadas em relação à paisagem ao redor. Já a (o) _____ consiste basicamente na translocação de materiais entre os horizontes superficiais geralmente A ou E, acumulando-se no horizonte B, de modo que os solos passam a ter os horizontes bem distinguidos, devido à translocação de material superficial para o horizonte B.

O (a) _____ é caracterizado (a) pela circulação de ar deficiente que acarreta uma decomposição lenta da matéria orgânica, causando a sua acumulação em uma zona de redução, causando a transformação de Fe e Mn nas suas formas reduzidas, provocando sua exportação ou a toxidez para as culturas. O (a) _____ ocorre geralmente em depressões onde poderá acontecer o acúmulo de sais e de água, temporariamente. Os sais são carreados das áreas próximas mais elevadas pela enxurrada ou através da ascensão pelo lençol freático.

Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas do texto-base.

- a) Hidromorfismo; podzolização; latolização; halomorfismo.
- b) Latolização; podzolização; halomorfismo; hidromorfismo.
- c) Latolização; hidromorfismo; podzolização; halomorfismo.
- d) Latolização; podzolização; hidromorfismo; halomorfismo.
- e) Halomorfismo; podzolização; hidromorfismo; latolização.

3. Os processos gerais de formação dos solos são fatores importantes na formação e transformação dos solos agrícolas. O arranjo dos diferentes processos gerais, porém com atividades geralmente variadas, resultam na gênese de solos com propriedades peculiares de cada uma dessas diferentes combinações. Com base nesse princípio, determinados processos associados aos diferentes fatores de formação dos solos característicos do local serão responsáveis pelas características dos solos agrícolas de cada região.

Sobre os processos gerais de formação do solo, pode-se afirmar que:

1. () Latolização, translocação, podzolização, halomorfismo e hidromorfismos são tipos de processos gerais de formação dos solos.

2. () Um solo agrícola que foi formado através do processo de podzolização é rico em fertilidade e apresenta pH básico. Já os solos que apresentam horizonte B textural são menos férteis, devido à presença de argila no horizonte B.

3. () O grupo de solos formados a partir do hidromorfismo apresenta características únicas, sendo os solos denominados hidromórficos, por exemplo: hidromórfico cinzento, planossolo e podzol hidromórfico.

4. () Os sais são carregados das áreas vizinhas pela enchente ou pelo lençol freático. Muitas vezes a área é abastada em sais devido a depósitos marinhos. Esse processo é conhecido como latolização.

5. () Os solos formados através do processo de latolização são constituídos através da remoção das bases e da sílica do solo, depois do intemperismo do material de origem. É um grupo de solos bastante intemperizado, com pouca ou nenhuma diferenciação entre as camadas do perfil do solo.

Julgue os itens, assinalando V para as alternativas que julgar verdadeiras e F para as falsas e assinale a alternativa que corresponde à sequência correta.

a) 1-V; 2-F; 3-V; 4-F; 5-V.

b) 1-F; 2-V; 3-V; 4-F; 5-V.

c) 1-F; 2-F; 3-V; 4-F; 5-V.

d) 1-F; 2-F; 3-F; 4-F; 5-V.

e) 1-F; 2-F; 3-V; 4-F; 5-F.

Referências

- ALBUQUERQUE, J. A. et al. Propriedades físicas e químicas de solos Incubados com resíduo alcalino da indústria de celulose. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, n. 4, p. 1065-1073, 2002.
- CORINGA, E. A. O. **Solos**. Curitiba: Editora LT, 2012. 248p.
- DALMOLIN, R. S. D. **Material didático da disciplina morfologia, gênese e classificação do solo**. PPGCS/UFMS, 2007.
- DIAS, N. S.; BLANCO, F. F. Efeitos dos sais no solo e na planta. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. (eds.). **Manejo da Salinidade na Agricultura: Estudos Básicos e Aplicados**. Fortaleza: INCTSal, 2010. p.129-141.
- DNIT – Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. **Manual de Pavimentação**. 3. ed. Rio de Janeiro, IPR – 719, 2006. 274p. Disponível em: <<https://bit.ly/2L3NwrG>>. Acesso em: 5 jul. 2018.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2006.
- _____. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS)**. 4. ed. Rio de Janeiro, EMBRAPA-SPI, 2014. 412p.
- GHEYI, H. R.; DIAS, N. S. E.; LACERDA, C. F. GOMES FILHO, E. (Eds). **Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade, 2016. 530p.
- GROTZINGER, J.; JORDAN, T. **Para entender a Terra**. Tradução Iuri Duquia Abreu. 6. ed. Porto Alegre: Bookmann, 2013. 738 p.
- HOLANDA, A. C.; SANTOS, R. V.; SOUTO, J. S.; ALVES, A. R. Desenvolvimento inicial de espécies arbóreas em ambientes degradados por sais. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 7, n. 1, p.39-50, 2007.
- IBGE. **Manual Técnico de Pedologia**. 3. ed. IBGE, 2015. 412p.
- IBGE. **Manual Técnico de Uso da Terra**. 3. ed. IBGE, 2013. 171p.
- KÄMPF, N.; CURTI, N. Formação e evolução do solo (pedogênese). In: KER, J. C.; CURTI, N.; SCHAEFER, C. E. R.; TORRADO, P. V. (Eds.). **Pedologia: Fundamentos**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2012. p.207-302.
- LEPSCH, I. F. **Formação e Conservação dos Solos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002. 178p.
- LEPSCH, I. F. 19 **Lições de Pedologia**. São Paulo: Oficina de Textos. 2011. 456p.
- LIMA, V. C.; LIMA, M. R. de. Formação do solo. In: LIMA, V. C.; LIMA, M. R. de; MELO, V. de F. (Eds.). **O solo no meio ambiente: Abordagem para Professores do Ensino Fundamental e Médio e Alunos do Ensino Médio**. Curitiba, UFPR, 2007. p. 1-10. Disponível em: <<https://bit.ly/2LpH4HD>>. Acesso em: 5 jul. 2018.

LIMA JUNIOR, J. A.; SILVA, A. L. P. Estudo do processo de salinização para indicar medidas de prevenção de solos salinos. **Enciclopédia Biosfera**, v. 6, n. 11, p. 1-21, 2010. Disponível em: <<https://bit.ly/2NWOC6f>>. Acesso em: 9 maio 2018.

MARQUES JUNIOR, J. **Geologia e Mineralogia**. São Paulo: UNESP, 2014. 200p.

MEDEIROS, P. S. C. Revisão Bibliográfica. In: MEDEIROS, P. S. C. **Processos pedogenéticos, caracterização e classificação de solos em topossequência granítica na região Sudeste de Porto Alegre**. 2010. 66 p. Dissertação (Mestre em Ciência do Solo). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010. p. 3-12. Disponível em: <<https://bit.ly/2JwMUFg>>. Acesso em: 7 maio 2018.

NASCIMENTO, E. F. do; et al. Comportamento físico-hídrico dos solos do perímetro irrigado Curaçá em Juazeiro/BA. **Irriga**. Botucatu, v. 7, [s.n.], p. 435-447, dez. 2012. Disponível em: <<https://bit.ly/2zJ8xlW>>. Acesso em: 6 jul. 2018.

OLIVEIRA, J. B. **Pedologia Aplicada**. 4. ed. São Paulo: FEALQ. 2011. 592 p.

POPP, J. H. **Geologia Geral**. 6. ed. São Paulo: LTC, 2010. 324p.

RESENDE, M.; CURTI, N.; REZENDE, S. B.; CORRÊA, G. F. **Pedologia**: base para distinção de ambientes. Lavras: Editora UFLA, 2007.

RESTALLACK, G. J. **Soils of the past – An introduction to paleopedology**. London, Unwin Hyman, 1990. 520p.

SALOMÃO, F. X. T.; ANTUNES, F. S. Em Solos em Pedologia. In: OLIVEIRA, A. M. S.; BRITO, S. N. A. (Eds.). **Geologia de Engenharia**. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1998.

SANTOS, A. C. et al. Gênese e classificação de solos numa topossequência no ambiente de mar de morros do médio Vale do Paraíba do Sul, RJ. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 34, n. 4, p. 1297-1314, 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v34n4/27.pdf>>. Acesso em: 16 abr. 2018.

TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M. C. M. de; FAIRCHILD, T. R.; TAIOLI, F. (Orgs.) **Decifrando a Terra**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

TOLEDO, M. C. M.; OLIVEIRA, S. M. B. de; MELFI, A. J. Da rocha ao Solo – Intemperismo e pedogênese. In: TEIXEIRA, W.; FAIRCHILD, T. R.; TOLEDO, M. C. M.; TAIOLI, F. **Decifrando a Terra**. 2. ed. São Paulo: IBEP Editora Nacional-Conrad, 2009. p.128-239.

VIEIRA, L. S. **Manual da ciência do solo**: com ênfase aos solos tropicais. 2. ed. rev. amp. São Paulo: Agronômica Ceres, 1988. 464 p.

Introdução à morfologia do solo

Convite ao estudo

Olá, aluno! O solo é um importante fator para a produção das culturas agrícolas, principalmente em larga escala. Aprendemos anteriormente que os fatores de formação do solo são responsáveis por efetuar modificações neste, ou seja, os fatores físicos, químicos e biológicos fazem com que o solo sofra transformações. Essas alterações e suas formas dão origem aos diversos tipos de solo existentes, os quais vão se desenvolvendo de forma diferente em cada região, de modo que, para garantir a qualidade de uma produção agrícola, é necessário compreender o que a morfologia do solo pode indicar sobre ele.

Para entendermos mais esse conteúdo, vamos partir da seguinte situação: você, engenheiro agrônomo, foi contratado por uma empresa de consultoria e elaboração de projetos ambientais para que, juntamente com sua equipe, fique responsável pelo setor de manejo e de uso do solo nas áreas agrícolas em que a empresa está desenvolvendo um trabalho, pois os produtores procuram-na com a finalidade de maximizar a qualidade na produção e de resolver os problemas que atualmente estão prejudicando a produtividade.

Você tem quatro áreas (duas de milho, uma de arroz e uma com forragem) para solucionar problemas de deficiência no crescimento das culturas. A fim de resolver a situação, você precisará diagnosticar os problemas nessas áreas por meio de uma análise dos impactos dos processos específicos de formação do solo, assim como as suas propriedades morfológicas e químicas.

A **primeira etapa** do seu trabalho será visitar a área de produção de arroz sobre a qual o agricultor expôs um desenvolvimento retardado da cultura. Ele descreveu algumas características do solo, como a sua cor avermelhada mediante um conjunto de fatores do ambiente.

A **segunda etapa** da análise será com o produtor de milho, que possui duas áreas com a mesma técnica de manejo, sendo que apenas uma possui sucesso no crescimento da cultura, enquanto a outra apresenta uma redução significativa na produção.

Já a **terceira etapa** consistirá na análise da área de um pecuarista que possui solos inundados e um desenvolvimento de forragem que vem diminuindo.

O sucesso na produtividade está diretamente ligado com o rendimento do solo, por isso precisamos identificar as características do solo naquela região. Mas quais delas são importantes para a agricultura? Como você associará o manejo apropriado para cada cultura a partir das características identificadas? Esses relatos do solo favorecem a introdução de métodos agrícolas para cada cultura? Como definir corretamente a fertilidade e a técnica apropriada para o manejo?

Essas respostas serão fundamentais para entendermos os principais aspectos que cercam a introdução à morfologia do solo e, assim, ajudar os produtores rurais a resolverem os seus problemas e entenderem a importância da análise da morfologia dos solos utilizados para a agricultura.

Vamos lá? Bons estudos!

Seção 3.1

Processos específicos de formação dos solos

Diálogo aberto

Os solos sofrem diferentes processos pedogenéticos, os quais, ao se inter-relacionarem, determinam diferentes processos característicos para a compreensão de como um determinado tipo de solo agrícola está sendo formado. A esse conjunto de fenômenos que acontecem durante a pedogênese damos o nome de processos específicos de formação do solo, tópico que será estudado nesta seção.

Para que você possa entender melhor a atuação desses processos, vamos iniciar nosso estudo partindo da seguinte situação derivada do contexto de aprendizagem:

Como ressaltamos anteriormente, a primeira etapa da análise dos impactos dos processos específicos de formação do solo, assim como das suas propriedades morfológicas e químicas, será realizada na área do produtor Francisco, que vem enfrentando dificuldades com a produção de arroz. As plantas possuem severas reduções no crescimento e na produtividade, exibindo sintomas como amarelecimento e bronzeamento das folhas, e escurecimento das raízes. Além disso, a cultura está plantada em um solo de cor vermelho-amarelo.

Chegando à área, você, como profissional, observa que o solo é formado por constituintes de argila com excesso de ferro e com grãos de quartzo. Sabemos que o ferro é essencial para o solo e para produção agrícola, mas o excesso poderá proporcionar uma desordem no desenvolvimento da cultura, gerando efeitos que estão associados aos elementos disponíveis no solo. Por meio dos compostos encontrados, quantidades e fatores que influenciam na formação do solo, podemos identificar os processos específicos do solo para maximizar a produção agrícola. Mas qual é este processo? Como ocorre esse processo específico de formação do solo? Como maximizar a produtividade de acordo com o processo específico de formação do solo?

Vamos estudar detalhadamente sobre esses processos específicos que formam o solo para ajudar o produtor a solucionar os problemas? Ao responder os questionamentos, você iniciará a elaboração de um relatório técnico apontando as técnicas de manejo de solos para auxiliar na melhora da produtividade das áreas dos produtores agrícolas atendidos pela empresa que você está representando.

Vamos lá? Bons estudos!

Não pode faltar

Os processos pedogenéticos indicam a direção e a intensidade das transformações e são condicionados pela combinação dos fatores de formação do solo. Esses processos podem imprimir determinadas feições aos solos, observáveis em um perfil e descritas em sua morfologia (OLIVEIRA, 2011).

Os processos são gerados com base nessas feições morfológicas as quais tornam possível fazer uma reconstituição histórica do solo, desde sua formação até sua classificação. Segundo a citação de IBGE (2015), com as características morfológicas podemos analisar a capacidade de uso da terra, a habilidade do solo em suportar o desenvolvimento de plantas, o movimento de água e solutos no perfil e a resistência à degradação pelos processos erosivos.

Todo solo sofre processos pedogenéticos, em maior ou menor intensidade, quais sejam adição, remoção, transformação e translocação dos materiais. A combinação de diferentes processos pedogenéticos gera processos característicos para determinação do solo, denominados de processos específicos de formação do solo, dos quais estudaremos alguns detalhadamente nessa seção.

A **gleização** é o processo específico típico de formação do solo característico das condições de excedente de água ou hidromorfismo. Nessas condições, se forma um horizonte glei, típico dos gleissolos. Assim esse processo ocorre a partir do regime de umidade redutor, virtualmente livre de oxigênio dissolvido, em razão da saturação por água durante todo o ano, ou pelo menos por um longo período, associado à demanda de oxigênio pela atividade biológica (OLIVEIRA, 2011).



De acordo com a Embrapa (2014), os gleissolos são comumente encontrados em áreas alagadas ou propícias à ocorrência constante de alagamento. Geralmente apresentam cores acinzentadas, azuladas ou esverdeadas, desde a camada superficial até 50 cm de profundidade. Podem apresentar-se muito ou pouco férteis e, quando submetidos a áreas com drenagem deficiente, são muito limitados ao uso agrícola. Sua área de ocorrência é vasta, estando presente em praticamente todas as regiões brasileiras e ocupando geralmente as áreas de planícies inundáveis, próximas aos cursos d'água.

Quando as circunstâncias são de excesso de água no solo, os microrganismos aeróbicos são substituídos por anaeróbicos, os quais têm pouca eficiência na decomposição de materiais orgânicos (LUCHESE et al., 2012). Essas circunstâncias geram duas consequências essenciais para a gênese do solo: o aumento da concentração de agentes complexantes orgânicos e maior abundância de elétrons no meio, havendo, primeiramente, uma redução intensa de nitrogênio e, subsequentemente, de ferro e manganês.

Segundo o SiBCS (EMBRAPA, 2014), o processo de gleização implica na manifestação de cores acinzentadas, azuladas ou esverdeadas devido à redução e solubilização do ferro, permitindo a expressão das cores neutras dos minerais de argila, ou ainda a precipitação de compostos ferrosos. A coloração acinzentada no perfil é um forte indicativo de drenagem lenta ou impedida, como pode ser visto na Figura 3.1.

Figura 3.1 | Solos formados a partir do processo específico de gleização



Fonte: Embrapa (2014, p. 113).

A **sulfetização** é o processo específico que leva à formação de sulfetos no solo, quando estes se encontram sob condições extremas de potencial redox. O processo caracteriza-se pela remoção total dos constituintes que dão cor ao solo, principalmente os óxidos de ferro. Como principais características do processo, encontram-se o baixíssimo potencial redox, a remoção "total" dos constituintes pigmentantes, o acúmulo de matéria orgânica e a redução do sulfato, sendo que todas estas características realizam-se sob condições anaeróbicas (EMBRAPA, 2014).

Esse processo ocorre geralmente em situações de solos alagados ou de mangue do litoral. O ácido sulfídrico produz um odor distinto que fica nos solos que suportaram tal processo. O excedente de elétrons é fornecido pela matéria orgânica que persiste no solo devido à baixa capacidade decompositora dos microrganismos anaeróbicos, resultante das circunstâncias de inundação.

A **sulfurização**, por sua vez, consiste na oxidação de sulfetos presentes em determinados sedimentos de solos alagadiços litorâneos, quando são drenados. No processo forma-se ácido sulfúrico que promove a acidificação do solo e a dissolução de minerais, dificultando ou inviabilizando o desenvolvimento vegetal. Os solos desenvolvidos sob este processo são intitulados solos tiomórficos, que apresentam um horizonte sulfúrico dentro de 100 cm a partir da superfície. Assim, a correção da acidez pela aplicação de calcário pode ser um processo muito oneroso. Em determinados casos, um manejo da drenagem, impedindo a oxidação dos sulfetos, pode ser adequado para controlar a acidificação, processo que origina os gleissolos tiomórficos e os organossolos tiomórficos (EMBRAPA, 2014).

O processo específico de sulfurização também pode ocorrer quando materiais contendo sulfetos são expostos ao ar em áreas de mineração como de carvão, ouro, cobre, entre outros. Após o processo de mineração, na recuperação destas áreas, deve ser evitado o uso de materiais com sulfetos na composição do solo (LEPSCH, 2011).

Solos tiomórficos, sob condições naturais, são reservatórios de metais pesados que apresentam sérias limitações agrícolas e não-agrícolas, sendo inapropriados para uso agrícola, aterro sanitário, aplicação de efluentes, áreas para recreação e cemitérios, pois são

solos localizados em planícies aluviais, com lençol freático muito elevado (EMBRAPA, 2014). Devido à severidade de seus problemas, afeta vários aspectos da utilização das terras, principalmente devido ao impacto ambiental de seu uso ou recuperação.

Segundo Oliveira (2011), a **calcificação** é o processo específico de formação do solo pela concentração de carbonato de cálcio, seja ele proveniente diretamente da evolução do seu material de origem, a rocha calcária, seja originado pela precipitação do carbonato de cálcio. O processo de formação do solo é caracterizado pela translocação, provocando a sua maior concentração em alguma parte do solo. A vegetação é de pradaria, havendo um grande acúmulo de matéria orgânica. Há formação de horizonte A espesso, rico em matéria orgânica e com alta saturação por bases.



Refleta

Os solos originários de rochas calcárias têm o processo de calcificação facilitado. Assim, é possível afirmar que a calcificação só ocorre em solos nos quais o material de origem é uma rocha calcária?

Solos originados de rocha calcária facilitam o processo de calcificação, embora isto não seja condição essencial para o acontecimento desse processo. Entre os seus aspectos mais importantes podemos citar a formação de solos bem estruturados, com alta fertilidade natural, levando à formação de horizontes cálcicos, petrocálcico e chernozêmico. A região mais frequente para a ocorrência deste episódio é nas áreas onde a precipitação não é o bastante para retirar do solo todos os carbonatos, ou seja, em regiões secas.

Salinização, sodificação e solodização são três processos que ocorrem de forma simultânea e que compreendem os sais ao longo de seu desenvolvimento. Enquanto a salinização é caracterizada pelo acúmulo de sais, a sodificação é o acúmulo de sódio, e a solodização envolve perda parcial destes sais.

O processo específico de salinização corresponde ao aglomerado de sais solúveis no perfil do solo em regiões do globo onde a evapotranspiração supera a precipitação pluviométrica, sendo, por isso, necessário ter cuidado no manejo dos recursos hídricos. Os sais

minerais ficam acumulados, muitas vezes, em razão da evaporação da água que cobre a superfície (OLIVEIRA, 2011).

Segundo Luchese et al. (2002), a salinização do solo é muito comum em áreas áridas ou semiáridas, que também são propensas a apresentar desertificação, o que é motivo para a queda da produtividade das culturas, devido ao estresse salino sobre as plantas. Quando a solução do solo se encontra com elevados teores de sais, ocorre um aumento da pressão osmótica dessa solução. Nessas circunstâncias, os vegetais apresentam dificuldade em absorverem água e nutrientes, fazendo com que as células vegetais percam sua turgidez. Esse processo interfere negativamente em diversos processos fisiológicos e metabólicos vitais das plantas.

A salinização está presente em solos onde o intemperismo químico é menor e é unicamente o suficiente para modificar a estrutura dos minerais primários, assim o intemperismo químico das rochas é capaz apenas de desagregar os minerais primários sem retirar os seus componentes constituintes.

O processo específico de **sodificação** consiste na concentração de sódio no solo, o que promove a dispersão da argila e a sua eluviação. O sódio é um componente de caráter alcalino e possui capacidade de quebrar moléculas de água e formar hidroxilas no meio em que se encontra, obtendo como resultado o aumento de pH do solo. O sódio pode ser prejudicial às plantas em consequência de sua toxicidade quando em altas concentrações nos vegetais.

A sodificação é uma fase um pouco mais avançada de lixiviação dos sais solúveis, ou seja, um solo em uma região excessivamente seca conterà silte, areia, argila e sais, tendo sal composto com a esmectita e cloreto de potássio envolvido com o quartzo (EMBRAPA, 2014). Aumentando a precipitação sobre esse solo e, por consequência, a lixiviação, os sais mais solúveis se diluirão. Porém, os minerais de argila, que são pouco solúveis, permanecerão no solo e, como esses minerais detêm carga, reterão os cátions que se encontravam portando os sais.

Na sodificação já houve a retirada dos sais e os elementos que os geravam encontram-se no complexo de troca dos minerais, onde estão adsorvidos aos minerais. Isso produz uma grande difusão das partículas do solo. Solos sodificados normalmente apresentam propriedades físicas, como estrutura e porosidade, em estado

ruim devido à pouca floculação de suas partículas. Assim serão solos de pH elevado, excessivamente eutróficos, ou seja, a maior porcentagem de suas bases é sódio.

O processo específico de **solodização** ocorre quando as circunstâncias de drenagem do solo permitem a retirada do sódio, de modo que outros cátions, como o cálcio, o magnésio e o potássio, passam a ocupar o complexo de troca do solo. Devido a tal condição, o pH do solo volta a ficar baixo. A solodização pode ser compreendida como o aperfeiçoamento do processo de remediação de uma área sodificada, pois a solodização é a retirada excedente de sódio, porém, somente dos horizontes superficiais (LUCHESE et. al., 2012).

Por exemplo, um solo que possui aglomerados de argila no horizonte B, casualmente gerado pelo transporte de partículas, e sendo a argila um elemento que apresenta alta taxa de cargas elétricas neutralizadas pelo sódio, esse elemento provocará grande difusão no solo, ocorrendo o deslocamento das partículas de argila entre as camadas do solo. Esse fenômeno acontece desde que essas partículas estejam dispersas, ou seja, um solo em que a maioria das partículas já se encontra dispersa é um solo com grandes chances de migração de argila. Havendo o transporte da argila do horizonte A para o B será formado um horizonte B textural, no caso, nátrico B textural por conta do aglomerado de argila no horizonte B, em comparação ao horizonte A, e nátrico por conta do acompanhamento de sódio na argila, que estará saturada e rica em sódio.

Diante disso, salinização, sodificação e solodização são os principais processos de retirada de sais no solo. Na salinização ainda não ocorreu a retirada e os sais se aglomeraram. Já na sodificação os sais já foram retirados, porém o sódio, que é o cátion mais solúvel, ainda está presente em grandes quantidades, preso nas argilas. E na solodização, o sódio já foi retirado dos horizontes superficiais. A retirada do excedente do sódio do horizonte B constitui um solo com incidência de cálcio, magnésio e potássio, tanto no horizonte A quanto no B, sendo este considerado um solo normal para a agricultura.

Podemos encontrar cada um deles presentes em regiões geográficas diversas, submetidos a diferentes climas, os quais podem ser muito secos, secos ou medianamente secos. Assim sendo, o

tipo de procedimento que predomina ao ocorrer na paisagem é motivado pela eficácia de lixiviação dos sais, fator este, diretamente ligado ao clima da região. Dessa forma, nas depressões onde o processo de lavagem do solo é delimitado pelos obstáculos do escoamento da água, ocorre o processo de sodificação. Da mesma maneira, quando as situações de drenagem são favoráveis, ocorre a retirada do sódio da camada superficial do solo, ocorrendo, assim, o processo de solodização (OLIVEIRA, 2011).



Exemplificando

Geralmente os processos de salinização, sodificação e solodização acontecem nas regiões áridas e semiáridas, onde a evapotranspiração apresenta níveis superiores aos da precipitação. Cita-se como exemplo áreas como as de caatinga, localizadas no nordeste do Brasil, onde a evapotranspiração varia entre 1.500 a 2.000 mm, enquanto que a precipitação média anual oscila entre 400 a 1.000 mm. Richards (1954) classifica os solos salinos, sódicos e salino-sódicos de acordo com a Tabela 3.1.

Tabela 3.1 | Características químicas dos solos salinos, sódicos e salino-sódicos

	CE ⁽¹⁾	PST ⁽²⁾	pH
Salinos	> 4	< 15	< 8,4
Sódicos	< 4	> 15	< 8,4
Salinos-sódicos	> 4	> 15	< 8,4

(1): CE, condutividade elétrica no extrato de saturação em $\text{ds} \cdot \text{m}^{-1}$. (2): porcentagem de saturação por sódio na CTC.

Fonte: Richards (1954, p. 73).

O processo específico de **pedoturbação** é a alteração, a movimentação e a perturbação do solo. Nesse processo não há degradação nem remoção de sedimentos e, portanto, nenhuma das duas provoca ganho ou perda de material. No processo de pedoturbação não há ganho nem perda líquida, o que existe é a modificação das camadas, dos horizontes do solo.

Um exemplo evidente de pedoturbação motivada pelo homem é a aração, que consiste na modificação do solo em grande escala, sem que haja perda ou ganho de material. A

pedoturbação também pode ser natural, podendo ocorrer por meio de animais como tatu, minhocas e cupins, que ingerem a matéria orgânica misturada no solo e vão à superfície expelir esse material; tal processo é chamado de biopedoturbação.

Um exemplo de pedoturbação biológica é quando uma árvore de grande porte tomba, criando, assim, uma mini cratera, uma vez que há completa modificação do solo no local de onde ela foi retirada bruscamente. Essa alteração de material pode acontecer também por ação biológica, nesse caso.

Outro tipo de pedoturbação é incentivado pela ação de argilas expansivas como as esmectitas, denominada de **argilopedoturbação** (OLIVEIRA, 2011). Segundo IBGE (2015), uma das características mais marcantes que podem ser observadas nesses solos é a grande capacidade de expansão quando úmido e contração quando seco. Esse fenômeno de contração e expansão dos solos ricos em esmectitas faz com que apareçam rachaduras em seu perfil. Parte do material que está sobre a superfície do solo é colocado em tais rachaduras, gerando uma inversão de horizontes, transcurso que é responsável pela formação dos vertissolos.

A **plintização** é o processo específico do solo em que se dá a formação de plintita. A plintita é uma formação constituída da mistura de argila, pobre em carbono orgânico, e rica em ferro, ou ferro e alumínio, com grãos de quartzo e outros minerais, envolvendo condições de pior drenagem e a remobilização do ferro. Ocorre comumente sob a forma de mosqueados vermelhos, vermelhos escuros e vermelhos-amarelados, com padrões usualmente laminares, poligonais ou reticulados (EMBRAPA, 2014).

Plintitas são nódulos e concreções formados no solo. Quanto à gênese, a plintita se forma em ambiente úmido pela segregação de ferro, importado em mobilização, transporte e concentração final dos compostos de ferro, que pode se processar em qualquer solo onde o teor de ferro for suficiente para permitir sua segregação sob a forma de manchas vermelhas brandas (IBGE, 2015). A plintita não endurece irreversivelmente como resultado de um único ciclo de umedecimento e secagem. No solo úmido, é macia, podendo ser cortada com a pá, conforme Embrapa (2014).

Se estiver bem definido, o horizonte subsuperficial é denominado de horizonte plíntico e o solo se classifica como plintossolo, como pode ser visto na Figura 3.2.

Figura 3.2 | Solos formados a partir do processo específico de plintização



Fonte: Embrapa (2014, p. 113).

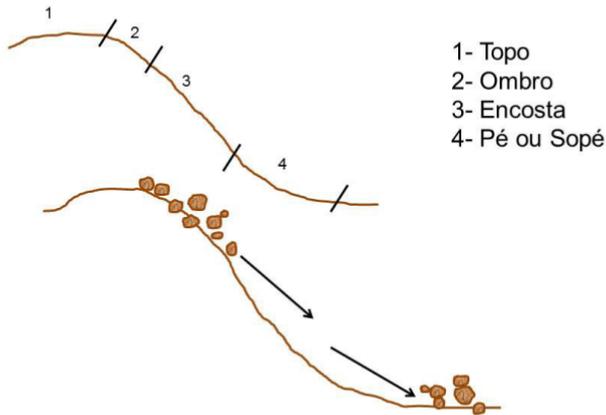
Se o horizonte subsuperficial possuir fração suficiente de alumínio para ser minerado com a finalidade de uso deste, ele também poderá ser denominado de bauxita. Na bauxita a taxa de alumínio tem que ser o mais alto quanto for possível e a de ferro o mais baixo quanto for possível. Isto pode acontecer tanto em uma várzea, no fundo de uma planície de inundação, que é o ambiente mais comum e mais característico, mas pode também acontecer em uma encosta, desde que lá ocorra ferro em abundância e que haja a oxidação deste ferro, a fim de que ele se reprecipite, gerando mosqueados.

Caso essa várzea passe a fazer parte de um platô, esse solo estará sempre bem drenado, o ciclo de umedecimento e

secagem será bloqueado em benefício da secagem, o horizonte superficial, que era gleizado, agora vai se modificar e passar a apresentar coloração amarelada. Já a plintita que está no horizonte subsuperficial vai sofrer o rearranjo estrutural dos óxidos de ferro amorfos em um processo de endurecimento irreversível, e esse material passará a ser intitulado de petroplintita. Quando ele está plintita, ele é coeso, mas é cortável; quando endurece, realmente, fica mais difícil, com ferramentas normais, cortar o material (EMBRAPA, 2014). Normalmente, quanto menos rica for a região em rochas compostas por sílica, mais esse processo de plintização, bauxitização, vai acontecer.

A **coluviação** é o processo de translocação de resíduos por ação da gravidade ou inundação. As colinas são separadas em seções: na divisão mais estável e no alto está o topo, continuamente tem-se o ombro, a encosta e por fim o pé ou sopé, como ilustrado na Figura 3.3.

Figura 3.3 | Constituição do relevo



Fonte: elaborada pelo autor.

Esses compartimentos são em função do declínio topográfico e dos processos que ocorrem nas colinas. O sopé é propenso a ser uma zona de recolhimento de resíduos sedimentares e por muitas vezes uma zona onde facilmente encontra-se um material sedimentar denominado colúvio. A encosta e o ombro são locais de remoção de material, ou seja, geralmente são locais onde os processos erosivos ocorrerão com maior frequência (IBGE, 215).

Colúvio é o material que sofreu erosão nas encostas e é aglomerado no sopé, onde a força da gravidade é fundamental. Esse material só é chamado de colúvio no instante da sedimentação, em que ele se mantém em parado.

Regiões mais aplainadas têm grandes encostas e grandes ombros (IBGE, 2015), locais onde ocorre a maior perda de solo. O topo perde pouco e o sopé recebe mais material do que perde, por ser um ambiente de colúvio. Devido a isso, inevitavelmente, encontram-se solos mais profundos no topo e no sopé e menos profundos no ombro e na encosta. A profundidade dos solos na encosta costuma ser mínima por ser o ponto onde a declividade é maior, seguidamente pelo ombro (OLIVEIRA, 2011).

Já o processo de saída de materiais de um horizonte para outro no perfil do solo é chamado de **eluviação** (EMBRAPA, 2014). A chegada e deposição desses resíduos em um ponto específico ou no horizonte do solo é chamado de **iluviação**, ou seja, esse processo ocorre devido à deposição de material removido de um horizonte imediatamente superior para um inferior, resultando na formação de uma camada compacta de solo. Quando falamos iluviação, dá-se ênfase à chegada e quando falamos eluviação enfatizamos a saída.

Um termo que está associado a esses processos é a **queluviação**, que se caracteriza como o movimento de matéria orgânica na forma de quelados. Para que a matéria orgânica se movimente no solo, suas partículas necessitam estar queladas com alumínio e/ou ferro; nessas condições a matéria orgânica vai queluviar pelo perfil abaixo (OLIVEIRA, 2011).

Segundo SiBCS (EMBRAPA, 2014), a **aluviação** é o processo específico de formação do solo por meio de transporte de resíduos de argila, silte, areia, cascalho e matéria orgânica pelos rios e riachos, e posterior deposição, formando o perfil de solo no dique marginal dos rios e riachos. Ao contrário da coluviação, os sedimentos percorrem grandes distâncias. O material que é perdido das colinas vai, em parte, cair nas planícies de inundação (EMBRAPA, 2014).

O material que compõe a várzea, isto é, a planície de inundação, é, em seu todo, material sedimentar (alúvio). O material transportado e posteriormente depositado pelo rio é chamado de alúvio. Quanto maior é o percurso e quanto mais variados são os terrenos que aquele rio cortou, maior é a chance de se ter um material aluvial

completamente diferente do material circundante, de modo que o alúvio pode não ter nenhuma relação com a rocha que está ao lado (EMBRAPA, 2014).

O Quadro 3.1 apresenta os processos específicos de formação do solo para exemplificar a diferença morfológica que foi descrito nesta seção.

Quadro 3.1 | Principais processos específicos de formação do solo

PROCESSOS	DESCRIÇÃO
Gleização	Redução e perda do Fe em condições anaeróbicas, com a formação de cores acinzentadas no solo. É um processo que atua na formação de muitos solos mal drenados, com excesso de água.
Sulzedização	Solo com acumulação de materiais ricos em sulfetos.
Sulfurização	Oxidação de sulfetos no solo. Gera solo com excessiva acidez.
Calcificação	Acumulação de carbonatos de cálcio em algum horizonte do solo. Ocorre principalmente em alguns solos alcalinos, ricos em matéria orgânica.
Salinização	Acumulação de sais solúveis em algum horizonte do solo. Ocorre principalmente em regiões mais secas ou ambientes de influência marinha, como nos manguezais.
Sodificação	Retirada de sais e acumulação de sódio em algum horizonte do solo. Ocorre principalmente em alguns solos alcalinos.
Solodização	Retirada do excesso de sódio em horizontes superficiais. Ocorre principalmente em solo com pH baixo.
Pedoturbação	Processo de mistura e movimentação do solo. Ocorre alteração das camadas, dos horizontes do solo.
Plintização	Segregação localizada de ferro, que atua como agente cimentante, formando plintita, concreções ferruginosas ou petroplintita contínua.
Colúviação	Processo de transporte de sedimentos por ação da gravidade ou enxurrada em colinas, acumulando colúvios.

PROCESSOS	DESCRIÇÃO
Eluviação	Processo de saída de materiais de um horizonte para outro no perfil do solo.
Iluviação	Processo de chegada e deposição de resíduos em um ponto específico ou horizonte no solo.
Aluviação	Processo de transporte de sedimentos por grandes distâncias, através dos rios e riachos, sendo esses sedimentos depositados sobre o perfil do solo.

Fonte: elaborado pelo autor.



Pesquise mais

Aluno, você viu nessa seção os processos específicos de formação de solo. Viu que esses processos são fundamentais para compreender a gênese e a morfologia de um solo utilizado na agricultura. Além disso, viu que esses processos são fundamentais na formação e diferenciação dos horizontes. Assim, para que você possa entender como esses processos são fundamentais para a formação dos horizontes, sugiro a leitura do Capítulo 1 da obra a seguir, intitulado *Atributos diagnósticos: outros atributos*.

EMPRESA Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa. Atributos diagnósticos: outros atributos. In: _____. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3. ed. Brasília: Embrapa Solos, 2013. p. 28-48. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/solos/sibcs>>. Acesso em: 2 jun. 2018.

Sem medo de errar

Prezado aluno, lembrando a problemática apresentada no início da seção, chegando à área de produção de arroz, você observa que o solo é formado por constituintes de argila, com excesso de ferro e com grãos de quartzo. Sabemos que o ferro é essencial para o solo e para produção agrícola, mas o excesso poderá ocasionar uma desordem no desenvolvimento da cultura e esses efeitos estão associados com os elementos disponíveis no solo.

Dessa forma, alguns questionamentos relacionados à situação devem ser respondidos:

- (i) **Qual é este processo?** Com base na observação das características da área, feita por você, onde o solo é formado por constituintes de argila e apresenta excesso de ferro com grãos de quartzo, pode-se concluir que o processo específico de formação de solo observado é a plintização.
- (ii) **Como ocorre esse processo específico de formação do solo?** O entendimento da formação da plintita é fundamental para a escolha e tomada de decisão para o manejo do solo a ser adotado pelo produtor. Assim, a gênese da plintita ocorre em ambiente úmido, através da segregação de ferro, incorporando em mobilização, transporte e concentração final dos compostos de ferro, que pode se processar em qualquer solo onde o teor de ferro for suficiente para permitir sua segregação, sob a forma de manchas vermelhas brandas. A plintita não endurece irreversivelmente como resultado de um único ciclo de umedecimento e secagem.
- (iii) **Como maximizar a produtividade de acordo com o processo específico de formação do solo?** Para que o produtor Francisco obtenha bons resultados, é necessário que ele controle a concentração dos elementos ferruginosos, já que a quantidade destes pode condicionar a capacidade agrícola do solo devido à gênese de horizontes semipermeáveis que impedem o desenvolvimento das raízes, a circulação de água no perfil do solo e, em determinados casos, empecilhos ao uso da mecanização. Assim, conhecendo o comportamento de disposição, gênese e desenvolvimento desses aspectos, podemos favorecer o manejo adequado dos solos e colaborar para o entendimento da sua gênese.

Determinadas então as soluções para os questionamentos, a primeira etapa do serviço foi resolvida. Nesse momento, você deverá elaborar a primeira etapa do relatório técnico, apontando as técnicas de manejo de solos para auxiliar na melhora da produtividade desta área. Apresente as respostas encontradas durante este estudo. Elas vão subsidiar o diagnóstico direcionado ao produtor agrícola, o que será fundamental para auxiliar na tomada de decisão.

Aptidão de áreas para agricultura

Descrição da situação-problema

Leônidas recebeu como herança do seu avô um imóvel situado na zona rural da sua cidade. Até então seu avô nunca havia utilizado aquele imóvel para desenvolver atividades agrícolas, que é justamente o que Leônidas pretende com aquela área, desde que seja apta para agricultura. Você, enquanto engenheiro agrônomo capacitado para desenvolver estudos de áreas quanto à sua aptidão agrícola, foi procurado por Leônidas para realizar uma série de levantamentos, dentre os quais, análise de solos. Ao receber a análise de solo do laboratório você observou altos índices de acidificação na camada superficial, a presença de poucos minerais, presença de metais pesados e elevados valores de umidade do solo, que pode ser explicado pela presença do lençol freático muito elevado. De posse dessa análise de solos e diante da problemática, alguns questionamentos devem ser respondidos: quais processos específicos de formação do solo estão relacionados com aquele solo? Você recomendaria aquela área para a agricultura? Por quê?

Resolução da situação-problema

Você, enquanto engenheiro agrônomo, deverá recomendar a não utilização da área para agricultura. Com base na descrição das características observadas na área, é possível concluir que o processo específico de formação de solo que está ocorrendo no imóvel de Leônidas é a sulfuração, que ocorre através da oxidação de sulfetos presentes em alguns sedimentos quando drenados. Através da ação forma-se ácido sulfúrico que promove a acidificação do solo e a dissolução de minerais, e isso explica o porquê, no resultado da análise de solo, foram observados altos índices de acidificação na camada superficial e a presença de poucos minerais, o que dificulta ou inviabiliza o desenvolvimento da vegetação.

A acidez é um fator limitante para o desenvolvimento das culturas, necessitando ser corrigida, porém, nesta situação, a correção da acidez pela aplicação de calcário poderia ser

bastante onerosa. Pela presença do lençol freático muito elevado, necessita-se de um manejo da drenagem que poderá ser adequado para controlar a acidificação, impedindo a oxidação dos sulfetos e demandando a implantação de projetos complexos, que requerem investimento elevado.

A presença dos metais pesados nos solos sob condições naturais infere sérias limitações agrícolas, devido à austeridade afetar vários aspectos da utilização das terras, principalmente pelo impacto ambiental de seu uso ou recuperação.

Faça valer a pena

1. Um agricultor que produz milho irrigado observou uma queda de produção nos últimos meses e uma concentração de sais provenientes da água utilizada na irrigação. Ao perceber este fato, realizou uma análise de solo e observou baixa concentração de sais e acúmulo de na camada subsuperficial do solo, além de pH variando entre 8,4 e 8,7.

Assinale a alternativa que corresponde ao processo específico de formação do solo que está ocorrendo na área do produtor.

- a) Sulfetização.
- b) Calcificação.
- c) Salinização.
- d) Sodificação.
- e) Solodização.

2. Os solos agrícolas passam por diferentes transformações que acarretam em sucessivas mudanças morfológicas, alterando consequentemente as suas características químicas e físicas. Dentre essas mudanças destacam-se os processos específicos de formação dos solos.

Com base nisso, analise as descrições de I até V (à esquerda) e os termos de A até E (à direita):

- I- Redução e perda do Fe em condições anaeróbicas, com a formação de cores acinzentadas no solo. É um processo que atua na formação de muitos solos mal drenados, com excesso de água.
- II- Solo com acumulação de materiais ricos em sulfetos.
- A- Gleização.
- B- Sulfetização.
- C- Sulfurização.
- D- Calcificação.
- E- Salinização.

- III- Oxidação de sulfetos no solo. Gera solo com excessiva acidez.
- IV- Acumulação de carbonatos de cálcio em algum horizonte do solo. Ocorre principalmente em alguns solos alcalinos, ricos em matéria orgânica.
- V- Acumulação de sais solúveis em algum horizonte do solo. Ocorre principalmente em regiões mais secas ou ambientes de influência marinha, como nos manguezais.

Assinale a seguir a alternativa que correlaciona corretamente as colunas do texto-base:

- a) I-C; II-B; III-A; IV-D; V-E.
- b) I-A; II-E; III-C; IV-D; V-B.
- c) I-A; II-B; III-D; IV-C; V-E.
- d) I-B; II-A; III-D; IV-C; V-E.
- e) I-A; II-B; III-C; IV-D; V-E.

3. Os processos específicos de formação dos solos são fundamentais nas modificações e alteração da paisagem agrícola à medida que controlam e atuam em conjunto com a ação do intemperismo e os fatores de formação do solo.

Sobre os fatores de formação do solo, julgue os itens a seguir em verdadeiro (V) ou falso (F):

- () O processo de pedoturbação é caracterizado pela mistura e movimentação do solo, ocorrendo a alteração das camadas e dos horizontes do solo.
- () A segregação localizada de ferro, que atua como agente cimentante, formando concreções ferruginosas, caracteriza o processo de plintização.
- () A colúvia caracteriza-se pela saída de materiais de um horizonte para outro no perfil do solo.
- () O processo de transporte de sedimentos por ação da gravidade ou enxurrada em colinas, acumulando sedimentos, é conhecido como eluviação.
- () A iluviação é o processo pelo qual há a chegada e deposição de materiais de um horizonte para outro no perfil em um ponto específico ou horizonte no solo.

() O processo de transporte por grandes distâncias através dos rios e riachos, depositando sedimentos sobre o perfil do solo é conhecido como aluviação.

Agora, assinale a alternativa que corresponde à sequência correta dos itens.

- a) V-F-F-F-V-V.
- b) V-V-F-F-V-V.
- c) V-V-F-F-V-F.
- d) V-V-F-V-F-V.
- e) V-F-F-F-V-F.

Seção 3.2

Propriedades morfológicas do solo

Diálogo aberto

Os atributos físicos do solo são importantes componentes da estrutura do solo, não só no que diz respeito à gênese, mas também para sua classificação e no que se refere à produtividade agrícola.

O entendimento da característica física do solo torna-se, assim, fundamental para o entendimento de sua gênese, de suas propriedades morfológicas e também para o manejo do solo a ser escolhido pelo profissional que trabalha com a agricultura. Além disso, os atributos morfológicos são indicadores da qualidade do solo, sendo importantes para ponderação sobre a sustentabilidade ambiental da atividade realizada. Esta qualidade está relacionada com a capacidade do solo em funcionar de acordo com o seu propósito de uso, produtividade e manutenção da qualidade ambiental, pois, com todos esses fatores em equilíbrio, este solo poderá gerar uma boa produtividade vegetal e animal.

Para entendermos melhor esse tema, vamos dar continuidade ao nosso estudo partindo da seguinte situação: considere agora que a segunda etapa da análise que você vem desenvolvendo será realizada nas duas áreas de plantação de milho do produtor Joaquim, as quais recebem o mesmo tipo de manejo e a mesma fertilização. Porém, mesmo recebendo o mesmo tratamento, uma das áreas apresenta redução na produtividade.

Na área 1 o produtor já planta milho há determinado tempo. Enquanto que a área 2 foi convertida há pouco tempo para área de plantio. Anteriormente ela era uma área de pasto, onde o produtor exercia a atividade de bovinocultura. Joaquim utiliza em ambas o preparo mecanizado do solo.

Ao percorrer a área 2, você observou a existência de extensões com restrição do crescimento das raízes do milho no solo o que leva à má distribuição de nutrientes e águas para as plantas.

Sabemos que a profundidade e a distribuição de raízes podem ser indicativos da compactação do solo, atributo importante para o crescimento das plantas e que pode influenciar alguns fatores determinantes dos processos de absorção de água e nutrientes.

Para entender as variações na produtividade da cultura, são necessários estudos que avaliem as características do solo. Dessa forma, na área 2 o solo possui uma boa estrutura para o adequado desenvolvimento radicular? Quais propriedades morfológicas do solo estão relacionadas aos problemas relatados? Quais alterações nas propriedades físicas do solo podem estar relacionadas com os problemas identificados: má distribuição de nutrientes e águas para as plantas?

Nessa seção, vamos estudar os principais atributos físicos do solo e verificar o que está causando esses problemas. Desta forma ajudaremos o produtor a superar esse desafio!

Vamos lá? Bons estudos!

Não pode faltar

A ciência da morfologia do solo significa o conhecimento e a capacidade de relatos da sua fisionomia através do olhar de aspectos visíveis ou perceptíveis a olho nu do meio ambiente natural. Do ponto de vista prático, podemos observar a morfologia do solo por meio dos sentidos do tato e da visão.

A análise morfológica tem como função avaliar a capacidade de uso do solo, sua habilidade em suportar o desenvolvimento de plantas, o movimento de água e solutos no perfil, a resposta do solo ao manejo e a resistência à degradação pelos processos erosivos.

Todos os aspectos morfológicos perceptíveis no perfil do solo são essenciais para a sua caracterização, juntamente com as análises químicas, físicas e mineralógicas, executadas em laboratório.



Assimile

A estrutura do solo pode ser estudada por meio da avaliação da sua densidade, de sua porosidade, da constância dos agregados e da firmeza na introdução e infiltração da água no solo. A mensuração dessas variáveis

concebe o resultado do manejo do solo adotado, sendo de simples quantificação, apresentando respostas breves e de precisão aceitável. As propriedades físicas do solo são alteradas de acordo com o manejo adotado. Entre elas podemos citar como atributos estáveis: textura do solo, cor, densidade de partículas e mineralogia. Estas são chamadas de características físicas constantes, intrínsecas às propriedades de cada solo e que são utilizadas para classificá-lo pedologicamente (DORAN; PARKIN, 1994). Os atributos físicos alteráveis são os mais empregados como referências de qualidade física dos solos por estarem submetidos às maiores mudanças, que variam de acordo com o tipo de manejo adotado (STEFANOSKI et al., 2013).

A cor do solo é um atributo facilmente observável, determinado e bastante usado para classificar, delinear e caracterizar solos em campo. A análise superficial e visual permitirá um diagnóstico sobre este atributo, devendo ser ponderado que esta propriedade expõe escassa relevância da perspectiva prática. Por exemplo, as culturas, geralmente, não apresentarão sua produtividade alterada unicamente pela cor do solo, apesar de que este fator poderá influenciar em outras propriedades como a temperatura, já que os solos mais negros deverão se esquentar mais ligeiramente, sendo benéfico ao crescimento radicular quando submetidas a climas mais frios.

Ainda que tenha pouca influência no desempenho produtivo do solo, a cor consente a estimativa indireta de características que influenciam na produção, como teor de matéria orgânica e presença de óxidos de ferro, além de expor a atuação conjunta de atributos intrínsecos à pedogênese, obtendo como grande relevância no instante de diferenciação das camadas dentro de um perfil e ajudar na caracterização dos solos.

Quanto maior o teor de matéria orgânica, cada vez mais o solo se tornará escuro, o que pode sugerir adequada fertilidade e altos níveis de atividade microbiana. Contudo, exageradas porções de matéria orgânica podem apontar circunstâncias adversas à sua decomposição, como baixa temperatura, pouca disponibilidade de nutrientes, ausência de oxigênio e outros fatores que inibirão a ação dos microrganismos do solo.

A cor escura tem relação com a camada superficial, a menos que a matéria orgânica tenha sido carregada, sob a sua configuração dispersa e/ou solúvel, para as camadas subsuperficiais. Camadas subsuperficiais mais escurecidas podem refletir a presença de óxidos de manganês através de revestimentos ou formação de nódulos.

As divergências entre as tonalidades dos solos, de cores amareladas a mais avermelhadas, estão geralmente relacionadas às distintas variedades de óxidos de ferro que se encontram presentes nos solos. Solos de cor avermelhada tendem a indicar grandes quantidades de óxidos de Ferro, como hematita, e apontam circunstâncias de boa infiltração de água e de boa aeração. As cores amarelas estão relacionadas com a presença de goethita e também podem sugerir que o solo possui boa infiltração, porém com um regime mais úmido.

Solos bem drenados são caracterizados como aqueles em que a água não tem impeditivos para se infiltrar e percolar. Contudo, os solos com baixa capacidade de drenagem e que acumulam água em uma ou mais camadas do perfil do solo poderão apresentar coloração cinza. Esta coloração significa que o ferro foi lixiviado até atingir o lençol freático e, devido às condições anaeróbicas, a cor pode alterar-se para avermelhada ou amarelada, característica dos solos bem drenados, ou pode passar a apresentar cores azuladas ou esverdeadas, devido aos compostos de ferro e sulfeto.

Solos com grandes quantidades de quartzo na fração mineral, que é característica típica de grande parte dos solos arenosos, são geralmente claros, a menos que haja elevada quantidade de matéria orgânica. Além de quartzo, as cores claras ou esbranquiçadas geralmente estão relacionadas com a presença de minerais claros como caulinitas, carbonato de cálcio, calcedônia e outros, entretanto, podem denotar a ausência de elementos que inferem cor aos solos (IBGE, 2015).



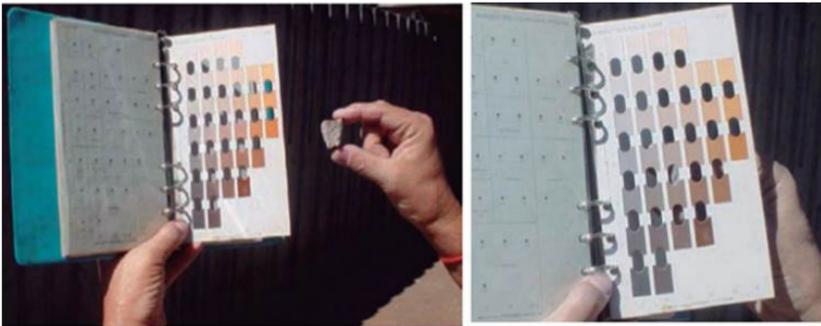
Refleta

As cores dos solos demonstram grandes ligações com os minerais, assim como com as rochas que lhes deram origem. Sabe-se que a formação dos solos está relacionada, de forma simultânea, com a interação dos fatores que formam o solo e com as rochas que lhes deram origem.

Dessa forma, como os fatores de formação do solo poderão influenciar em sua cor? Esses fatores poderão alterar a cor do mineral da rocha e, conseqüentemente, a cor do solo que será originado?

Para a deliberação das cores na análise de campo, a metodologia mais utilizada pelos técnicos especialistas em pedologia é o comparativo entre uma amostra de solo com uma carta que apresenta referências padronizadas, conhecida como carta de cores de Munsell (Figura 3.4).

Figura 3.4 | Carta de cor Munsell



Fonte: IBGE (2015, p. 46).

Neste padrão, as cores são descritas com base na tonalidade, no valor e no croma. A tonalidade é a cor espectro da luz relacionado com o comprimento da onda de luz; o valor refere-se à luminosidade relativa, à coloração; já o croma é a ausência de elementos que alterem a sua composição quando relacionado ao cinza, de modo que, à medida que minimiza a tonalidade de cinza, a cor torna-se mais pura.

A quebra de uma amostra de solo seco na palma da mão poderá demonstrar que ele é formado por frações sólidas de tamanhos distintos. A dimensão das partículas individuais do solo é classificada conforme o diâmetro, ou seja, a partir de um estudo granulométrico, do qual serão obtidos os componentes da granulometria do solo. Esta análise é realizada por laboratórios de solos através do emprego de metodologias embasadas nas distintas formas de sedimentação das frações em que diferentes tamanhos, em diversas velocidades,

se dispersam em líquidos. Este método, associado ao uso de peneiras com aberturas de diferentes diâmetros, é capaz de estimar a sedimentação das frações do solo.

Quando analisada em campo, a textura poderá ser definida por meio da sensibilidade ao tato, ao se utilizar uma porção de solo umedecida e moldada entre os dedos polegar e indicador. Esta metodologia é baseada nas distintas percepções que as variadas frações granulométricas, como areia, silte e argila, inferem ao entrar em contato com a sensibilidade do tato de quem as manuseia, conforme descrição exposta na Tabela 3.2.

Tabela 3.2 | Descrição da textura das frações granulométricas e a sensação ao tato

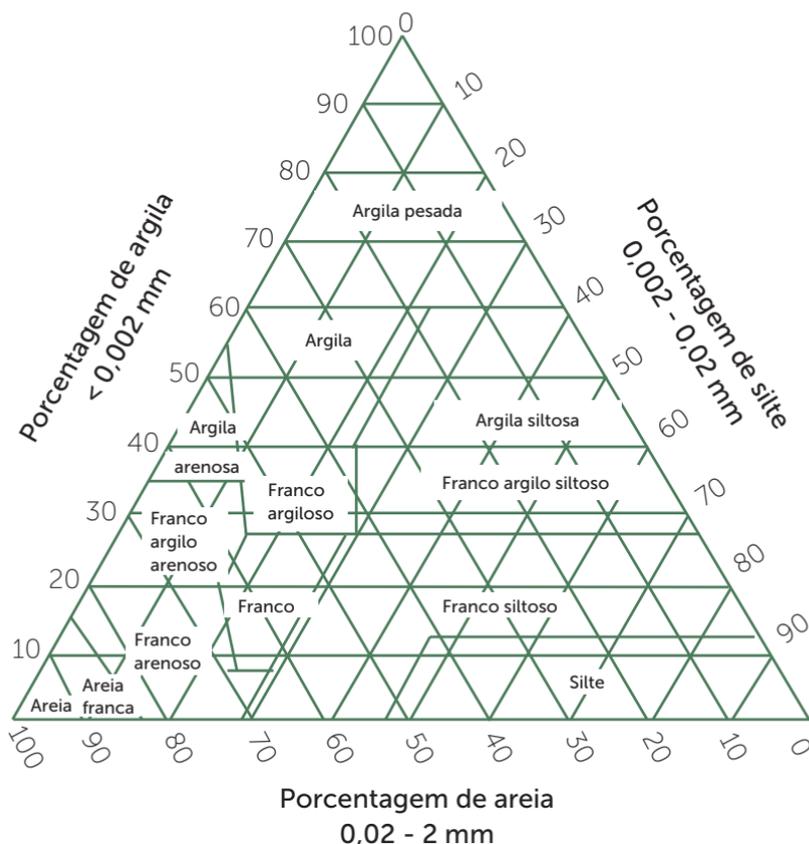
Fração Granulométrica	Diâmetro de partícula (mm)	Sensação ao tato
Areia	2,0 – 0,05	Sensação de aspereza. Não plástica e não pegajosa, quando molhada. Grãos simples, quando seca.
Silte	0,05 – 0,002	Sensação de sedosidade. Ligeiramente plástica e não pegajosa quando molhada.
Argila	<0,002	Sensação de sedosidade. Plástica e pegajosa, quando molhada.

Fonte: IBGE, (2015, p. 50).

É importante ponderar que a sensibilidade ao tato pode ser afetada pela existência de elevadas quantidades de matéria orgânica, ou devido à presença de argilominerais, que fazem parte da etapa dos coloides do solo, complicando a definição mais precisa da textura pelo tato. Desta forma, a matéria orgânica altera a sensação ao tato à medida que acarreta aos solos argilosos menor plasticidade enquanto que a presença de matéria orgânica nos solos arenosos torna-os mais plásticos e pegajosos.

Outro fator que pode alterar a sensação ao tato é a presença de óxidos em grande quantidade, causando menor plasticidade ao solo. Solos compostos por micas tornam-se mais macios. Geralmente o solo é formado pelo composto de frações granulométricas. A taxa de ocorrência de cada fração no composto estabelece a classe textural, a qual é definida através do triângulo de classe textural (Figura 3.5).

Figura 3.5 | Triângulo textural



Fonte: IBGE (2015, p. 51).



Vocabulário

Arenosa: são definidas como classes texturais areia e areia-franca. Solos com menos de $150 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ de argila.

Argilosa: são definidas como classes texturais, ou parte delas, que têm na estruturação granulométrica de 350 a $600 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ de argila.

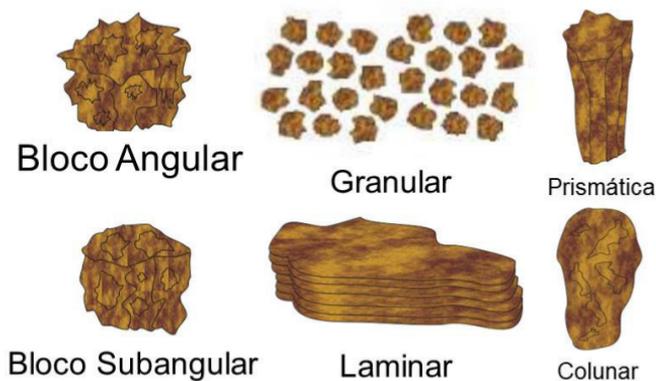
Média: são definidas como classes texturais, ou parte delas, que têm na estruturação granulométrica menos de $350 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ de argila e mais de $150 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ de areia, descartando as classes texturais areia e areia-franca.

Muito argilosa: compreende a classe textural muito argilosa com mais de $600 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ de argila.

Siltosa: são definidas como parte de classes texturais que tenham silte maior que $650 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, areia menor que $150 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ e argila menor que $350 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ (IBGE, 2015).

Em circunstâncias naturais, os fragmentos sólidos, como a areia, silte, argila e matéria orgânica, estão ligados entre si, formando os agregados. As ações que pretendem conservar estes fragmentos interligados dentro de um mesmo agregado possuem mais forças do que as de ligação entre agregados próximos, determinando, assim, planos de fraqueza no qual os agregados podem ser dispersos. A junção dos agregados constitui a estrutura do solo (Figura 3.6), cuja identificação (Quadro 3.2) é importante porque informa se aquele solo possui resistência à compactação, à suscetibilidade a erosão, à porosidade, à drenagem do solo, à permeabilidade, ao crescimento das raízes no solo, entre outros.

Figura 3.6 | Exemplos de tipos de estrutura



Fonte: Capeche (2008, p. 2-3).



Exemplificando

Muller et al. (2002), estudando as características físicas de um latossolo vermelho-amarelo, submetido à pecuária, observaram que a deterioração da pastagem atenuou a cobertura do solo, deixando-o mais suscetível ao impacto das gotas de chuva e ao pisoteio do gado, o que resultou em maior densidade na camada

superficial e menor porosidade total, diminuindo, assim, o número de raízes no perfil do solo e aumentando a concentração do sistema radicular próximo à superfície, tornando as gramíneas mais suscetíveis a déficits hídricos e com capacidade limitada para absorção nutrientes nas camadas subsuperficiais.

Quadro 3.2 | Descrição dos tipos de agregados

Tipo de estrutura	Descrição do agregado natural
Prismática	Agregados apresentam forma de prisma com faces planas, arestas vivas e o eixo vertical maior.
Colunar	Agregados apresentam forma de prisma com faces e vértices superiores arredondados.
Blocos angulares	Agregados apresentam forma de cubos ajustados entre si por faces planas e arestas vivas. As três dimensões do agregado são semelhantes.
Blocos subangulares	Agregados semelhantes aos blocos angulares, apresentando faces convexas ou côncavas, com vértices e arestas arredondados.
Laminar	Agregados em forma de lâminas nas quais a linha horizontal é maior que a vertical.
Granular	Agregados pequenos, arredondados e pouco porosos que não se ajustam entre si.

Fonte: IBGE (2015, p. 55-60).

Um agregado de solo argiloso, quando se encontra em estado seco, manifesta relutância à desagregação ao ser pressionado entre as mãos. Essa relutância pretende minimizar na proporção que o agregado se torna úmido. Se a umidificação é realizada até o encharcamento, ao invés de desagregar-se, o agregado torna-se moldável, com predisposição a aderir aos dedos.

A relutância do solo à fragmentação e à moldagem, bem como sua predisposição a aderir a outros objetos, determinam a consistência do solo.

Compreende-se por consistência a importância com que as forças de coesão e de adesão agem sobre os componentes do solo, em ajustes com seus inúmeros estados de umidade. A força de coesão refere-se à atração da água por partículas sólidas, como

a atração de fragmentos de argila. Quando falamos em força de adesão, estamos nos referindo à atração das moléculas de água pela superfície das partículas sólidas. Ambas as ações oscilam com a quantidade de água do solo. A demonstração e a intensidade destas forças definem as diversas formas de consistência, nas quais o grau de intensidade é retratado quando o solo está seco, úmido e molhado.

De acordo os conceitos de solo seco, úmido e molhado, estabelecidos por Lemos e Santos (1996), podemos descrever o solo seco como sendo determinado pela dureza, avaliada pela resistência do torrão seco à ruptura ou fragmentação quando prensado. Em um solo extremamente duro, é dificultada a penetração das raízes das plantas, o preparo do solo para o cultivo pelo produtor rural, a escavação de poços ou fundações de casas. No solo úmido é avaliada a friabilidade, a qual é realizada quando o solo está úmido e consiste em prensar um torrão, fragmentando-o e posteriormente tentando reconstruí-lo por nova compressão. Empiricamente, os produtores rurais normalmente preferem preparar o solo neste estado de consistência, pois oferece menor resistência, tendo em vista que as forças de coesão e adesão são menores. No solo molhado é avaliada a plasticidade e a pegajosidade, e nesta avaliação a plasticidade está relacionada com a mobilidade do solo, a qual é feita pela formação de um fino cilindro de solo e posterior tentativa de formar um círculo com este cilindro, enquanto a pegajosidade é considerada através da sensação de aderência que o solo produz entre os dedos.

A consistência do solo é acometida pelo tipo de argilominerais, textura, matéria orgânica e umidade existentes, dando a ideia de dureza no solo, quando seco, e de plasticidade e pegajosidade quando molhando, sendo também um importante indicativo do melhor estágio para a mecanização do solo.

A cerosidade corresponde ao material inorgânico iluviado, de textura fina e de natureza coloidal que é depositado, envolvendo as superfícies dos elementos estruturais, constituído por minerais de argila ou óxido de ferro ou talvez alumínio, que transfere um aspecto lustroso para o solo.

Além disso, a cerosidade é classificada, em grau de desenvolvimento, como fraca, moderada e forte, de acordo com

a maior ou menor nitidez e contraste. Convém evidenciar que, no que diz respeito à quantidade, é possível utilizar os termos pouco, comum e abundante. Sua presença nos agregados do horizonte B atesta a eluviação de argila de horizontes superficiais e iluviação em horizontes subsuperficiais. Ou seja, a cerosidade, quando presente em um solo, pode apontar, junto a outros atributos, a riqueza relativa de um solo em nutrientes.

A cimentação é uma forma de agregação das partículas do solo por agentes cimentantes como o carbonato de cálcio, a sílica e os óxidos de ferro e de alumínio. Confere ao solo uma constituição dura e quebradiça. Segundo Silva e Mielniczuk (1997), ao contrário da consistência dada pelos argilominerais, a cimentação é pouco afetada pelo umedecimento, exceto quando os aglomerados são submersos em água por longos períodos de tempo, quando amolecem; mas podem endurecer outra vez quando postas a secar. Como ilustrado na Figura 3.7, as concreções de óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio, ao serem desidratadas, endurecem irreversivelmente.

Figura 3.7 | Óxidos de ferro desidratado formando concreções



Fonte: IBGE (2015, p. 69).

Nódulos ou concreções são elementos granulares com dureza e formação química distinta, que percorrem diferentes solos, geralmente constituídos pela precipitação ou cristalização de

algum componente químico. As concreções apresentam estrutura interna concêntrica devido ao crescimento por deposição de películas sucessivas ao redor de um ponto, plano ou linha, ao passo que os nódulos possuem formas irregulares e desorganizadas. Toda concreção é um nódulo, porém, nem todo nódulo é uma concreção. Ou seja, a concreção necessita ser concêntrica e um nódulo pode não ser concêntrico (PAIVA, 2018).

A definição dos nódulos faz referência ao conhecimento sobre a quantidade, tamanho, dureza, forma, cor e natureza dos nódulos.

A quantidade pode ser considerada: pouquíssima (< 5% do volume), pouca (5-15% do volume), frequente (15-40% do volume), muito frequente (40-80% do volume e dominante 80% do volume). O tamanho é considerado pequeno devido à maior dimensão 1 cm e grande sendo a maior dimensão 1 cm \geq (IBGE, 2015). Em relação à dureza dos nódulos, se for quebrado entre o polegar e o indicador, é considerado macio, e duro se não for quebrado entre os dedos. A sua forma pode ser esférica, irregular ou angular. A natureza define a cor do material, por isso deve ser mencionada a natureza presumida do material, de qual o nódulo ou concreção é formado, como por exemplo, concreções ferromagnesianas; concreções carbonáticas, petroplintita, quando proveniente do endurecimento de plintita (IBGE, 2015).

Os carbonatos são sais inorgânicos cuja principal característica é a insolubilidade em água. É o principal componente de rochas, como os calcários e tem características alcalinas. Ou seja, o carbonato se trata de um sal com características básicas, que eleva o pH de uma solução aquosa e é resultado da reação do óxido de cálcio com o dióxido de carbono. Quando em solução aquosa, sofre uma hidrólise salina, produzindo base forte. Na agricultura, esta característica básica é utilizada para reduzir a acidez dos solos.

A confirmação no campo é realizada adicionando algumas gotas de ácido clorídrico 10%. Quando ocorre uma efervescência rápida com bolhas visíveis, é considerada uma ligeira presença de carbonatos. Quando a efervescência visível com bolhas formando espumas, é considerada uma forte presença de carbonatos. Quando a efervescência apresenta-se forte em formato de espuma e grãos de carbonato de cálcio na amostra, esta é considerada uma concentração de carbonatos.

O manganês é um micronutriente catiônico e a sua existência no solo dá origem aos sulfetos, carbonatos, óxidos e sulfetos, atuando diretamente no desenvolvimento das raízes. A disposição de componentes existentes no solo de manganês é resposta da associação entre pH, as circunstâncias de oxirredução, quantidade de matéria orgânica e do equilíbrio com outros elementos, como o ferro e cálcio. Lembrando que valores baixos de pH beneficiam a diminuição, na mesma medida que valores altos beneficiam a oxidação.

A comprovação de manganês no campo é feita adicionando-se algumas gotas de peróxido de hidrogênio (20 volumes). Quando a efervescência é fraca e somente ouvida, é considerada uma ligeira presença de manganês. Quando a efervescência é visível e sem ruptura do agregado, é considerada uma forte presença de manganês. Quando a efervescência é forte e pode haver ruptura do agregado do solo é considerada uma violenta presença de manganês.

O sulfeto é denominado através da função inorgânica que indica substâncias binárias, geradas por dois elementos químicos, sendo o elemento mais eletronegativo, o enxofre. Na forma de sulfetos, o enxofre é encontrado através da matéria orgânica na qual representa mais de 90% do total na maioria dos solos (IBGE, 2015). A presença de sulfetos no solo ocorre geralmente em áreas de drenagem deficiente, como manguezais e pântanos, nos quais a presença de eflorescência de cor amarela é um bom indicativo.

Segundo Fredlund & Rahardjo (1993), a coesão pode ser definida, de uma forma genérica, como a resistência ao cisalhamento de um solo, como as argilas, quando não há nenhuma pressão externa sobre ele. Esta resistência pode ter se originado em função da presença de um cimento natural que promove um processo de aglutinação dos grãos, por meio de ligações exercidas pelo potencial atrativo de natureza molecular ou coloidal e pelo efeito da pressão capilar na água do solo. Já para os solos granulares ou não coesivos, como as areias, a maior parcela é o ângulo de atrito. De forma geral, os solos são compostos por vários tamanhos de grãos e, portanto, vão apresentar tanto a coesão como o ângulo de atrito. No laboratório estes dois valores podem ser obtidos por meio de dois ensaios de cisalhamento, o direto ou o de compressão, exercidos em três dimensões.



Você viu durante a seção que os atributos físicos do solo são alterados de acordo com o manejo do solo utilizado, podendo ser impactado positivamente ou negativamente quando utilizado de acordo ou não com o tipo de solo e com a cultura a ser cultivada. Assim, recomendo a leitura do artigo a seguir:

PEREIRA, A. A.; THOMAZ, E. L.; FACHIN, P. A. Atributos físicos do solo em áreas cultivadas com feijão preto (*Phaseolus vulgaris* L.) sob diferentes sistemas de manejo. **Geoambiente On-Line**, Jataí, n. 28, p. 65-79, 2017. Disponível em: <<https://bit.ly/2vGjqQs>>. Acesso em: 31 maio 2018.

Sem medo de errar

Relembrando a problemática apresentada, o produtor Joaquim possui duas áreas de plantação de milho, das quais uma apresenta redução na produtividade. Na área 1 já se planta milho há um determinado tempo. Enquanto que a área 2 foi convertida há pouco tempo em área de plantio, servindo anteriormente como pasto, onde se praticava bovinocultura. Nesta área ainda há restrição do crescimento das raízes no solo e, conseqüentemente, má distribuição de nutrientes e águas para as plantas. Em ambas as áreas o produtor utiliza preparo mecanizado.

Na área 2 o solo possui uma boa estrutura para o adequado desenvolvimento radicular? Não, pois o intenso tráfego de máquinas para o preparo do solo, aliado ao constante pisoteio do gado, já que esta área era uma pastagem anteriormente, alteraram a estrutura física do solo. O entendimento dessa alteração é um dos fatores primordiais para que o produtor possa realizar o manejo correto da área e possa conseguir estabelecer ótimos níveis produtivos para o seu plantio.

Conforme o observado, bem como o que foi relatado pelo produtor, pode-se concluir que a restrição radicular deva estar relacionada à deficiência nutricional do solo. No entanto é possível pensar que esta deficiência não tenha relação com as doses de

nutrientes aplicadas pelo produtor, já que na área 1 a planta se desenvolve de maneira satisfatória. A restrição mencionada é, então, ocasionada pelas alterações físicas do solo, que estão acarretando problemas para a distribuição de água e fertilizantes para a cultura. Assim, é possível afirmar que a alteração na estrutura do solo tornou as gramíneas mais suscetíveis a déficits hídricos e com capacidade limitada para absorção de nutrientes nas camadas subsuperficiais.

Quais propriedades morfológicas do solo estão relacionadas aos problemas relatados? Com base na observação de campo e na análise da problemática, é possível concluir que a estrutura do solo apresentou alterações em sua densidade, na porosidade, na estabilidade de agregados, de resistência à penetração e de infiltração da água no solo. Além disso, propriedades físicas do solo como densidade, resistência à penetração, permeabilidade, aeração, agregação, porosidade, umidade do solo, textura do solo e densidade de partículas foram alteradas de acordo com o manejo adotado pelo produtor.

Quais alterações nas propriedades físicas do solo podem estar relacionadas aos problemas identificados: má distribuição de nutrientes e águas para as plantas? As alterações nas propriedades morfológicas do solo modificaram a sua estrutura e, conseqüentemente, houve mudança em sua resistência à compactação, já que houve restrição do crescimento das raízes; a porosidade do solo é alterada também pela compactação que provoca o rearranjo das frações texturais do solo (argila, silte e areia), diminuindo, assim, os espaços porosos do solo.

Outra consequência da compactação do solo é a diminuição das taxas de infiltração de água, modificando, conseqüentemente, a permeabilidade do solo, o que explica o problema da má distribuição de nutrientes e águas para as plantas, fator primordial para a diminuição do desenvolvimento das plantas de milho na área do produtor, e, conseqüentemente, o crescimento das raízes no solo.

Nesse momento você deverá elaborar a segunda etapa do relatório técnico apontando as técnicas de manejo de solos para auxiliar na melhora da produtividade desta área. Apresente também as respostas encontradas durante a análise das propriedades

morfológicas. Elas vão subsidiar o diagnóstico direcionado ao produtor agrícola, auxiliando nas tomadas de decisão.

Avançando na prática

Presença de nódulos e concreções minerais

Descrição da situação-problema

O quadrilátero ferrífero é, historicamente, uma importante região de extração de minérios do Brasil. Algumas áreas tiveram suas atividades encerradas na década de 1970 e passaram pelo processo de recuperação de áreas degradadas. Passados 30 anos, essas áreas podem ser reaproveitadas para novos usos.

Um produtor agrícola da região pretende adquirir terras para desenvolver atividade pecuária com pastagem irrigada e você foi contratado para fazer uma avaliação dessas áreas a fim de recomendá-las, ou não, ao uso para a atividade planejada. Uma série de estudos preliminares está sendo realizada através da coleta de solo para análise e teste de infiltração com a finalidade de saber se o solo se adapta para a irrigação. Na análise físico-química do solo algumas situações lhe chamaram atenção: o solo possui menos que 150 g de argila e alta quantidade de ferro e manganês nas camadas subsuperficiais. Durante o teste de campo você percebeu que a água infiltra rapidamente nas camadas superficiais, porém a taxa de infiltração na camada subsuperficial é praticamente nula. Ao coletar solos dessa camada subsuperficial você pôde constatar a presença de formações endurecidas com camadas concêntricas, facilmente perceptíveis. Essas formações ocupam mais que 40% do volume de solo, são maiores que 1 cm de diâmetro e não podem ser quebrados entre os dedos.

Com base nas descrições observadas em laboratório e em campo, por que a água, de início, infiltra rapidamente, mas na camada subsuperficial sua infiltração é praticamente nula? Qual a característica da camada subsuperficial que está inferindo esta característica ao solo? O solo se adaptará à atividade proposta pelo produtor?

Resolução da situação-problema

Baseado nas informações levantadas pelo técnico, a relação entre o resultado da análise de solo e o teste de campo mostra que o solo possui menos que $150 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ de argila e a água infiltra rapidamente nas camadas superficiais, logo é possível concluir que a camada superficial do solo da área possui textura arenosa, conforme classificação das frações granulométricas (IBGE, 2015).

Assim, o arranjo estrutural granular, responsável por formar o arranjo dos macroporos, possibilita a alta taxa de infiltração nesta camada. Com relação à camada subsuperficial, é possível observar a presença da formação de concreções, explicadas pelas formações endurecidas com camadas concêntricas, facilmente perceptíveis. E através da análise de solos, que demonstrou altos teores de ferro e de manganês no solo, pode-se concluir que essas concreções são ferromagnesianas. Além disso, as análises de campo mostram que essas concreções podem ser classificadas como: dominantes, pois ocupam mais de 40% do volume de solo; grandes, pois são maiores que 1 cm de diâmetro; e duras, já que não podem ser quebradas entre os dedos. A presença dessas concreções explica, então, a taxa de infiltração praticamente nula na camada subsuperficial.

A análise minuciosa dessas informações possibilita a conclusão de que a atividade pecuária, nessa área, poderá trazer alguns prejuízos à estrutura do solo, como: maior densidade na superfície e menor número de poros, acarretando menor distribuição das raízes no perfil do solo e maior concentração do sistema radicular próximo à superfície do solo, de modo que as gramíneas utilizadas estarão mais suscetíveis a déficits hídricos e com baixa capacidade de absorção dos adubos.

Faça valer a pena

1. Um laboratório de análises físicas do solo recebeu as seguintes amostras:
Amostra 1: apresentou sensação de sedosidade, plástica e pegajosa quando molhada, e diâmetro de partícula $<0,002 \text{ mm}$.
Amostra 2: apresentou sensação de aspereza, não plástica e não pegajosa quando molhada, com grãos simples quando seca e diâmetro de partícula $2,0 - 0,05 \text{ mm}$.

Amostra 3: apresentou sensação de sedosidade, ligeiramente plástica e não pegajosa quando molhada, com diâmetro de partícula 0,05 – 0,002 mm.

Assinale a alternativa a seguir que corresponde às texturas dos solos das três amostras, respectivamente.

- a) Arenoso, argiloso e siltoso. d) Argiloso, arenoso e siltoso.
b) Argiloso, siltoso e arenoso e) Siltoso, argiloso e arenoso.
c) Arenoso, siltoso e argiloso.

2. A estrutura do solo é um importante indicador da qualidade física. Conhecer a estrutura do agregado pode representar uma boa forma de manejo para evitar a degradação do solo.

A seguir, estão apresentados os tipos de classificação e suas respectivas características:

2,0 – 0,05 mm.

- | | |
|--|------------------------|
| I. Agregados apresentam forma de cubos ajustados entre si por faces planas e arestas vivas. As três dimensões do agregado são semelhantes. | A. Granular |
| II. Agregados em forma de lâminas nas quais a linha horizontal é maior que a vertical. | B. Colunar |
| III. Agregados apresentam forma de prisma, com faces e vértices superiores arredondados. | C. Blocos angulares |
| IV. Agregados pequenos, arredondados e pouco porosos que não se ajustam entre si. | D. Laminar |
| V. Agregados apresentam forma de prisma com faces planas, arestas vivas e o eixo vertical maior. | E. Prismática |
| VI. Agregados semelhantes aos blocos angulares, apresentando faces convexas ou côncavas, com vértices e arestas arredondados. | F. Blocos subangulares |

Assinale abaixo a alternativa que relaciona corretamente as descrições e termos anteriores:

- a) I-C; II-D; III-B; IV-A; V-E; VI-F. d) I-C; II-D; III-B; IV-E; V-F; VI-E.
b) I-D; II-C; III-B; IV-A; V-E; VI-F. e) I-C; II-D; III-A; IV-B; V-E; VI-F.
c) I-F; II-D; III-B; IV-A; V-E; VI-C.

3. Conhecer a morfologia do solo ajuda o técnico a avaliar a capacidade de uso da terra, a possibilidade do solo em se adaptar ao desenvolvimento das plantas, a infiltração, bem como o movimento de água e solutos no perfil do solo, a resposta do solo ao manejo aplicado, bem como a sua resistência à degradação pelos processos erosivos.

Com base nisso, analise as assertivas a seguir:

() Todas as características morfológicas observadas em campo, no perfil do solo, são de fundamental importância para a caracterização do solo, juntamente com as análises químicas, físicas, e mineralógicas executadas em laboratório.

() A cor do solo não é uma propriedade naturalmente perceptível e de fácil determinação, portanto não é usada para identificar, delinear e caracterizar solos em campo.

() A matéria orgânica altera a sensação ao tato à medida que acarreta aos solos menor plasticidade, enquanto que a presença de matéria orgânica nos solos arenosos torna-os menos plásticos e menos pegajosos.

() No solo seco é avaliada a dureza, estimada pela resistência do torrão seco à ruptura ou fragmentação, quando comprimido. Em um solo extremamente duro, é difícil a penetração das raízes das plantas, o preparo do solo para o cultivo pelo produtor rural, a escavação de poços ou fundações de casas.

() A cimentação é uma forma de agregação das partículas do solo por agentes cimentantes como o carbonato de sílica, cálcio, óxidos de manganês e de alumínio. Confere ao solo uma constituição dura e quebradiça.

() Nódulos ou concreções são elementos granulares com dureza e formação química distintas que percorrem diferentes solos, geralmente constituídos pela precipitação ou cristalização de algum componente químico.

Julgue os itens, assinalando V para as assertivas que julgar verdadeiras e F para as falsas e assinale a alternativa que corresponde à sequência correta dos itens.

- a) V-F-F-V-V-F, respectivamente.
- b) V-V-F-V-F-V, respectivamente.
- c) V-F-F-F-F-V, respectivamente.
- d) V-V-F-V-F-V, respectivamente.
- e) V-F-F-V-F-V, respectivamente.

Seção 3.3

Propriedades químicas dos solos

Diálogo aberto

Os solos agrícolas estão, invariavelmente, em constante atividade química, de maneira que diversas reações químicas acontecem concomitantemente dentro das diversas fases de um solo agricultável. Essas reações podem ser sólidas, líquidas ou gasosas e podem ocorrer entre elas ou com o ambiente. Por causa da sua alta reatividade, grande parte das reações químicas acontecem nas frações menores do solo, conhecidas como colóide.

A fração coloidal do solo pode ser facilmente alterada e sofre muita influência dos fatores internos e externos ao solo, além de ser altamente influenciada pelo material de origem e pelos processos de formação do solo.

Para entendermos melhor esses aspectos, daremos continuidade ao nosso estudo, partindo da seguinte situação: a sua terceira consultoria com a finalidade de elaborar uma técnica de manejo eficiente, será com o produtor Daniel, que possui um terreno agrícola com uma criação de gado e procurou a empresa em que você trabalha para solucionar alguns problemas na sua área. Durante a visita foram identificadas duas complicações: redução da profundidade das raízes e o surgimento de características que revelam toxidez e deficiência nutricional.

Ao averiguar o resultado de uma análise do solo que você solicitou, observou alguns aspectos importantes, tais como: aumento da disponibilidade de ferro e manganês no complexo de troca do solo, níveis elevados de condutividade elétrica (CE), presença do elemento fósforo com elevados teores e grande disponibilidade para as culturas, baixos teores de nitrogênio, aumento do pH e baixos teores de cobre e zinco.

Para resolver os problemas, precisamos identificar como ocorrem as modificações químicas em solos alagados e como se dão as relações com a presença de toxidez, deficiência nutricional e profundidade das raízes. Dessa forma, surgem os seguintes

questionamentos: quais modificações no solo causam o aumento da disponibilidade de ferro e manganês no complexo de troca do solo? Quais as causas dos níveis elevados de condutividade elétrica (CE) do solo? Como pode ser explicada a disponibilidade e a indisponibilidade de alguns elementos químicos no solo? A que se deve o aumento do pH do solo?

Nesta seção vamos estudar detalhadamente as propriedades químicas do solo e suas relações com a pedogênese a fim de ajudar o produtor a solucionar seus problemas e de determinar suas respectivas soluções. Dessa maneira será possível analisar os impactos dos processos específicos de formação do solo, assim como as suas propriedades morfológicas e químicas.

Vamos lá? Bons estudos!

Não pode faltar

As propriedades químicas do solo são compostas, principalmente, pelas argilas do solo e pela fração mais reativa da matéria orgânica, que são os ácidos húmicos e fúlvicos (PICCOLO, 2001).

A fração coloidal do solo apresenta-se heterogênea, uma vez que é constituída de diferentes tipos de minerais e materiais orgânicos, e encontra-se em meio a partículas maiores, como silte e areia, porém sem deixar de expressar suas propriedades químicas (FLAIG, 1975).

Entender a formação das cargas elétricas da fração coloidal do solo é fundamental para que possamos compreender os diferentes fatores físico-químicos que acontecem nos solos agrícolas, pois grande parte das reações eletroquímicas interfere diretamente na produtividade do plantio e, conseqüentemente, na fertilidade dos solos e na nutrição das plantas. Ao analisar esses fatores, é fundamental entender, também, que eles interveem diretamente na tomada de decisão do manejo e na forma de conservação que deverão ser adotados na camada superficial das partículas que compõem o solo. Isso ocorre porque as cargas elétricas são as responsáveis pela retenção dos nutrientes essenciais ao solo por meio das reações químicas que ocorrem entre os elementos que compõem os fertilizantes e a fração coloidal que contém as cargas elétricas. Se isso não ocorresse, os nutrientes seriam transportados pela água que

infiltra no solo durante as chuvas, processo conhecido como lixiviação (LUCHESE, 2002).

Segundo Dixon e Weed (1989), as cargas elétricas dos solos têm sua origem na formação e composição do mineral que constitui o solo por meio das substituições isomórficas, além das cargas dependentes do pH que resultam, principalmente, dos minerais do tipo 1:1 e da matéria orgânica do solo.

Através das cargas elétricas do solo existentes, em sua grande maioria, na matéria orgânica e na fração argilomineral, o solo tem papel fundamental na produção agrícola à medida que é nele onde as plantas têm um estoque de nutrientes, os quais vão, paulatinamente, sendo liberados para a fração do solo ou complexo de troca, ficando disponíveis para a absorção das plantas. Dessa forma, o solo obtém a capacidade de reter cátions e ânions, possuindo, entretanto, maior capacidade de reter cátions (NUNES; REZENDE, 2015).

Os cátions passam para a solução do solo e são absorvidos pelas plantas, sendo a fertilidade química do solo determinada a partir da Capacidade de Troca Cátions (CTC), que é quem proporciona a retenção dos íons. Assim, a CTC de um solo agrícola representa a graduação da capacidade de liberação de vários nutrientes, favorecendo a manutenção da fertilidade por um prolongado período e reduzindo ou evitando a ocorrência de efeitos tóxicos da aplicação de fertilizantes (LUCHESE et. al., 2002).

As estruturas dos minerais do solo são imperfeitas e nelas ocorrem falhas, distorções e substituições de átomos dentro da rede cristalina. Essas imperfeições internas da estrutura cristalina geralmente resultam em desequilíbrios elétricos dos minerais, os quais são uma das causas da formação das cargas elétricas do solo e que fazem com que apresentem, permanentemente, cargas cuja manifestação ocorrerá na superfície dos minerais (BRADY, 2013).

Por causa da apresentação de cargas negativas ou positivas nas superfícies das partículas sólidas do solo, especialmente na fração argila, há uma probabilidade de cátions ou ânions serem adsorvidos a estas superfícies, podendo ser substituídos pelos que estão na solução do solo. Este processo intitula-se troca iônica (DABROWSKI, 2001) e determina as reações desse intercâmbio de íons entre a solução do solo e a fase sólida do solo.

Os cátions são íons com cargas positivas trocáveis, podendo ser oriundas das partículas do solo. As cargas negativas são as que retêm os cátions e que agem de dois modos principais: como cargas permanentes e como cargas dependentes de pH. As cargas negativas permanentes estão presentes nas estruturas dos minerais e são oriundas da substituição isomórfica nos tetraedros e octaedros dos argilominerais do solo, isto é, na formação do mineral, os tetraedros ou octaedros são complementados por cátions com raio iônico parecido, mas com carga menor, o que produz um excedente de cargas negativas dos oxigênios. Estas cargas são chamadas permanentes, pois são estruturais e não serão acometidos pelo pH do solo (LUCHESE et. al., 2002).

As cargas negativas dependentes de pH diversificam-se de acordo com o pH do solo. Ou seja, se o pH do solo aumentar, aumenta também a quantidade de cargas negativas dependentes de pH no solo. As cargas negativas dependentes de pH são estruturadas principalmente quando o pH do solo é propenso a aumentar por meio da dissociação de H^+ das superfícies laterais dos argilominerais 1:1, dos oxihidróxidos (OH) e de compostos orgânicos como os carboxílicos (R-COOH) (RODELA, 1995; BENITES e MENDONÇA, 1998).

Se houver uma diminuição do pH, o processo será inverso. Em outras palavras, as cargas elétricas dependentes de pH podem ser positivas ou negativas e isso dependerá totalmente do valor do pH do solo, os quais podem ser apresentados como trocadores de cátions ou ânions, sendo formados pela adsorção ou dissociação de íons H^+ de grupos funcionais da matéria orgânica, dos argilominerais e dos óxidos de ferro e alumínio, que são abundantes nos solos tropicais (BRADY, 2013).

Segundo Takachi e Pavan (1994), a dissociação dos íons H^+ da superfície e, por consequência, a liberação de cargas negativas para a troca de cátions, ocorre com o aumento do pH do solo. Em contrapartida, a superfície do óxido adsorve íons de H^+ e passa a exibir carga positiva, o que ocasiona, conseqüentemente, a troca de ânions que ocorre com a acidificação do meio ou diminuição do pH. As cargas dependentes de pH positivas e negativas podem acontecer de modo simultâneo nos solos.

A matéria orgânica decompõe seus íons mais naturalmente, gerando cargas negativas em pH moderadamente baixo. Isso se deve

ao fato de que a energia de ligação dos mesmos íons com os grupos funcionais da matéria orgânica é bem menor que a energia de ligação dos íons com os grupos funcionais dos argilominerais e dos óxidos. Segundo Gatiboni et. al., (2010), essa característica está diretamente relacionada à maior área superficial específica, fazendo com que a matéria orgânica seja a essencial fonte de cargas elétricas negativas nos solos da região tropical e subtropical, onde prevalecem minerais de argila, como a caulinita e os óxidos de ferro e alumínio.

Um parâmetro importante nos solos de cargas variáveis é o ponto de carga zero (PCZ). O PCZ é o ponto de pH onde a fração coloidal do solo representa a quantidade de radicais com valores de carga elétrica na faixa dos valores positivos para os diferentes grupos funcionais que compõem a matéria orgânica do solo. Assim pode-se dizer que o PCZ é o ponto de intersecção entre essas curvas eletrolíticas (EMBRAPA, 2017).



Exemplificando

Ao medir e determinar o pH de um solo agrícola, se o valor estimado for menor que o valor de PCZ, pode-se concluir que, no tocante às cargas elétricas do solo, este é composto na sua maioria por cargas elétricas negativas quando comparado as positivas (LUCHESE, 2002). Caso contrário, apresentará mais cargas negativas que positivas, se o pH for maior que 4,6.

Quando o solo apresentar maior número de cargas negativas, convencionou-se dizer que ele apresenta predominância de CTC e, quando apresenta maior número de cargas positivas, diz-se que ele tem predominância de CTA, que é a capacidade de troca de ânions. A ocorrência de solos que apresentem $CTA > CTC$ é rara, sendo somente possível nos solos altamente intemperizados (MEURER, 2012).

Segundo Ronquim (2010), a presença das cargas elétricas na fração coloidal do solo propicia a ligação entre os íons, aproximação esta que acarreta na formação de um complexo de íons, também conhecido como nuvem de íons que, justapostos aos coloides do solo, poderão ser orgânicos ou inorgânicos. Geralmente as cargas dessa fração são negativas, havendo, portanto, maior atração de

cátions. Esse fenômeno origina a Capacidade de Troca Catiônica do solo (CTC), que por sua vez tem a capacidade de atrair alguns íons negativos, os ânions, originando, assim, a CTA do solo. Dessa forma, mesmo que um solo esteja altamente composto por cargas negativas, esses ânions também serão adsorvidos e, conseqüentemente, pode-se concluir que tanto os nutrientes compostos por íons positivos (cátions) como os que são compostos por íons negativos (ânions) serão retidos no complexo trocável do solo.

É importante frisar que os teores trocáveis não são teores totais do cátion no solo, e, sim, a concentração destes cátions ligados às cargas negativas do solo. Segundo Meurer (2012), a CTC é a capacidade de armazenamento de cátions trocáveis que o solo possui, sendo diretamente relacionado com as cargas negativas existentes na superfície das partículas sólidas do solo, uma vez que, quanto maior for a quantidade dessas cargas negativas, maior será a CTC.

Segundo Ronquim (2010), a soma de bases (SB) é a soma dos mols de carga dos cátions trocáveis, preponderante em solos básicos, e é aquela que traz informações sobre o montante de cátions disponível para as plantas. A CTC potencial é a capacidade de troca de cátions que o solo pode atingir permanecendo com o pH 7,0.

A CTC potencial também é chamada de valor T, o qual é definido como o somatório de todas as cargas elétricas negativas que ocorrem a determinado pH. A saturação de bases (V) é definida pela porcentagem da CTC potencial que é ocupada pelos cátions básicos. É utilizado como um indicativo da fertilidade do solo, sendo considerados solos ideais para o cultivo aqueles com valor V maior que a faixa de 50 a 70%, dependendo da cultura e do manejo utilizado. Se SB e V forem maiores ou iguais a 50%, o solo apresentará saturação de bases alta, ou seja, será um solo eutrófico. Se V for menor que 50%, o solo apresentará saturação de bases baixa, ou seja, será um solo distrófico (EMBRAPA, 2017).



Assimile

A atividade da argila apresenta uma noção da capacidade de troca de cátions da fração argila, o que auxilia na conclusão sobre a

provável mineralogia do solo. Se CTC (argila) for maior ou igual a $27 \text{ cmol}_c \cdot \text{kg}^{-1}$ de argila, o solo terá argila de alta atividade (Ta), apontando uma predominância de minerais com alta capacidade de troca de cátions (MEURER, 2012).

Se a CTC (argila) for menor que $27 \text{ cmol}_c \cdot \text{kg}^{-1}$ de argila, o solo terá argila de baixa atividade (Tb), indicando uma predominância de minerais com baixa capacidade de troca de cátions, como a caulinita e os óxidos (MEURER, 2012).

Segundo Ronquim (2010), a saturação do alumínio (m) é a porcentagem da CTC efetiva que é ocupada pelo cátion Al^{+3} , possuindo informações sobre a probabilidade de ocorrência de toxidez de alumínio para as plantas, ou seja, para a fertilidade do solo. De modo geral, a saturação com alumínio não deve ser superior a 15%, pois em valores maiores a probabilidade de ocorrência de toxidez às plantas é muito aumentada. Al e CTC efetiva são expressas em $\text{cmol}_c \cdot \text{kg}^{-1}$.

Se $\text{Al} \geq$ está em $4 \text{ cmol}_c \cdot \text{kg}^{-1}$ e a saturação do $\text{Al} \geq$ é de 50%, o solo terá caráter álico. A saturação do sódio corresponde à porcentagem CTC potencial que é ocupada pelo cátion Na^+ . Se saturação de $\text{Na} \geq$ está em 15%, o solo é sódico. Enquanto que se a saturação $\text{Na} \geq$ está em $6\% < 15\%$, o solo é solódico (EMBRAPA, 2017).

A adsorção aniônica não específica funciona de modo semelhante à adsorção de cátions (CTC). Se existirem mais cargas positivas na superfície das partículas sólidas do solo, principalmente da fração argila, maior será a capacidade de troca de ânions. Tal fenômeno só acontece, pois os íons negativos têm grande capacidade de adsorção na superfície das partículas sólidas por meio da incidência das forças eletrostáticas.

Na adsorção aniônica específica os elementos químicos passam a ter ligações predominantemente covalentes com a superfície sólida, não sendo trocáveis e ocorrendo muito comumente com os ânions PO_4^{-3} , MoO^{-4} e SiO_4^{-4} (MEURER, 2012; JI e LI, 1997).

O pH é a medida do grau de acidez de uma solução, sendo definido pelo teor de íons hidrônio (H_3O^+) livres por unidade de volume. A escala de pH é variável de 0 a 14, quando submetido à temperatura média de 25°C . Os solos serão classificados em ácidos, quando os

valores mensurados variarem de 0 a 6,9; em básicos quando o pH medido for superior 7 e até 14; e neutro quando o pH estimado for igual a 7. Conhecer o pH do solo é um ponto importante para os solos agrícolas, visto que ele interfere diretamente na produtividade. Existem vários fatores que podem interferir no pH do solo, como a composição, o material de origem (Tabela 3.3), a região em que está localizado e a concentração de sais, metais, bases, ácidos e substâncias orgânicas que são adicionadas no seu preparo para o plantio (MEURER, 2012).



Refleta

A origem da acidez do solo tem ligação com a rocha que lhe deu origem. Assim, independentemente dos demais fatores de formação do solo, um material de origem ácido formará, obrigatoriamente, um solo ácido?

Tabela 3.3 | Composição química de três rochas e três solos originados a partir desse material de origem

Característica Química	Arenito		Basalto		Granito	
	Rocha	Solo	Rocha	Solo	Rocha	Solo
pH em água	6,9	4,2	6,9	4,9	7,3	4,6
Cálcio (%)	0,20	0,01	0,81	0,07	0,40	0,02
Magnésio (%)	0,10	0,03	0,17	0,08	0,20	0,04
Potássio (%)	0,10	0,07	3,85	0,15	4,07	0,25
Sódio (%)	0,04	0,04	0,19	0,04	4,02	0,04
Alumínio (%)	1,70	3,10	6,00	10,60	6,60	2,10
Ferro (%)	0,29	1,02	4,40	11,90	0,38	1,14

Fonte: Bohnen (2000, p. 112).

Conforme Meurer (2012), a acidez excessiva do solo causa grandes prejuízos à atividade agrícola, em especial para as culturas. Isso ocorre principalmente pelo aumento dos teores de substâncias tóxicas como alumínio e manganês trocáveis, acarretando também a menor disponibilidade de nutrientes no complexo e troca dos solos, principalmente os íons negativos, ânions.

Para tanto, se faz necessária a correção da acidez dos solos, por exemplo, através da prática de aplicação de calcário ao solo. Esta técnica conhecida como calagem visa a correção da acidez do solo, através de seu fundamento básico: o princípio de composição de pH do calcário, que situa-se na faixa de 6,0 a 6,2, ou seja, na faixa próxima ao neutro. As regiões com calcário abundante geralmente apresentam os solos com pH alcalino. Assim, à medida que o pH é corrigido há diminuição dos teores de alumínio e manganês disponíveis no complexo de troca; há o aumento da disponibilidade do elemento fósforo para as plantas e da saturação por bases; e há melhor decomposição da matéria orgânica, de modo que a atividade microbiana do solo é favorecida com o controle da acidez do solo (RONQUIM, 2010).

A acidez do solo pode ser classificada de duas formas: em acidez ativa, que pode ser conceituada como correspondente aos tores de H^+ disponíveis no complexo trocável do solo e que também pode ser facilmente determinada através da leitura do pH do solo, representando a menor fração de acidez de um solo agrícola; e em acidez potencial, outra forma de classificar a acidez dos solos agrícolas e que pode ser explicada conceitualmente como a presença dos íons H^+ no complexo não trocável do solo. Esses íons poderão ser facilmente liberados no solo em caso de aumento do teor de pH. Conseqüentemente, o alumínio da fração trocável do solo irá se hidrolisar e o solo tornar-se-á mais ácido (LUCHESE, 2002).

Uma das formas de acidificação dos solos é o contato com a água da chuva, a qual apresenta pH ácido causado pela reação deste com o gás carbônico atmosférico. Outra fonte de origem da acidez dos solos agrícolas está diretamente relacionada com o material de origem do solo, ou seja, a rocha que se degrada para originar um solo. Através dessa degradação, inicialmente, as rochas vão liberar nutrientes devido à ação da acidez da água. Esses nutrientes são os responsáveis pela nutrição dos microrganismos que compõem a fração biológica do solo e das plantas, as quais liberam, para a fração líquida do solo, através do processo de respiração, o CO_2 , proporcionando, conseqüentemente, a formação de hidrogênio e bicarbonato (BOHNEN, 2000). Os fatores físicos, químicos e biológicos que influenciam o pH da solução do solo podem ser vistos na Figura 3.8.

Figura 3.8 | Fatores físicos, químicos e biológicos que influenciam o pH da solução do solo



Fonte: Sposito (1989) apud Sodré (2012, p. 20).

Se confrontarmos as quantidades de cátions no material de origem e no solo que lhe deu origem, é possível concluir que há uma elevada redução nos conteúdos de elementos como cálcio, magnésio, sódio e potássio e, por conseguinte, um acréscimo dos níveis de ferro e alumínio. Essas variações são consequência dos complexos de troca dos solos mais solubilizados, formados a partir dos cátions básicos, os quais poderão ser perdidos com maior facilidade através da lixiviação (MEURER, 2012). Enquanto isso, o alumínio e o ferro, por formarem complexos estáveis, acumulam-se no solo. Segundo Figueiredo (2007), através da hidrólise e perda das bases lixiviadas, o hidrogênio se acumula e acaba sendo adsorvido pelos coloides, causando maior acidez. Esse processo explica a alta incidência de solos ácidos em regiões tropicais e subtropicais úmidas, causada pelas quantidades elevadas de precipitação pluviométrica que causam as lixiviações das bases.



Pesquise mais

Em solos encharcados, a água ocupa o espaço poroso responsável pelas fases gasosas, assim o ar que permanece no solo é comprimido e passa a compor os agregados deste, que são destruídos por essa

compressão. Ao ocupar o espaço dos poros, a água gera a redução das trocas gasosas entre o ar atmosférico e o solo, de modo que o oxigênio que se encontra em baixas concentrações é consumido mais rapidamente pelos microrganismos aeróbicos (SANTOS, 2008).

Dentro das alterações químicas decorrentes do alagamento, podem ser citadas: menor potencial redox do solo (Eh), consequência da ausência de íons oxigênio nos solos alagados; maior quantidade de ferro e manganês disponível, de modo que as formas reduzidas apresentam maior mobilidade que as oxidadas; maior condutividade elétrica (CE) devido à maior quantidade de íons solúveis no complexo de troca do solo; maior quantidade de fósforo disponível, devido à redução do ferro.

Essa redução acarreta a liberação de íons fosfato que anteriormente estavam adsorvidos nos óxidos de ferro; a perda de nitrogênio para o ar atmosférico em formato de nitrato, que ocorre devido à alteração para gás nitrogênio; uma maior estabilização do nitrogênio na forma amoniacal; um maior pH dos solos devido à perda de elétrons causada pela respiração dos microrganismos que são transportados para compostos reduzidos, os quais reagem com o H^+ disponível no solo, causando menor concentração; e uma menor disponibilidade de micronutrientes, como por exemplo, o cobre e o zinco, porque esses elementos compõem os complexos mais estáveis no formato de hidróxidos, sulfetos e carbonatos (LUCHESE, 2002).

O material orgânico do solo é originado a partir dos tecidos vegetais e animais que estão constantemente se modificando. A síntese da matéria orgânica dos solos é caracterizada pela presença de dois artifícios básicos: a mineralização e a humificação. A mineralização está diretamente ligada às ações pelos autores responsáveis pela degradação da matéria orgânica, podendo haver a distribuição de substâncias orgânicas de peso molecular baixo e alguns nutrientes como N, P, S, K, Ca, Mg e micronutrientes. Já a humificação é o processo de polimerização dos componentes orgânicos que sofreram mineralização, formando moléculas bastante complexas e de elevadas massas molares. Muitos nutrientes apresentam interação com a matéria orgânica, influenciando na ciclagem e na adsorção desses elementos, evitando perdas por lixiviação. Em relação ao micronutriente, a formação de compostos

orgânicos pode aumentar a disponibilidade dos elementos às plantas, como por exemplo Zn e Cu por ácidos orgânicos de baixo peso molecular, sendo também possível minimizar a disponibilidade de manganês e alumínio, reduzindo a toxicidade das plantas através da complexação desses elementos com substâncias húmicas e ácidos orgânicos simples.

Todo o organismo biótico ou abiótico está sujeito à decomposição quando encontrado sob determinadas condições físicas e químicas. Esta ação se encontra geralmente no solo, pois microrganismos, bactérias, fungos, ácaros e outros pequenos animais, também agentes decompositores, se encontram e fazem continuamente este processo.

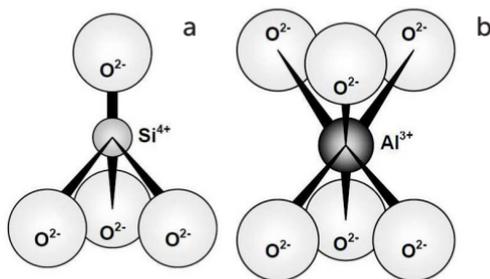
Segundo Santos (2008), entre os atributos químicos do solo, afetados por sua matéria orgânica, destacam-se a disponibilidade de nutrientes para as culturas, a CTC e a complexação de elementos tóxicos e de micronutrientes, fundamentais em solos tropicais, altamente intemperizados e ácidos. Assim, a matéria orgânica é considerada uma fonte fundamental de nutrientes às plantas, disponibilizando elementos essenciais tais como nitrogênio, fósforo e potássio. A influência da matéria orgânica sobre a capacidade de troca de cátions do solo e, conseqüentemente, sobre outras características químicas do solo relacionadas, ocorre pela geração de carga proveniente da matéria orgânica mais humificada, denominada de substância húmica.

As argilas compõem vários tipos de solos e são representativos componentes da crosta terrestre. Elas podem ser observadas em sua condição natural ou combinadas com outros elementos minerais. A sua origem se dá em função do intemperismo das rochas sedimentares, pelas mudanças na constituição dos silicatos de alumínio, que são originalmente frutos das rochas magmáticas, metamórficas ou sedimentares (SANTOS, 2008). Elas podem absorver água ou perder água com mudanças de umidade simples. Quando misturadas com uma quantidade limitada de água, argilas tornam-se plásticas e são capazes de ser moldadas. Quando a água é absorvida, elas frequentemente expandirão a água, preenchendo os espaços entre as camadas de silicato empilhadas.

A maioria das argilas são quimicamente e estruturalmente análogas aos outros filossilicatos, mas contêm grande quantidade

de água e permitem a substituição de seus cátions. Os argilominerais são classificados em três diferentes grupos: grupo dos minerais do tipo 1:1 (uma lâmina tetraédrica de silício para outra octaédrica de alumínio); grupo dos minerais do tipo 2:1 (constituídas de duas 2 lâminas tetraédricas e uma octaédrica); e grupo dos minerais do tipo 2:1:1. Os termos 1:1 e 2:1 significam as intercalações de camadas tetraédricas ou octaédricas na natureza e na formação das argilas (Figura 3.9).

Figura 3.9 | Tetraedro de silício (a) e octaedro de alumínio (b)



Fonte: Cresser (1993) apud Sodré (2012, p. 22-23).

A composição das estruturas tetraédricas ou octaédricas possibilitam uma conexão ou ligação muito simples entre as substâncias que formam os argilominerais. O silício na lâmina tetraédrica, o alumínio e o magnésio na lâmina octaédrica ficam submissos à troca por distintos íons de tamanhos semelhantes. À medida que se desenvolvem determinados silicatos, componentes do silício na estrutura são trocados pelo alumínio, não havendo mudanças na estrutura principal do cristal. Esse procedimento é conhecido por substituição isomórfica, é frequente na natureza e é fator preponderante pela variabilidade dos argilominerais. As camadas minerais dos elementos classificados como do tipo 1:1 são formadas por uma estrutura tetraédrica de sílica ligada a uma lâmina octaédrica de alumínio (LUCHESE, 2012).

Os cristais de caulinita possuem uma superfície menor e uma eficiência restrita de absorção de cátions e moléculas de água, indicando que a caulinita não expressa propriedades coloidais em grau elevado de intensidade. Se compararmos também com outros grupos silicatados, a capacidade de plasticidade e moldagem,

coesão, contração e dilatação são bem menores. As camadas dos minerais do tipo 2:1 são caracterizadas por uma lâmina octaédrica intercalada no perneio de duas lâminas tetraédricas. Dois grupos, esmectita e vermiculita são minerais do tipo expansível, enquanto que, as ilitas são do tipo não expansível. Dos minerais expansíveis, o grupo esmectita, que inclui montmorilonita, beidelita, nontronita e saponita, é essencial pela amplificação no meio das camadas e que ocorre por intermédio do alongamento dos minerais quando úmidos, momento em que a água se infiltra no meio das camadas, pressionando-as e separando-as. Montmorilonita é o membro principal desse grupo de solos, compondo cristais em forma de flocos constituídos por camadas do tipo 2:1. No entanto, esses cristais são menores do que a média das partículas de caulinita, e os cátions permutáveis ligados a moléculas de água são atraídos para o meio das camadas, formando espaços entre elas e gerando uma ampliação do reticuladão cristalográfico onde são detidas entre si por ligações de oxigênio a oxigênio e de oxigênio a cátions. Por consequência, estes cristais de esmectita poderão ser separados espontaneamente para permitir que partículas que se unam em tamanho, formem as camadas unitárias do cristal.



Pesquise mais

A matéria orgânica é componente fundamental da fertilidade do solo, pois entre as propriedades químicas deste, ela é a que desempenha maior influência nos atributos físicos, apresentando relação direta com o sistema de manejo adotado. Para entender melhor como acontece essa relação, sugiro a leitura do artigo intitulado: *Estoques e frações da matéria orgânica do solo sob os sistemas plantio direto e convencional de repolho*.

MELO, G. B. et al. Estoques e frações da matéria orgânica do solo sob os sistemas plantio direto e convencional de repolho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 51, n. 9, p. 1511-1519, set. 2016. Disponível em: <<https://bit.ly/2NYe9ez>>. Acesso em: 9 jun. 2018.

Sem medo de errar

Relembrando a problemática apresentada, durante a visita à terceira área estudada, que é a do produtor Daniel, você identificou

problemas como redução da profundidade das raízes e o surgimento de características que revelam toxidez e deficiência nutricional, solos com encharcamentos e presença de doenças e redução no crescimento da forragem. Ao observar a análise de solo você destacou alguns aspectos importantes, tais como: aumento da disponibilidade de ferro e manganês no complexo de troca do solo, níveis elevados de condutividade elétrica (CE), presença do elemento fósforo com elevados teores e grande disponibilidade para as culturas, baixos teores de nitrogênio, elevando o pH e minimizando os teores de cobre e zinco.

Os solos da área do produtor estão encharcados e, devido a isso, a água ocupa o espaço poroso do solo, diminuindo, assim, os gases do solo. A quantidade diminuta de ar é condensada e passa a fazer parte dos agregados do solo, destruindo-os.

Quais as modificações no solo que causam o aumento da disponibilidade de ferro e manganês no complexo de troca do solo?

Devido ao excesso de água, houve a diminuição da concentração de oxigênio no espaço poroso do solo. A falta de oxigênio acarreta a oxidação do ferro e do manganês que, uma vez oxidados, apresentam maior mobilidade no solo e, conseqüentemente, estarão disponíveis em maior quantidade para absorção das raízes da forragem da área do produtor. Já que esses íons são pouquíssimo alteráveis no solo em circunstâncias normais, é necessário que as doses sejam complementadas, assim, quando há uma alteração na mobilidade, conseqüentemente há alteração, também, da disponibilidade. Isso significa que esses elementos estarão em maior disponibilidade para absorção das forragens da área do produtor Daniel.

Quais as causas dos níveis elevados de condutividade elétrica (CE) do solo?

O solo encharcado propiciará maior quantidade de íons solúveis nos coloides do solo, ou seja, no complexo de troca. Assim, os íons como, por exemplo, o Na^+ reagirão e solubilizarão na solução do solo, ocasionando o aumento da condutividade elétrica. Os solos que são afetados pela concentração elevada de sais solúveis, como o sódio trocável, em camadas ou horizontes superficiais, são resultantes do transporte de sais pela água e se armazenam na proporção que as plantas infiltram a água ou à medida que ela evapora.

Como pode ser explicada a disponibilidade e a indisponibilidade de alguns elementos químicos no solo? O solo encharcado da área do produtor Daniel passou a ter redução das trocas gasosas entre o ar atmosférico e o solo, assim, o oxigênio que se encontra em baixas concentrações no solo é consumido mais rapidamente pelos microrganismos aeróbicos do solo e isto ocorre porque a água ocupa o espaço dos poros.

A água propicia uma série de reações químicas no solo, entre elas podemos citar a redução do ferro, que acarreta a liberação de íons fosfato anteriormente adsorvidos nos óxidos de ferro. Como consequência desse processo, há maior quantidade de fósforo disponível. Entretanto, em situações em que se encontra excedente de água no solo, há menor disponibilidade de micronutrientes, como, por exemplo, o cobre e o zinco, o que ocorre porque esses elementos compõem os complexos mais estáveis no formato de hidróxidos, sulfetos e carbonatos. O excesso de íons H^+ e a falta de oxigênio no solo propiciam a reação química desses elementos, alterando o formato para oxidado. A mesma reação que ocorre com o nitrogênio, que causa a perda deste elemento para o ar atmosférico em formato de nitrato, ocorre devido à alteração para gás nitrogênio.

A que se deve o aumento do pH do solo? As áreas do produtor Daniel apresentaram um solo com pH maior devido à remoção de elétrons ocasionada pela respiração dos microrganismos que são transportados para compostos reduzidos e que reagem com o H^+ disponível no solo, causando menor concentração deste.

Nesse momento você deverá elaborar o relatório técnico apontando estratégias de manejo de solos para auxiliar na melhora da produtividade das áreas dos produtores agrícolas atendidos pela empresa que você representa. Para isso você exibirá as respostas encontradas durante as três etapas do seu estudo, que será o diagnóstico direcionado aos produtores agrícolas. Este relatório será entregue aos produtores para auxiliá-los, fundamentalmente, na tomada de decisão acerca do manejo adotado para alavancar os índices produtivos da agricultura.

Ao reunir as respostas dos três problemas e elencar os fatores que têm prejudicado a produção agrícola dos produtores, você conseguirá analisar os impactos dos processos específicos de formação do solo, assim como as suas propriedades morfológicas e químicas, de maneira

a contribuir com os produtores, no sentido de que busquem e adotem manejos específicos, pensando nas propriedades químicas e físicas do solo em cada um dos casos para que as necessidades de suas áreas sejam atendidas.

Avançando na prática

Influência da matéria orgânica no solo

Descrição da situação-problema

O sistema de Plantio Direto (PD) é uma técnica de cunho conservacionista que visa o menor impacto da agricultura tradicional no solo. Nesse sistema os restos vegetais são mantidos sobre a superfície do solo, garantindo cobertura e proteção de danos causados pelo preparo. Pedro é pequeno produtor agrícola do Mato Grosso que busca aumentar os índices produtivos da sua área. Com o fim da safra do milho, ele pretende aproveitar o aumento no preço da soja para elevar os lucros. Ele possui dois lotes voltados para a produção; em um deles costuma plantar soja e milho em sucessão, e no outro produz hortaliças. Como consequência do aumento do valor da soja, ele optou por produzir o grão nos dois lotes. No lote 1 ele vai adotar o sistema de plantio direto sobre a palha do milho, enquanto que no lote 2 ele escolheu o preparo convencional.

Passado o período de repouso do lote 1 e de preparo do lote 2, Pedro procurou-lhe para realizar o manejo da adubação dos lotes. Ao coletar o solo e levar para análise você pode constatar que o solo da área 1 apresentou-se mais estruturado e com coloração mais escura quando comparado ao solo do lote 2. Ao realizar a análise química do solo foi possível constatar que no lote 1 a quantidade de nutrientes N, P, S, K, Ca, Mg, além dos micronutrientes Cu e Zn, estavam em níveis ideais para execução do plantio, enquanto que no solo do lote 2 foi observado aumento de Al e Mn disponíveis, redução da disponibilidade de P, redução da saturação de bases, redução da decomposição da matéria orgânica e da atividade microbiana do solo. Assim, surgem alguns questionamentos: quais os benefícios do acúmulo de matéria orgânica na área do produtor?

Qual propriedade do lote 2 precisa ser alterada para torná-lo apropriado para a realização do plantio?

Sua função será a de auxiliar o produtor a resolver essas questões e propiciar melhora na produtividade agrícola.

Resolução da situação-problema

Ao observar o resultado da análise do solo realizada para o lote 1 você nota que o plantio direto está propiciando ao solo a incorporação de matéria orgânica. Esse fato pode ser observado primeiramente pelos atributos físicos, como cor mais escura e melhor estruturação do solo, benefício da matéria orgânica à medida que ela melhora e ajuda na formação e melhora dos agregados do solo. Ao aguardar o período correto de pousio da área foi possível constatar que ocorreu processo de mineralização da matéria orgânica, processo responsável pela decomposição do material orgânico, propiciando ao solo o aporte de nutrientes, N, P, S, K, Ca, Mg, além dos micronutrientes Cu e Zn, para execução do plantio, de forma que o produtor não terá grandes custos com a implantação e preparo da área do lote 1. Porém, ao observar as características do solo do lote 2, é possível constatar que o preparo convencional diminuiu o aporte de matéria orgânica do solo e diminuiu sua estruturação. Ao constatar aumento de Al e Mn disponíveis, redução da disponibilidade de P, redução da saturação de bases, redução da decomposição da matéria orgânica e da atividade microbiana do solo é possível concluir que o produtor precisa corrigir o pH desse solo, já que estas características encontradas são típicas de solos ácidos, logo faz-se necessário, não só adubação para correção da fertilidade do solo, como correção da acidez para torná-lo produtivo.

Faça valer a pena

1. O material de origem do solo é um dos fatores mais importantes para a origem da acidez ou alcalinidade do solo. Assim, a composição química das rochas poderá influenciar diretamente no pH do solo que será originado.

Sobre a relação do pH do solo com os minerais é correto afirmar:

a) Se o pH do solo diminuir, aumenta a quantidade de cargas negativas dependentes de pH no solo.

- b) Se o pH do solo aumentar, diminui a quantidade de cargas negativas dependentes de pH no solo.
- c) Se o pH do solo aumentar, aumenta também a quantidade de cargas negativas dependentes de pH no solo.
- d) As cargas negativas dependentes de pH são estruturadas principalmente quando o pH do solo é propenso a diminuir por meio da dissociação de H^+ das superfícies laterais dos argilominerais 1:1, dos óxihidróxidos (OH), e de compostos orgânicos como os carboxílicos (R-COOH).
- e) As cargas negativas dependentes de pH são estruturadas principalmente quando o pH do solo é propenso a aumentar por meio da dissociação de Na^+ das superfícies laterais dos argilominerais 2:1, dos óxihidróxidos (OH), e de compostos orgânicos como os carboxílicos (R-COOH).

2. Os solos são dotados de cargas elétricas, podendo ser positivas e negativas. Essas cargas poderão ser positivas ou negativas e têm relação direta com o pH do solo. Entre os fenômenos responsáveis pela origem das cargas elétricas destaca-se a substituição isomórfica.

Assinale a alternativa que corresponde às substituições isomórficas mais comuns:

- a) Substituição de ferro (Fe^{+2}) por alumínio (Al^{+3}) na camada tetredral e de alumínio (Al^{+3}) por magnésio (Mg^{+2}) na camada octaedral.
- b) Substituição de silício (Si^{+4}) por alumínio (Al^{+3}) na camada tetredral e de alumínio (Al^{+3}) por ferro (Fe^{+2}) na camada octaedral.
- c) Substituição de silício (Si^{+4}) por alumínio (Al^{+3}) na camada tetredral e de alumínio (Al^{+3}) por magnésio (Mg^{+2}) na camada octaedral.
- d) Substituição de silício (Si^{+4}) por ferro (Fe^{+2}) na camada tetredral e de alumínio (Al^{+3}) por magnésio (Mg^{+2}) na camada octaedral.
- e) Substituição de silício (Si^{+4}) por alumínio (Al^{+3}) na camada tetredral e de ferro (Fe^{+2}) por magnésio (Mg^{+2}) na camada octaedral.

3. Os solos agrícolas apresentam fenômenos de adsorção e de dessorção e são conhecidos como fenômenos de troca. Esses fenômenos são responsáveis pela capacidade de troca catiônica e troca aniônica do solo. A inter-relação dos fatores ligados ao íon e ao coloide do solo são fundamentais para a determinação do tipo de energia que ocorrerá no solo.

Entre os fatores, assinale aquele que representa corretamente os fenômenos que ocorrerão no solo e os fatores intrínsecos ao íon.

- a) Quanto menor for a valência do íon, maior será a energia de ligação do íon ao coloide.
- b) Os elementos de transição apresentam menor energia de ligação que os metais alcalinos e alcalinos terrosos.
- c) Quanto maior for o íon, maior será a força de adsorção ao coloide do solo.
- d) Quanto mais hidratado estiver o íon, maior será a força de adsorção. Assim, a hidratação é diretamente proporcional ao tamanho e à valência do íon.
- e) Quanto maior for a concentração de um determinado íon na solução do solo, maior será a adsorção deste íon e haverá, assim, deslocamento dos demais íons adsorvidos e que estejam em menor concentração.

Referências

- BENITES, V. M.; MENDONÇA, E. S. Propriedades eletroquímicas de um solo eletropositivo influenciadas pela adição de matéria orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 22, n. 2, p. 215-221, 1998.
- BOHNEN, H.; MEURER, E. J.; BISSANI, C. A. Solos ácidos e solos afetados por sais. In: MEURER, E. J. (Ed.). **Fundamentos de química do solo**. Porto Alegre: Genesis, 2000. p.109-122.
- BRADY, N. C.; WEIL, R. R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.
- CAPECHE, C. L. Noções sobre tipos de estruturas do solo e sua importância para o manejo conservacionista. **Comunicado técnico 51**. Rio de Janeiro, EMBRAPA, 2008. 6p.
- CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. **Geomorfologia do Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.
- DABROWSKI, A. Adsorption – From Theory to Practice. **Advances in Colloid and Interface Science**, v. 93, p. 135-224, 2001.
- DIXON, J. B.; WEED, S. B. Minerals in Soil Environments: Kaolin and Serpentine Group Minerals. **Soil Science Society of America, Madison**, Wisconsin, USA, 1989.
- DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J. W. et al. (Ed.). **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison: SSSA, 1994. p.1-20.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análises de solos**. 3.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2017. 573p.
- _____. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 4 ed. Brasília: SPI-EMBRAPA, 2014. 412p.
- FIGUEIREDO, F. C. Plantas indicadoras da condição de solo. In: CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, 8., 2007, Caxambu. **Anais...** Caxambu: Sociedade de Ecologia do Brasil, 2007, p.1-2.
- FLAIG, W.; BEUTELSPACHER, H.; RIETZ, E. **Soil components: Organic components**. Berlín, SpringerVerlag, 1975. 1v.
- FREDLUND, D. G., RAHARDJO, H. **Mecânica dos solos para solos não saturados**. Nova Iorque: John Wiley & Sons Inc., 1993.
- GATIBONI, L. C. et al. Frações do Carbono do Solo. In: **Anais do CIC UDESC**. Florianópolis: UDESC, 2010.
- GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Orgs.). **Geomorfologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996.
- GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. da; BOTELHO, R. G. M. (Orgs.). **Erosão e conservação dos solos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual Técnico de Pedologia**. 3. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2015. 412p.

_____. **Manual Técnico de Uso da Terra**. 3. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2013. 171p.

Jl, G. L.; Li, H. Y. Electrostatic adsorption of cations. In: YU, T. R. **Chemistry of variable charge soils**. New York: Oxford University Press, p. 65-79.

LEPSCH, I. F. **19 lições de pedologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

_____. **Formação e Conservação dos solos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002.

LUCHESE, E. B.; FAVERO, L. O. B.; LENZI, E. **Fundamentos da Química do Solo**: teoria e prática. 2. ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos Editora, 2002. 159p.

MENEZES, A. C. P. F. et al. Pontos de carga zero – (PCZ) em carvões de súberes extraídos de espécies arbóreas do cerrado brasileiro. **ENTEQUI – 10º Encontro Nacional de Tecnologia Química**, Goiânia, 2017.

MEURER, E. J. **Fundamentos de Química do Solo**. Porto Alegre: Ed. Evangraf, 2012, 276 p.

MÜLLER, M. S. et al. Produtividade do Panicum maximum cv. Mombaça irrigado, sob pastejo rotacionado. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 59, n. 3, p. 427-433, 2002.

NUNES, R. R.; REZENDE, M. O. O. **Recurso Solo**: Propriedades e Usos. São Carlos: Editora Cubo, 2015. 832 p.

OLIVEIRA, D. de. **O solo sob nossos pés**. São Paulo: Atual, 2010.

OLIVEIRA, J. B. de. **Pedologia aplicada**. 4. ed. Piracicaba: FEALQ, 2011.

PAIVA, P. T. M. **Nódulo e concreção**. Natal: Universidade Federal do Rio Grande do Norte, disciplina de Pedologia, [s.d.]. 17 slides. Disponível em: <<https://bit.ly/2ALQxbg>>. Acesso em: 3 ago. 2018.

PALUMBO, B. et al. Influence of inheritance and pedogenesis on heavy metal distribution in soils of Sicily, Italy. **Geoderma**, v. 95, p. 247-266, 2000.

PICCOLO A. The supramolecular structure of humic substances. **Soil Science**, v. 166, p. 810-832, 2001.

RICHARDS, L. A. (Ed.). **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. USDA, Agricultural Handbook, n. 60, Washington, 1954. 160p.

RODELA, A. A.; FISCHER, K. R.; ALCARDE, J. C. Cation exchange capacity of an acid soil as influenced by different sources of organic matter. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 26, p.17-18, 1995.

RONQUIM, C. C. **Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais**. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento. Campinas, Embrapa, 2010. 26 p.

SANTOS, G. A. et al. (Eds.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo**: ecossistemas tropicais e subtropicais. 2. ed. Porto Alegre: Metropole, 2008. 654p.

SILVA, I. F.; MIELNICZUK, J. Ação do sistema radicular de plantas na formação e estabilização de agregados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [s.l.], v. 21, n. 2, p. 113-117, 1997.

SODRÉ, F. F. Química de Solos: Uma introdução. **Artigos Temáticos do Aqua**, Brasília, v. 1, p.17-29, 2012. Disponível em: <<https://bit.ly/2MbpAPk>>. Acesso em: 9 jun. 2018.

STEFANOSKI, D. C. et al. Uso e manejo do solo e seus impactos sobre a qualidade física. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 12, p. 1301-1309, 2013.

TAKACHI, C. Y. & PAVAN, M. A. Cation type and ionic strength induced cation exchange capacity buffering in variable charge soils. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 37, p. 109-113, 1994.

TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M. C. M. de; FAIRCHILD, T. R.; TAIOLI, F. (Orgs.). **Decifrando a Terra**. São Paulo: Editora Oficina de Textos, 2000.

Morfologia do solo aplicada

Convite ao estudo

Os aspectos morfológicos aplicados à classificação de um solo são determinados por meio da interpretação de características morfológicas e de propriedades físicas, químicas e mineralógicas descritas em campo e analisadas em laboratório, respectivamente. Os resultados dessas análises, associados às informações complementares sobre relevo, clima e vegetação, permitirão a classificação dos diferentes tipos de solos, indicando, ainda, a sua aptidão para diferentes usos. No entanto, essas características são extremamente variáveis em função de alguns fatores que atuam no espaço e no tempo, de forma conjunta e em proporções variadas. São eles: o material de origem, o clima, o relevo e os organismos.

Para entendermos como aplicar a gênese e a morfologia do solo no dia a dia das práticas profissionais do Engenheiro Agrônomo, partiremos da seguinte situação:

Você é um engenheiro agrônomo que atua em uma multinacional e foi designado para ser o responsável por um estudo detalhado do solo de três possíveis fazendas que serão adquiridas pela empresa em que os proprietários desenvolvem atividades pecuárias de criação e engorda de bovinos para corte. Seu intuito será preparar uma avaliação da capacidade de uso das áreas para enviar à sede multinacional, ratificando que, além do clima propício, o solo da fazenda encontra-se em condições para executar a atividade, o que será feito através de uma análise morfológica externa do solo e de seu perfil.

Assim, a análise será dividida em três etapas: a **1ª etapa** consiste de uma visita técnica na qual você irá coletar informações de natureza qualitativa do recurso solo, com a

finalidade de identificar áreas de maior ou menor potencial, prioritárias para o desenvolvimento em caráter local. Em algumas partes dessa área, a morfologia externa apresentou-se moderadamente pedregosa e rochosa. Ela havia sido transformada em pasto, mas o gerente esclarece que foi abandonada e, por isso, a vegetação encontrava-se em estágio de pousio, pois a retirada inicial desta acabou provocando moderada erosão hídrica, o que acarretou em perda de áreas para instalação do empreendimento.

Na **2ª etapa** você irá visitar áreas que apresentam elevada heterogeneidade de características morfológicas, onde é possível observar o solo com problema de drenagem, apresentando deflúvio, com conseqüente aumento da vulnerabilidade de erosão, uma elevada alteração na transição entre horizontes e desprendimento de material superficial e baixo acúmulo de matéria orgânica.

Na **3ª e última etapa**, com os pontos críticos determinados, você dará início ao levantamento de reconhecimento que será executado para fins de avaliação qualitativa de solos, visando à estimativa do potencial de uso agrícola e não agrícola. Você observou no mapa que a área possui relevo fortemente ondulado em pequenas distâncias. Devido à heterogeneidade da área, o planejamento de amostragem deverá ser muito bem realizado e a quantidade de amostras a serem coletadas deverá ser estabelecida a fim de otimizar o trabalho e coletar informações para classificação do solo quanto a capacidade uso.

Mas, afinal, como a situação de declive e cobertura vegetal sobre o perfil interferem nas mudanças morfológicas do solo? A coleta de amostras de rochas será fundamental para avaliação da capacidade de uso do solo? O constante pisoteio do gado interfere em quais características e arranjo dos horizontes?

Ao final do seu trabalho, tendo solucionado os problemas das áreas, você entregará a análise sobre a morfologia externa

do solo ao seu cliente. E, conseqüentemente, também realizará o estudo da aparência do solo em meio ambiente específico, descrevendo as suas principais características. Assim, ao entender como realizar a descrição morfológica externa e do perfil do solo e entender a importância agrônômica da caracterização morfológica dos solos, será possível aprender sobre os horizontes, suas características e os principais atributos utilizados para a descrição morfológica externa do solo, tornando possível, conseqüentemente, analisar a morfologia externa do solo, assim como o seu perfil, dentro do contexto agrônômico.

Vamos lá? Bons estudos!

Seção 4.1

Descrição morfológica externa do solo

Diálogo aberto

A descrição morfológica externa do solo, quando realizada em campo, corresponde ao ato de registrar as suas características, utilizando a observação, a avaliação e o exame da camada superficial em seu meio de ocorrência natural. Essas características morfológicas são fundamentais no que se refere à produtividade. Quando esses aspectos são levados em consideração no momento de estabelecimento do plantio agrícola ou na escolha da forma de manejo de solo, fica mais propício ao produtor a possibilidade de obter ótimos índices produtivos.

Para que você possa entender melhor a relação entre as características morfológicas e a melhora dos índices produtivos, vamos iniciar nosso estudo partindo da situação derivada do contexto hipotético apresentado anteriormente:

Iniciando a primeira etapa do seu trabalho, ao chegar à primeira fazenda, chamada Três Marias, você foi recebido pelo gerente Paulo no escritório da propriedade. Antes de lhe apresentar a fazenda, ele mostrou a você um mapa de localização a fim de otimizar a visita. De antemão você observa que há uma área na fazenda em que o relevo é fortemente ondulado e então você decide que essa será a primeira área a ser visitada. Vocês percorrem a fazenda e, ao chegar ao local, algumas características visuais chamam sua atenção: a área é moderadamente pedregosa e rochosa. Esta parte da propriedade havia sido transformada em pasto, mas o gerente esclarece que foi abandonada e que, por isso, a vegetação encontrava-se em estágio de pousio, uma vez que a retirada inicial desta acabou provocando moderada erosão hídrica e frequentes sulcos rasos ao longo da área, o que poderia acarretar em perda de áreas para instalação do empreendimento.

Com todos os dados levantados e os registros fotográficos realizados, será sua função fazer a descrição morfológica externa do solo e responder questionamentos que lhe ajudarão a planejar o manejo específico da área, sendo eles:

- Quais características desse solo fazem com que ele apresente moderada rochosidade e pedregosidade?
- Qual a influência da vegetação na alteração do solo da área?
- O relevo local dará origem a quais características dos solos?
- Qual a relação entre a erosão hídrica e a drenagem do solo deficiente?

Você terá que coletar as informações de natureza qualitativa do recurso solo com a finalidade de identificar áreas de maior ou menor potencial, prioritárias para o desenvolvimento em caráter local. Essa etapa será fundamental, porque é a partir dela que você determinará pontos de amostragem que vão gerar estudos mais detalhados de áreas críticas e de elaboração de mapas temáticos que auxiliarão no estudo. Com os questionamentos respondidos será possível entender e analisar a morfologia externa do solo, assim como o seu perfil, dentro do contexto agrônômico da fazenda, etapa que dará início à elaboração do relatório.

Vamos lá? Bons estudos!

Não pode faltar

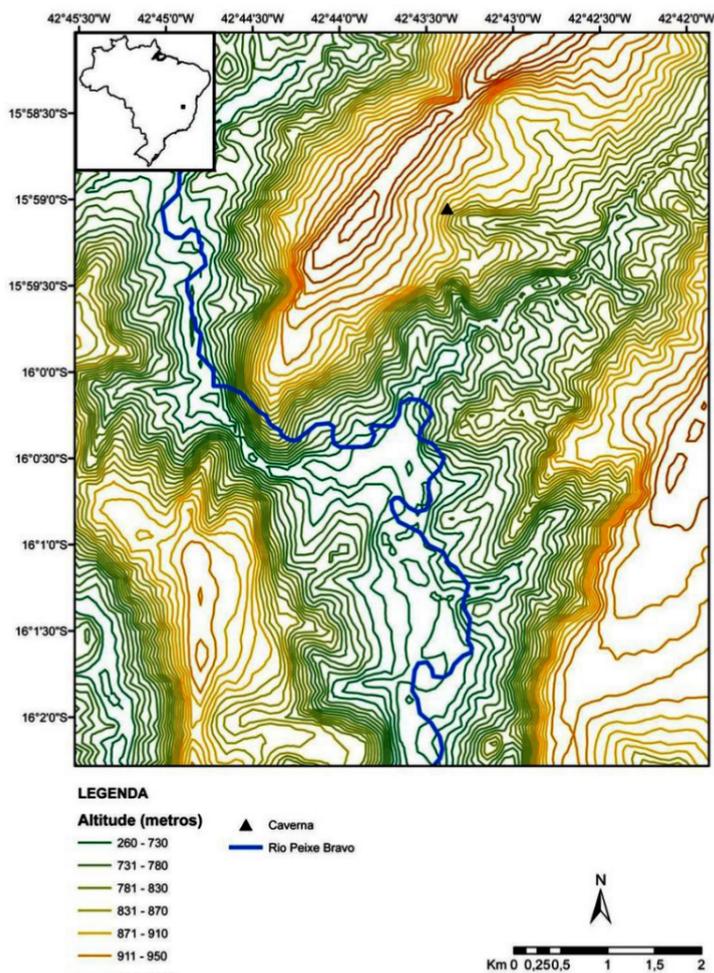
A morfologia corresponde à aparência do solo observada em campo, isto é, estudar a morfologia significa observar e descrever as características físicas do solo, que são visíveis a olho nu ou que são perceptíveis por meio da análise de manipulação de uma amostra através de teste de campo. São objetos de estudo da morfologia do solo as seguintes características: a situação, o declive, o uso atual, a altitude, o relevo local e o regional, a drenagem, a erosão, a litologia, a vegetação, a pedregosidade e a rochosidade.

A situação e o declive expõem a circunstância em que a paisagem se encontra, em que foi descrito o perfil do solo e o registro do declive no local de estudo. Em muitos casos, é a topografia do terreno, especialmente a declividade, o principal condicionador de sua capacidade de uso.

Os aspectos topográficos de interesse para os planejamentos agrícolas devem ser identificados com auxílio de um mapa planialtimétrico (Figura 4.1), ou no campo, além do exame de fotografias aéreas. Estas últimas, em alguns casos, são úteis para complementar detalhes de mapas

planialtimétricos, como por exemplo, no caso de delineamento das áreas planas de várzeas. A declividade, característica também de muita importância, será indicada no mapa pela distância entre as linhas de cotas entre os desníveis. Pequenas setas podem indicar as direções e os sentidos dos declives. As declividades de cada gleba são enquadradas dentro de determinados intervalos de declividade, os quais definem as classes, e são representadas por letras maiúsculas, que devem ser notadas no denominador da fração da fórmula.

Figura 4.1 | Exemplo de mapa planialtimétrico



Fonte: Carmo et al. (2011, p. 34).

Poderão ser adotadas as classes de declividade com limites rígidos para os casos em que não se dispõe de dados sobre erosividade e erodibilidade, conforme o Quadro 4.1.

Quadro 4.1 | Descrição detalhada de cada classe da declividade

Classe	Declividade (%)	Descrição
A	Inferior a 2%	São formadas em áreas planas ou quase planas, onde o escoamento superficial ou enxurrada é lenta, de modo a não oferecer nenhuma dificuldade ao uso de máquinas agrícolas; não existe também erosão hídrica significativa.
B	2 e 5%	Áreas com declives suaves, nos quais, na maior parte dos solos, o escoamento superficial é lento ou médio. Estas áreas não impedem ou dificultam o trabalho de qualquer tipo de máquina agrícola mais usual. Em alguns tipos de solos com esses declives, a erosão hídrica não oferece nenhum problema, em muitos deles, práticas simples de conservação são necessárias.
C	5 e 10%	Áreas com superfícies inclinadas, geralmente com relevo ondulado, nas quais o escoamento superficial, para a maior parte dos solos, é médio. Normalmente não prejudica o uso de máquinas agrícolas. Em alguns casos, a erosão hídrica oferece poucos problemas ou então pode ser controlada.
D	10 e 15%	Áreas muito inclinadas ou colinosas, onde o escoamento superficial é rápido na maior parte dos solos. Se não houver complexidade nos declives, a maior parte das máquinas agrícolas poderá ser usada com dificuldades. Solos desta classe são facilmente erodíveis, exceto aqueles muito permeáveis e não muito arenosos.
E	15 e 45%	Áreas fortemente inclinadas, cujo escoamento superficial é muito rápido na maior parte dos solos. Somente as máquinas agrícolas especiais ou mais leves podem ser usadas e, assim mesmo, com dificuldades.
F	45 e 70%	Áreas íngremes de regiões montanhosas, onde nenhum tipo de máquina agrícola pode trafegar. O escoamento superficial é sempre muito rápido, e os solos, extremamente suscetíveis à erosão hídrica.
G	Superiores a 70%	São áreas de relevo muito íngreme, onde normalmente nenhum solo se desenvolve ou só existem solos muito rasos, geralmente em associação com exposições rochosas.

Fonte: adaptado de IBGE (2015).



O uso atual do solo consiste na descrição de como este está sendo utilizado. O conhecimento do uso atual e sua cobertura são imprescindíveis em qualquer projeto de caracterização e monitoramento ambiental, permitindo demarcar os diferentes usos da terra e vegetação, bem como subsidiar o planejamento e gestão ambientais.

A análise do uso atual envolve os mais diferentes aspectos, como o tipo de plantio, florestas e vegetação, tipo de solo e descrição do curso de rios na região. Este controle garante o uso consciente da terra, sem causar deterioração do meio ambiente, principalmente no que diz respeito aos danos à água e ao solo, visando evitar a poluição, assoreamentos, inundações e desflorestamentos ilegais.

Quando falamos em uso do solo, estamos nos referindo à forma de utilização do solo, ou seja, como esta terra está sendo aproveitada. São exemplos de uso atual do solo: área urbana, pastagens, florestas e locais de mineração. A caracterização do uso atual, no levantamento, é importante, fornecendo dados na elaboração do planejamento a ser desenvolvido. O uso da terra dá também indicações sobre a tradição e a experiência dos lavradores, como ela vem sendo manejada, e sugerindo possíveis manejos futuros.

Existem muitos fatores que influenciam o solo, como a latitude, os ventos, as massas de ar, a umidade, as chuvas, entre outros. Apesar dessa diversidade, a altitude é um dos fatores mais decisivos sobre as características do solo. Entendemos por altitude a distância vertical, que deve ser medida em metros, entre um determinado local da Terra e o nível do mar. A altitude tem relação direta com a declividade e, conseqüentemente, com o relevo da área, pois influencia diretamente algumas características do solo, como profundidade do perfil, drenagem, capacidade de infiltração e quanto ao risco de haver erosão em uma área explorada com agricultura ou pecuária.

Relevo também é um fator importante para a descrição morfológica do solo, pois estes moldam a superfície da crosta da Terra. Ele pode ser modificado pela ação de fatores externos, como a erosão, que ocorre devido a processos naturais, como a água da

chuva, os ventos, entre outros; e pela interferência humana com a paisagem. O relevo também é diretamente afetado por outros aspectos ambientais, como o clima, os tipos de rochas, o solo e a cobertura do solo.

O relevo local refere-se à declividade de onde se está descrevendo o perfil. As declividades são distribuídas em classes, conforme especificações apresentadas anteriormente. O relevo regional diz respeito ao relevo geral na área onde está sendo descrito o perfil, região de influência do relevo. Com a análise do relevo local e regional é possível especificar detalhes das formas dos topos das elevações, forma e largura dos vales, forma e extensão das vertentes ou encostas, além da amplitude de variação dos declives, de forma que se torna possível, então, registrar informações sobre os desníveis entre elevações e várzeas contíguas com amplitude de altitude relativa regional.



Reflita

O relevo é um importante fator de formação do solo e age em conjunto com o tempo, material de origem, organismos e clima. Uma região que apresenta distintas formas de relevo, mas que está submetida ao mesmo material de origem, tempo e clima, originará obrigatoriamente classes de solos com características morfológicas iguais?

No Brasil, o relevo é formado principalmente por planaltos, planícies e depressões, embora outros tipos também possam ser vistos.

Os planaltos são terrenos relativamente planos, localizados em áreas de maior altitude. Eles são limitados, pelo menos de um lado, pelas superfícies inferiores. As planícies são áreas planas ou levemente onduladas formadas pelo depósito de sedimentos transportados pela água ou pelo vento, por exemplo. Elas são geralmente encontradas em altitudes mais baixas, já que são feitas pelo depósito de sedimentos não consolidados provenientes de outros locais. As depressões são um conjunto de relevos lisos ou onduladas que estão abaixo do nível de altitude das regiões vizinhas. Para a descrição do relevo, foi assumida a classificação baseada na declividade, como apresentado no Quadro 4.2.

Quadro 4.2 | Descrição da classe do relevo conforme a declividade

Declividade (%)	Classe de Relevo	Descrição
0-3 %	Plano	Desnivelamentos são muito pequenos.
3-8%	Suave ondulado	Superfície de topografia ligeiramente movimentada, constituída por conjuntos de pequenas colinas.
8-20%	Ondulado	Superfície de topografia relativamente movimentada, constituída por conjunto de medianas colinas.
20-45%	Forte ondulado	Superfície de topografia movimentada, com desníveis fortes, formados por conjunto de morros.
Acima de 45%	Montanhoso	Superfície de topografia vigorosa, com formas acidentadas, usualmente constituídas de montanhas, apresentando desnivelamentos relativamente grandes e declives fortes.

Fonte: adaptado de IBGE (2015).

A drenagem indica a capacidade de absorção e/ou velocidade de remoção de água do solo. A drenagem interna do solo está diretamente relacionada com velocidade de percolação da água em profundidade. É importante que a drenagem do terreno seja adequada e efetiva, não ocasionando futuras erosões por danificação e enfraquecimento do solo.

As classes de drenagem referem-se à quantidade e à rapidez com que a água recebida pelo solo escorre por infiltração e por escoamento, afetando as condições hídricas do solo e a duração do período em que permanece úmido ou encharcado. As classes de drenagem distinguidas são qualificadas conforme as especificações do Quadro 4.3.

Quadro 4.3 | Descrição detalhada da classificação de drenagem

Classe de drenagem	Descrição
Excessivamente drenado	A água é removida do solo muito rapidamente, sendo este de textura arenosa.
Fortemente drenado	A água é removida rapidamente do solo, o qual geralmente é muito poroso, de textura média a arenosa e bem permeável.
Acentuadamente drenado	A água é removida rapidamente do solo, que geralmente é de textura argilosa a média, porém sempre muito poroso e bem permeável.

Bem drenado	A água é removida do solo com facilidade, mas não rapidamente; geralmente apresenta textura argilosa ou média, quando presente, o mosqueado é profundo, localizando-se a mais de 150 cm da superfície do solo e também a mais de 30 cm do topo do horizonte B ou do horizonte C, se não existir B.
Moderadamente drenado	A água é removida do solo bem lentamente, o perfil permanece molhado por uma parte do tempo. Geralmente possui permeabilidade lenta. Pode apresentar algum mosqueado de redução na parte inferior do B, ou no topo deste, associado à diferença textural acentuada entre A e B.
Imperfeitamente drenado	A água é removida do solo lentamente, permanecendo molhado por período significativo, mas não durante a maior parte do ano. Geralmente possui permeabilidade lenta, lençol freático alto, adição de água através de transporte lateral ou alguma combinação destas condições. Normalmente, apresenta algum mosqueado de redução no perfil.
Mal drenado	A água é removida do solo tão lentamente que este permanece molhado por uma grande parte do ano. O lençol freático comumente está à superfície ou próximo dela durante uma boa parte do ano, camada lentamente permeável, adição de água através de translocação lateral interna ou alguma combinação destas condições. É frequente a ocorrência de mosqueado no perfil.
Muito mal drenado	A água é removida do solo tão lentamente que o lençol freático permanece à superfície ou próximo dela durante a maior parte do ano. Geralmente ocupa áreas planas ou depressões, onde há frequentemente, estagnação de água.

Fonte: adaptado de IBGE (2015).

Erosão é a ação de processos superficiais, tal como a ação do fluxo de água ou do vento que remove solo, rochas, ou material dissolvido de um local na crosta da Terra, que então o transporta para outro local. O estado de erosão do solo, considerando suas diversas formas, representa importantes aspectos a serem levantados, porque indica o grau de redução de sua produtividade, bem como a natureza e a intensidade das práticas conservacionistas que se fazem necessárias.

Para efeito do estudo morfológico do solo, destacam-se como o principal desgaste do solo pela erosão, a erosão laminar e a erosão em sulcos.

A erosão laminar é a remoção de uma camada aparentemente uniforme da parte superficial do solo pela ação da enxurrada não concentrada. Embora seja uma das mais importantes, é a mais difícil de ser identificada e avaliada nas condições gerais dos solos brasileiros, em razão da pequena diferenciação morfológica entre os horizontes do perfil, principalmente nos latossolos. As erosões em sulcos e voçorocas são, normalmente, mais facilmente reconhecíveis em seus diferentes graus de intensidade, e podem ser claramente identificadas, verificando-se a extensão das escavações deixadas no terreno, através da profundidade e frequência dos sulcos. Contudo, no caso dos sulcos rasos, a identificação pode ser ainda difícil se o terreno tiver sido recentemente arado. São as seguintes as classes de erosão (Quadro 4.4), usualmente levantadas e mapeadas:

Quadro 4.4 | Descrição detalhada da classificação da erosão

Classes de erosão	Descrição
Não aparente	Plano
Ligeira	Suave ondulado
Moderada	Ondulado
Forte	Forte ondulado
Muito forte	Montanhoso
Extremamente forte	O solo apresenta os horizontes A e B completamente removidos, e o horizonte C revela ocorrência muito frequente de sulcos muito profundos (voçorocas).

Fonte: adaptado de IBGE (2015).

A **litologia** diz respeito à formação geológica da qual se originou o solo, ou seja, é o estudo especializado das rochas e de suas camadas, abordando os processos de litificação, ou as categorizações referentes a esses mesmos processos e aos tempos geológicos em que ocorreram. Litologia está relacionada à rocha que irá formar o solo. Em solos profundos como os solos de regiões tropicais, o material de origem é o regolito, originado da alteração da rocha. Logo, as variações litológicas são as variações que as rochas sofrem no decorrer do tempo resultando em um determinado tipo de solo. Portanto a litologia consiste na descrição de rochas em afloramento ou amostra

de mão, com base em várias características, tais como a cor, a textura, a estrutura, a composição mineralógica ou a granulometria.

O solo é uma camada mais superficial da crosta terrestre, onde se desenvolvem muitas plantas e vivem uma grande variedade de animais. Esta camada, do solo, não é muito profunda, apresentando, em média, 30 cm de espessura. Ela vem se formando há milhões de anos, com o acúmulo de pequeníssimas partículas, formadas pelo desgaste das rochas, que foram se misturando com os restos de animais e plantas.



Pesquise mais

A compreensão da litologia é importante para se entender qual o material de origem de um determinado solo, pois é ela que origina as principais características morfológicas, físicas e químicas de um solo agrícola, influenciando, assim, na característica da vegetação que faz a cobertura do solo. Assim, para que você possa entender como a litologia é fundamental para a vegetação, sugiro a leitura do artigo intitulado: *A influência da litologia na distribuição da cobertura vegetal e no uso do solo na Serra do Gandarela, Quadrilátero Ferrífero - MG.*

LAMOUNIER, W. L., CARVALHO V. L. M., SALGADO A. A. R., MARENT, B. R. A influência da litologia na distribuição da cobertura vegetal e no uso do solo na Serra do Gandarela, Quadrilátero Ferrífero - MG. **Geografias**, Belo Horizonte, v. 6, n. 1, p. 152-165, 2010. Disponível em: <<https://bit.ly/2wk7XHf>>. Acesso em: 16 jun. 2018.

O tipo de vegetação de determinada região vai depender, primordialmente, do seu tipo de clima. Entretanto, essa regra aplica-se somente à vegetações naturais ou nativas, pois a formação vegetal é o primeiro elemento da paisagem que o homem modifica, estando, portanto, em constante transformação. O Brasil, por ter dimensões territoriais continentais, abriga oito tipos principais de vegetação natural, entre eles está a floresta amazônica, onde é possível se deparar com a imensa diversidade de espécies vegetais, onde o material orgânico produzido pela própria floresta é fonte da sua fertilidade e onde se tem uma fauna variada e com grande diversidade. Em comparação com a floresta amazônica, a mata atlântica apresenta-se com menor densidade, sendo esta a vegetação que apresentou maior alteração e que sofreu grande devastação ao longo do litoral

brasileiro, de maneira que apenas 5% de sua área ainda permanece com a sua característica natural hoje (IBGE, 2015).

A caatinga, vegetação típica do semiárido brasileiro, apresenta características adaptadas à aridez, como folhas atrofiadas, caules espessos e sistema radicular que se adaptam aos períodos de estiagem, alongando-se em busca de água nos lençóis freáticos profundos. Diferentemente da caatinga, a mata de araucária apresenta vegetação homogênea, com preponderância de pinheiros, erva-mate, imbuia, canela, cedros e ipês. Já o cerrado é formado por plantas adaptadas à estação seca e úmida predominantemente formada por arbustos com galhos retorcidos, cascas grossas e raízes profundas, para ajudar a suportar o período de seca.

A região pantaneira apresenta vegetação heterogênea com plantas adaptadas ao excesso de umidade nas áreas alagadas pelo rio e adaptadas à seca nas áreas altas e secas. Os campos apresentam vegetação rasteira adaptada a ecossistemas alagados, com predomínio da vegetação de juncos, gravatas e aguapés que propiciam um habitat ideal para as várias espécies de animais. As vegetações litorâneas são características das terras baixas e planícies do litoral.

A ocorrência de pedras no solo pode se constituir em um critério de diferenciação, cuja taxonomia e significado dependem de outras propriedades. Pedras com diâmetros acima de 20 cm não são consideradas na classificação textural dos horizontes (EMBRAPA, 2014), pois não são tidas como partes integrantes dos solos, embora tenham grande importância para o uso da terra e limitem o emprego de máquinas agrícolas. Essa qualificação abrange as classes de pedregosidade, conforme definições no Quadro 4.5.

Quadro 4.5 | Descrição detalhada da classificação de pedregosidade

Classes de pedregosidade	Descrição
Não pedregosa	Não há ocorrência de calhaus ou matacões na superfície ou na massa do solo, ou a ocorrência é insignificante e não interfere na aração do solo; e, caso interfira, é de forma significante, sendo facilmente removível.
Ligeiramente pedregosa	Ocorrência de calhaus ou matacões esparsamente distribuídos, ocupando de 0,01 a 0,1% da massa ou da superfície do terreno, distanciando-se por 10 a 30 m, podendo interferir na aração. Perfeitamente viável para o cultivo entre as pedras.

Moderadamente pedregosa	Ocorrência de calhaus ou matacões, ocupando de 0,1 a 3% da massa do solo ou da superfície do terreno, distanciando-se por 1,5 a 10 m, tornando impraticável o cultivo entre as pedras, entretanto, seus solos só podem ser utilizados no cultivo de forrageiras e pastagens naturais melhoradas, se outras características forem favoráveis.
Pedregosa	Ocorrência de calhaus ou matacões ocupando de 3 a 15% da massa do solo ou da superfície do terreno, distanciando-se por 0,75 a 1,5m, tornando impraticável o uso de maquinaria, com exceção de máquinas leves e implementos agrícolas manuais. Solos nessa classe de pedregosidade podem ser utilizados como áreas de preservação da flora e da fauna.
Muito pedregosa	Ocorrência de calhaus ou matacões ocupando de 15 a 50% da massa do solo ou da superfície do terreno, distanciando-se por menos de 0,75m, tornando completamente inviável o uso de qualquer tipo de maquinaria ou implemento agrícola manual. Solos nessa classe de pedregosidade são viáveis somente para vegetações nativas.
Extremamente pedregosa	Calhaus e matacões ocupam de 50 a 90% da superfície do terreno ou massa do solo.

Fonte: adaptado de IBGE (2015).

A rochosidade refere-se à proporção relativa de exposições de rochas do embasamento, na superfície do terreno. Rochas, calhaus e matacões constituem empecilhos à mecanização, tanto para fins agrícolas como para a construção civil (estradas, canais de irrigação, etc.). Por isso, informações a seu respeito por ocasião da descrição do perfil são muito úteis - sem contar o uso de muito desses materiais para construção, pavimentação de estradas, etc. Essa qualificação abrange as classes de rochosidade, conforme definições no Quadro 4.6.

Quadro 4.6 | Descrição detalhada da classificação da rochosidade

Classes de rochosidade	Descrição
Não rochosa	Não há ocorrência de afloramentos do substrato rochoso, nem de matacões, ou sua ocorrência é muito pequena, ocupando menos de 2% da superfície do terreno, não interferindo na aração do solo.

Ligeiramente rochosa	Os afloramentos são suficientes para interferir na aração, sendo, entretanto, perfeitamente viáveis os cultivos entre as rochas. Os afloramentos e, ou, matacões se distanciam de 30 a 100m, ocupando de 2 a 10% da superfície do terreno.
Moderadamente rochosa	Os afloramentos são suficientes para restringir cultivos entre as rochas e, ou, matacões, sendo possível o uso de máquinas especiais e implementos agrícolas manuais e o cultivo de lavouras perenes ou plantios florestais, forrageiras ou pastagem natural melhorada. Os afloramentos e, ou, matacões se distanciam de 10 a 30 m, ocupando de 10 a 25% da superfície do terreno.
Rochosa	Os afloramentos são suficientes para tornar impraticável a mecanização. Solos dessa classe de rochividade podem ser utilizados como áreas de extrativismo florestal com plantio de espécies nativas e preservação da flora e da fauna. Os afloramentos rochosos, matacões e, ou, manchas de camadas delgadas de solos sobre rochas se distanciam de 3 a 10 m e cobrem de 25 a 50% da superfície do terreno.
Muito rochosa	Os afloramentos rochosos, matacões e, ou, manchas de camadas delgadas de solos sobre rochas se distanciam menos de 3 m, cobrindo 50 a 90% da superfície, tornando completamente inviável a mecanização. Solos nesta classe de rochividade são viáveis apenas para florestas nativas e preservação da flora e da fauna.
Extremamente rochosa	O afloramento de rochas e, ou, matacões ocupam mais de 90% da superfície do terreno; nesse caso, os solos são considerados tipos de terreno.

Fonte: adaptado de IBGE (2015).

Portanto, baseando-se nas informações descritas será possível compreender as características morfológicas que compõem um solo agrícola e que são importantes para realizar a descrição. A análise desses atributos é importante para a melhor compreensão de como o processo de pedogênese ocorreu em um determinado solo, levando-nos, assim, ao entendimento de sua ação, sejam esses atributos gerais ou específicos, além da compreensão de como o intemperismo atua sobre o material de origem, influenciado pelos fatores de formação de um determinado solo.



A adaptação de áreas agrícolas para a utilização de maquinários agrícolas, geralmente necessita de grande investimento, como por exemplo, práticas de nivelamento de terreno, ajuste de terraços e de linhas de nível. Nas regiões semiáridas a pedregosidade e rochividade reduzem ou impossibilitam o uso de técnicas de mecanização agrícola. A retirada de pedras superficiais, com o intuito da utilização de máquinas agrícolas, quando não é realizada em grande escala, pode ser aplicada quando sua utilização for viável. Este procedimento torna-se economicamente inviável quando realizado em grandes escalas, não sendo justificado nas condições atuais do Brasil, onde não há escassez de terras agrícolas. Quando ocorrer rochividade na superfície do solo, geralmente não haverá viabilidade técnica para a implantação agrícola (FRANCISCO, 2010).

Sem medo de errar

Prezado, aluno, relembremos a problemática apresentada no início da seção: você começa a primeira etapa, que se trata de levantamento exploratório, visitando a fazenda Três Marias. Ao percorrer a área, algumas características visuais chamam sua atenção: a área é moderadamente pedregosa e moderadamente rochosa. A área havia sido transformada em pasto, mas Paulo esclarece que foi abandonada e, por isso, a vegetação encontrava-se em estágio de pousio, uma vez que a retirada inicial da vegetação acabou provocando moderada erosão hídrica e aparição de frequentes sulcos rasos ao longo da área. Com todos os dados levantados e os registros fotográficos realizados, será sua função realizar a descrição morfológica externa do solo e responder alguns questionamentos que ajudarão a planejar o manejo específico da área:

(I) Quais características desse solo fazem com que apresente moderada rochividade e pedregosidade? O solo da área do produtor apresenta moderada rochividade e pedregosidade, com a presença de calhaus ou matações que ocupam de 0,1 a 3% da massa do solo ou da superfície do terreno, distanciando-se entre si de 1,5 a 10 m; os afloramentos também se distanciam um do outro de 10 a 30 m, ocupando de 10 a 25% da superfície do terreno tornando impraticável o cultivo entre as pedras e as rochas, sendo possível o uso de máquinas especiais e implementos agrícolas manuais, além do cultivo de lavouras perenes ou plantios florestais,

fornageiras ou pastagem natural melhorada. Portanto, essas práticas são alternativas que o produtor poderá adotar para tornar a área viável e apta para o estabelecimento de ótima produtividade dentro das características da área do produtor.

(II) Qual a influência da vegetação na alteração do solo da área? O tipo de vegetação de determinada região vai depender, primordialmente, do seu tipo de clima. Entretanto, essa regra aplica-se somente a vegetações naturais ou nativas, pois a formação vegetal é o primeiro elemento da paisagem que o homem modifica, estando, portanto, em constante transformação. Assim, à medida que o produtor alterou a área, modificando a vegetação, ele, conseqüentemente, modificou a estrutura do ambiente. As áreas de pasto citadas por Paulo estão mais suscetíveis à erosão hídrica, de modo que a cobertura vegetal ajuda a diminuir o impacto das gotas de chuvas sobre o solo, auxilia na absorção de água e favorece a estruturação do solo, portanto, ao conduzir a regeneração natural da vegetação, a área do produtor acaba sendo beneficiada, pois a retirada inicial da vegetação provoca moderada erosão hídrica e frequentes sulcos rasos ao longo da área.

(III) O relevo local dará origem a quais características dos solos? Como observado por você, a área possui relevo fortemente ondulado, ou seja, é uma área com superfície de topografia movimentada, com desníveis fortes, e que é formada por conjuntos de morros. Essas áreas são fortemente inclinadas e apresentam escoamento superficial muito rápido, na maior parte dos solos. Somente as máquinas agrícolas especiais ou mais leves podem ser usadas, mesmo com dificuldades. Portanto, o produtor deverá adotar sistemas de preparo de solo mais conservacionistas, evitando o preparo convencional a fim de que não haja perda de solo ou mudança na sua estrutura física decorrente do preparo inadequado.

(IV) Qual a relação entre a erosão hídrica e a drenagem do solo deficiente? Por possuir drenagem deficiente, a água é removida do solo bem lentamente, e o perfil permanece molhado por uma parte do tempo. Geralmente possui permeabilidade lenta, fator que acarreta acúmulo de água na superfície do solo. Já que o relevo apresenta declividade acentuada, a água, ao acumular-se, acabou arrastando a camada superficial, que, além da declividade e a drenagem deficiente, apresentava uma retirada inicial da vegetação,

que acabou provocando moderada erosão hídrica nas áreas do produtor. Determinadas as soluções e estabelecidas as respostas para os questionamentos, a primeira etapa do serviço foi resolvida.

Nesse momento, você deverá elaborar a primeira etapa do relatório de avaliação de capacidade de uso das áreas, apontando as principais características morfológicas do solo que poderão beneficiar ou não a produtividade agrícola na área pela empresa que você representa. Apresente as respostas encontradas durante esta primeira parte dos estudos, pois elas é que irão subsidiar o diagnóstico direcionado ao relatório que será enviado para a sede da multinacional que você está prestando serviços e que será fundamental para auxiliar na tomada de decisão.

Assim você começará a compreender as características, começará a conhecer os principais atributos utilizados para a descrição morfológica externa do solo e conseguirá, conseqüentemente, analisar a morfologia externa do solo, assim como o seu perfil, dentro do contexto agrônomo.

Avançando na prática

Descrição morfológica externa do solo

Descrição da situação-problema

As áreas de reserva extrativista (RESEX) são importantes espaços utilizados pelas populações locais que praticam o extrativismo vegetal ou mineral visando a realização de atividades econômicas de forma sustentável. O levantamento de informações dentro dessas áreas é fundamental para assegurar o papel produtivo e garantir a sobrevivência de comunidades tradicionais. Você é engenheiro agrônomo e representa uma empresa de assistência técnica que desenvolve o levantamento das informações da RESEX "Verde para Sempre". Para tanto foi delimitada uma área de 10 ha.

Após um mês de estudo na área, uma série de informações foi levantada: superfície de topografia parcialmente movimentada, formada por uma série de encostas medianas com declividades médias de 16%; com relação à drenagem, a água é removida do solo lentamente, permanecendo molhado por muito tempo; apresenta, principalmente na camada subsuperficial, baixa permeabilidade com

adição e transporte lateral de água, com presença de mosqueados ao longo do perfil do solo; foi observado também na superfície do solo presença de calhaus e matações ocupando 12% da massa superficial do solo, assim como rochas com distâncias médias de 7 m cobrindo 35% da superfície do terreno. O solo apresentou também 65% da camada superficial removida na maior parte da área de estudo. Assim alguns questionamentos poderão subsidiar a atividade: qual a influência da declividade sobre as possíveis modificações do solo? Há relação entre a drenagem e a perda de camada superficial de solo? A pedregosidade e a rochosidade podem influenciar no desenvolvimento da vegetação?

A sua função será realizar a classificação e a descrição morfológica externa do solo da área de estudo, visando subsidiar a conservação e preservação da flora e da fauna dessa RESEX e visando a manutenção da atividade produtiva desta comunidade tradicional.

Resolução da situação-problema

Com base nas informações levantadas por você durante o estudo da área, é possível concluir que, a partir da declividade estimada de 16%, a área apresenta relevo ondulado e a área pode ser caracterizada como uma superfície de topografia relativamente movimentada, constituída por conjuntos de medianas colinas. Quanto à drenagem, é possível concluir que este solo apresenta-se moderadamente drenado, apresentando mosqueados de redução na parte inferior do B, ou no topo do mesmo, associado à diferença textural acentuada entre A e B. Assim, há o acúmulo de água na superficial que, quando submetida à ação da gravidade devido ao solo ondulado e à variação de textura, acarretará em perda de solo por erosão hídrica. Esta característica explica ainda uma outra que ocorre no solo da área de estudo, que é a presença de 65% da camada superficial removida na maior parte da área, enquadrando, assim, esta propriedade na classe de erosão moderada. Com relação à pedregosidade e à rochosidade é possível concluir que, com base nas informações de que o solo da área é caracterizado como rochoso e pedregoso, assim são solos que podem ser utilizados como áreas de preservação da flora e da fauna, sendo esta uma das características básicas das áreas de RESEX, e estabelecendo, assim, uma relação adequada entre as propriedades da área e o uso ao qual é submetida.

Faça valer a pena

1. Um produtor agrícola convidou um técnico especialista em topografia para realizar um estudo nas suas áreas. Ao realizar uma série de levantamentos, o técnico identificou dois tipos de relevos.

Tipo 1: superfície topográfica pouco movimentada, formando pequenas colinas e acidentes topográficos com declividades variando entre 3 e 8%.

Tipo 2: superfície topográfica relativamente movimentada, formando medianas colinas e acidentes topográficos com declividades variando entre 8 e 20%.

Assinale a alternativa que corresponde às classes de relevo identificadas pelo técnico, respectivamente.

- a) Suave Ondulado e Plano, respectivamente.
- b) Ondulado e Suave Ondulado, respectivamente.
- c) Suave Ondulado e Ondulado, respectivamente.
- d) Suave Ondulado e Forte Ondulado, respectivamente.
- e) Forte Ondulado e Ondulado, respectivamente.

2. A drenagem corresponde à capacidade que um solo tem de escoar ou infiltrar, influenciando na umidade e no acúmulo de água no solo. Assim, entre as classes de drenagem e suas respectivas características temos:

- | | |
|--|-----------------------------|
| I. Água removida do solo muito rapidamente. São solos de textura arenosa, geralmente. | A. Excessivamente drenado. |
| II. Água removida rapidamente do solo. São solos, geralmente, de textura argilosa. | B. Fortemente drenado. |
| III. Água removida rapidamente do solo. São solos de textura média a arenosa, geralmente. | C. Acentuadamente drenado. |
| IV. Água removida do solo um tanto lentamente. São solos que comumente apresentam uma camada subsuperficial de permeabilidade lenta. | D. Bem drenado. |
| V. Água removida do solo com facilidade, mas não rapidamente. São solos, geralmente, de textura argilosa ou média. | E. Imperfeitamente drenado. |
| VI. Água é removida do solo muito lentamente, acarretando a permanência do lençol freático próximo à superfície durante grande parte do ano. | F. Muito mal drenado. |

Assinale a alternativa que correlaciona corretamente as colunas a seguir:

- a) I-A; II-C; III-B; IV-D; V-E; VI-F.
- b) I-A; II-C; III-E; IV-B; V-D; VI-F.
- c) I-A; II-B; III-C; IV-E; V-D; VI-F.
- d) I-A; II-C; III-B; IV-E; V-D; VI-F.
- e) I-C; II-A; III-B; IV-E; V-D; VI-F.

3. A pedregosidade e a rochividade são fatores importantes para tomada de decisão quanto à escolha do manejo do solo para torná-lo apto ao desenvolvimento da agricultura.

Com base nisso, analise as assertivas a seguir:

- () Entende-se por solos não pedregosos aqueles que não apresentam a ocorrência de afloramentos do substrato rochoso.
- () Os solos pedregosos são aqueles em que há ocorrência de calhaus e/ou matacões ocupando de 3 a 15% da massa do solo.
- () Os solos classificados como ligeiramente rochosos apresentam afloramentos e/ou matacões que ficam de 30 a 100 m distanciados um do outro, ocupando menos de 2% da massa superficial do solo.
- () Entende-se por solos extremamente pedregosos aqueles que apresentam calhaus e matacões ocupando entre 50 e 90% da zona superficial do solo e/ou da massa de solo.
- () Os solos classificados como rochosos são aqueles que apresentam afloramentos rochosos, porém não suficientes para tornar impraticável o uso da mecanização agrícola.
- () Os solos classificados como extremamente rochosos apresentam afloramentos ocupando mais de 90% da superfície do solo.

Julgue os itens, assinalando V para as assertivas que julgar verdadeiras e F para as falsas. Em seguida, assinale a alternativa que corresponde à sequência dos itens.

- a) F-F-F-V-F-V.
- b) F-V-V-V-F-V.
- c) F-V-F-F-F-V.
- d) F-V-F-V-F-F.
- e) F-V-F-V-F-V.

Seção 4.2

Perfil do solo

Diálogo aberto

O perfil do solo é composto por horizontes e camadas que se diferenciam entre si de acordo com as suas respectivas características, as quais são derivadas do processo de pedogênese e influenciam diretamente na designação e nas características dos horizontes, na espessura e arranjo, bem como na transição entre eles.

Essas características influenciam diretamente nas propriedades físicas e químicas do solo e são derivadas dos materiais de formação dos solos, originados por meio dos processos gerais e específicos de formação.

Para que você possa entender melhor a relação entre os diferentes horizontes que formam o perfil de um solo, as suas características morfológicas e a sua influência nos índices produtivos, vamos dar continuidade ao nosso estudo partindo da situação apresentada no início da unidade:

Você, engenheiro agrônomo, está atuando em uma multinacional, estudando o solo de três possíveis fazendas que serão adquiridas pela empresa. Na segunda área em que o estudo vem sendo realizado, considere que a situação foi avaliada como crítica para a apresentação de um plano de manejo de solo que seja adequado para torná-la agricultável. Dessa forma uma trincheira foi aberta para que uma análise detalhada das propriedades químicas e físicas deste solo sejam determinadas nas camadas inferiores, tanto na parte mais elevada da área, quanto na parte mais baixa do terreno.

Ao analisar as duas áreas, foi constatado que, na parte que é mais alta, existe um solo com drenagem de moderada a imperfeita, com tendência a apresentar maior deflúvio do que infiltração de água e com vulnerabilidade de erosão. Você observou, ainda, que há uma elevada alteração na transição entre horizontes, caracterizada como abrupta, e que há uma camada compactada abaixo da camada superficial, ocasionando um desprendimento de material superficial e um baixo acúmulo de matéria orgânica.

Já o solo da área de estudo, que se encontra numa posição de relevo quase plano, com pequena declividade, além de ser argiloso - apesar da drenagem imperfeita - apresenta menor vulnerabilidade à erosão e um elevado teor de matéria orgânica, com presença de raízes nas camadas subsuperficiais, solo com baixa ou nenhuma compactação e a espessura da faixa de transição caracterizada como difusa e de difícil diferenciação entre os horizontes do solo.

Sabendo da importância de conhecer os horizontes do solo e as particularidades do solo apresentado, em que essas características de transição de solos interferem em sua compactação? A compactação dos horizontes subsuperficiais têm relação direta com a formação do solo?

Dessa maneira, será função sua levantar o máximo de informações sobre o perfil do solo estudado, de modo que as informações elucidem os pontos acima e se tenha o correto diagnóstico dos problemas da área, a fim de sugerir um parecer que comporá a segunda parte do relatório técnico de diagnóstico da área. Vamos lá?

Bons estudos!

Não pode faltar

O solo é um corpo natural, tridimensional, com características próprias e que ocupa uma porção definida da paisagem (PENNOCK; VELDKAMP, 2006). As características próprias de cada tipo de solo podem ser analisadas e descritas em seu perfil, seção vertical que se estende da superfície até o material que lhe deu origem e com dimensão lateral suficiente para observar a variação das características (IBGE, 2015).

O solo apresenta uma sucessão de camadas mais ou menos paralelas à superfície, que são diferenciadas entre si e às quais chamamos de horizonte, como pode ser visto na Figura 4.2. Ou seja, os horizontes são subseções do perfil do solo, aproximadamente paralelas à superfície e com características morfológicas e atributos físicos, químicos e mineralógicos distintos para individualizá-las, segundo critérios morfogenéticos. Já a camada é distintiva para uma seção do solo que se diferencia das demais em seus atributos morfológicos em função das características do material herdado, diferentemente dos horizontes que se diferenciam em função dos processos pedogenéticos.

Quando bem desenvolvido, o solo possui os horizontes principais (O, A e B) e um horizonte que compreende a alterita (C) (LEPSCH, 2011). Enquanto isso as camadas distinguem-se pelas diferentes características de composição química, de textura, de cor, porosidade, riqueza em matéria orgânica e/ou mineral (LEPSCH, 2002).

Figura 4.2 | Horizontes de um perfil de solo latossolo vermelho-amarelo: A: Horizonte A; B: Horizonte B; C: Horizonte C; D: Horizonte D



Fonte: Teixeira e Arenas (2015, p. 3207).

No perfil do solo há a descrição das características internas como espessura, cor, textura, estrutura, consistência, porosidade, transição e horizontes, presença de raízes e demais características que vimos na Seção 3.2, além de características ambientais do local onde está o perfil.



Assimile

Entende-se por perfil do solo a faixa que vai da superfície ao material de origem, representado por R, no caso de solos originados diretamente da rocha, usada para fins de exame, descrição e coleta do solo, que é a unidade básica de estudo do solo (SANTOS et. al., 2015).

Quando analisadas as inúmeras propriedades morfológicas dos horizontes ou camadas, o pedólogo deverá proceder à sua identificação e nomeá-las. Dessa forma temos como identificar os horizontes principais, transicionais e intermediários. Os horizontes pedogenéticos principais são: O, H, A, E, B, C e F, como pode ser ilustrado na Figura 4.3.

Figura 4.3 | Esquema dos horizontes que compõem perfil do solo



Fonte: Lepsch (2011, p. 194).



Refleta

Conhecer as características morfológicas das camadas e horizontes do solo é importante na descrição do perfil do solo. Uma zona do solo de constituição orgânica e mineral pouco influenciada e que suas características não resultaram dos processos pedogenéticos serão utilizadas na classificação do solo?

O Horizonte O tem como característica ser superficial e de constituição orgânica. Estando superior a solos minerais ou à rocha. Poderá, ocasionalmente, estar saturado por água por curto período de tempo. Poderá também consistir em um horizonte superficial composto por material orgânico, pouco ou nada decomposto, em que sua origem se dá em condições

de livre drenagem, porém superúmidas, de solos declivosos e montanhosos. Essas duas características são formadas em condições de drenagem sem restrições, que poderão resultar na estagnação de água (IBGE, 2015).

O Horizonte H é de constituição orgânica, superficial, ou não, composto de resíduos empilhados ou em acumulação sob condições de prolongada estagnação de água, desde que não haja drenagem artificial. Esses horizontes ou camadas são compostos por material orgânico em vários estágios de decomposição, incluindo ainda, ou não, matéria orgânica pouco ou nada decomposta, correspondendo à material morto acrescido à superfície, material fibroso situado nas zonas mais profundas do perfil ou material bem decomposto superficial ou subsuperficial (IBGE, 2015).



Exemplificando

A elevada fertilidade e principalmente a manutenção das taxas férteis dos solos de terra preta arqueológica têm relação direta com os altos níveis de matéria orgânica e os seus atributos físicos e químicos, como altos índices de capacidade de troca catiônica (CTC) das frações húmicas (CUNHA et. al., 2009). As plantas são fundamentais para a incorporação de compostos orgânicos primários ao solo, os quais são produzidos por meio da atividade fotossintética. Estas taxas variam de acordo com a quantidade de restos que caíram na superfície do solo, resultando na elevação das taxas de carbono orgânico (CO) do solo (FARIA et al., 2008). Estudos como o de Lima et. al. (2002) identificaram que solos de terra preta arqueológica possuem elevados teores totais de Ca e P, matéria orgânica, elevada atuação da micro e macrofauna do solo, pH variando entre 5,2 a 6,4; alto teor de fósforo disponível, geralmente maior que $250 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, Zn e Mn superiores a 200 e $450 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, respectivamente.

O Horizonte A é composto por minerais, podendo estar localizado na superfície do solo ou em sequência a horizontes ou camadas O ou H, diferenciando-se do horizonte ou camada subsequente pela maior concentração de matéria orgânica ou pela perda ou translocação de componentes minerais. A matéria

orgânica está bastante integrada aos componentes minerais e é agrupada ao solo, sobretudo pela atividade dos componentes biológicos do solo. As suas propriedades de coloração e atributos físicos são características formadas a partir do material orgânico que compõem o solo (IBGE, 2015).

O Horizonte E é um horizonte mineral cuja característica principal é a translocação de argila, ferro, alumínio ou matéria orgânica, com resultante concentração residual das frações arenosas e siltosas ou de compostos minerais persistentes ao intemperismo. Está situado normalmente sob um horizonte A ou H, que geralmente se diferencia dos demais pelo maior ou menor teor de matéria orgânica e pela coloração mais clara. Habitualmente, também tem coloração mais clara do que a de um horizonte B imediatamente abaixo (IBGE, 2015).

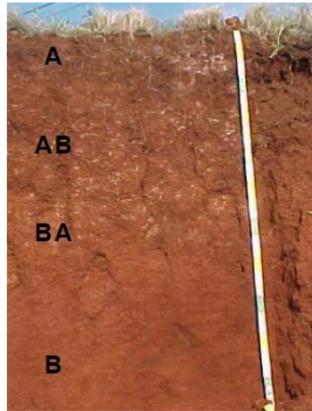
O Horizonte B é um horizonte mineral formado sob um E, A ou O, onde ocorre a maior expressão dos processos pedogenéticos. O horizonte B pode se encontrar atualmente à superfície, em consequência da remoção de E, A ou O por erosão ou outro fator (IBGE, 2015).

O Horizonte C é identificado como camadas de sedimentos, saprolito, material de rocha não consolidado e outros materiais de rocha não cimentados, que não apresentam resistência forte quando escavados ou cortados com uma pá (IBGE, 2015).

O Horizonte F é um horizonte ou camada de material mineral consolidado contínuo, ou praticamente contínuo, com fendas que geralmente são poucas ou pequenas para permitir o livre desenvolvimento do sistema radicular, sob A, E, B ou C rico em ferro e/ou alumínio e pobre em matéria orgânica, proveniente do endurecimento irreversível da plintita, ou originado por translocação lateral de ferro e/ou alumínio e precipitação formando bancadas cimentadas (IBGE, 2015).

Os Horizontes Transicionais são aqueles em que propriedades de um horizonte principal subjugam propriedades de outro horizonte principal e se combinam. São designados pela junção de duas letras-símbolo que são conotativas dos horizontes principais em questão (IBGE, 2015), como, por exemplo, AO, AH e AB (Figura 4.4). A primeira letra indica o horizonte principal, ao qual mais se relaciona o horizonte transicional.

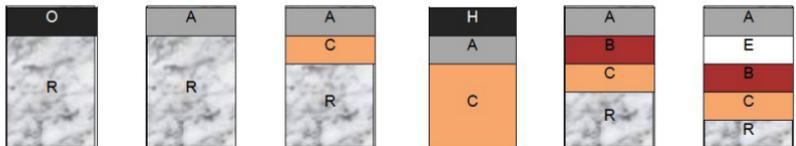
Figura 4.4 | Perfil do solo com horizontes principais e transicionais



Fonte: IBGE (2015, p. 43).

Os Horizontes Intermediários são horizontes mesclados que podem ser transicionais ou não e nos quais porções de um horizonte principal são envolvidas por material de outro horizonte principal, sendo as distintas partes identificáveis como pertencentes aos respectivos horizontes em causa (IBGE, 2015). São designados pela combinação de duas ou, ocasionalmente, três letras-símbolo, relacionadas aos horizontes principais em questão, separadas por barra transversal, como A/B, A/C e E/B. A primeira letra sempre indica o horizonte principal que ocupa maior volume. A Figura 4.5 representa alguns exemplos de seqüências de horizontes em alguns perfis de solos.

Figura 4.5 | Exemplos de seqüências de horizontes em alguns perfis de solos



Fonte: IBGE (2015, p. 40).

Para designar aspectos específicos, que são consequências de ações atópicas ou de processos pedogenéticos de horizontes e camadas principais (O, H, A, E, B e C), excluindo horizontes transicionais e intermediários, usam-se como sufixos letras minúsculas, como apresentado no Quadro 4.7.

Quadro 4.7 | Descrição das características específicas das designações do solo

Sufixos	Descrição
a	Usado com A, B e C para designar constituição dominada por material amorfo, de natureza mineral, oriundo de transformações de materiais vulcanoclásticos.
b	Usado com H, A, E, B e F para designar horizontes enterrados, se suas características pedogenéticas principais puderem ser identificadas como tendo sido desenvolvidas antes do horizonte ser enterrado.
c	Usado com A, E, B e C para designar acumulação significativa de concreções ou nódulos não concrecionários, cimentados por material outro que não seja sílica.
d	Usado com O e H para designar muito intensa ou avançada decomposição do material orgânico, do qual pouco ou nada resta de reconhecível da estrutura dos resíduos de plantas, acumulados conforme descrito nos horizontes O e H.
e	Usado com B e parte inferior de horizontes A espessos, para designar horizontes mais escuros que os contíguos, podendo ou não ter teores mais elevados de matéria orgânica, não associada com sesquióxidos, do que o horizonte sobrejacente.
f	Usado com A, B e C para designar concentração localizada (segregação) de constituintes secundários minerais ricos em ferro e/ou alumínio, em qualquer caso, pobre em matéria orgânica e em mistura com argila e quartzo.
g	Usado com A, E, B e C para designar desenvolvimento de cores cinzentas, azuladas, esverdeadas ou mosqueamento bem expresso dessas cores, decorrentes da redução do ferro, com ou sem segregação.
h	Usado exclusivamente com B para designar relevante acumulação iluvial, essencialmente de matéria orgânica ou de complexos orgânico-sesquioxídicos amorfos dispersíveis.
i	Incipiente desenvolvimento de horizonte B.
j	Usado com H, A, B e C para designar material palustre, permanente ou periodicamente alagado, de natureza mineral ou orgânica, rico em sulfetos, material sulfídrico (Tiomorfismo).
k	Usado com A, B e C para designar presença de carbonatos alcalino-terrosos, remanescentes do material originário, sem acumulação, comumente carbonato de cálcio.
m	Usado com B e C para designar cimentação pedogenética extraordinária e irreversível, contínua ou quase contínua.
n	Usado com H, A, B e C para designar acumulação de sódio trocável, acompanhada ou não de acumulação de magnésio trocável.
o	Usado com O e H para designar incipiente ou nula decomposição do material orgânico.
Do	Material orgânico intermediário entre d e o com predomínio de d.

Od	Material orgânico intermediário entre d e o com predomínio de o
p	Usado com H ou A para indicar modificações da camada superficial pelo cultivo, pastoreio ou outras pedoturbações.
q	Usado com B ou C para designar acumulação de sílica secundária.
Qm	Usado com B ou C para designar acumulação de sílica secundária, em caso de ocorrer cimentação contínua por sílica.
r	Usado com C para designar presença de camada de rocha subjacente, intensamente ou pouco alterada, desde que branda ou semibranda.
s	Usado exclusivamente com horizonte B para indicar relevante acumulação iluvial ou de translocação lateral interna no solo de complexos organo-sesquioxídicos amorfos dispersíveis.
t	Usado exclusivamente com B para designar relevante acumulação ou concentração de argila.
u	Usado com A e H para designar horizonte formado ou modificado pelo uso prolongado do solo.
v	Usado com B e C, para designar características vérticas.
w	Usado exclusivamente com B para designar intensa alteração com inexpressiva acumulação de argila, com ou sem concentração de sesquióxidos.
x	Usado com B e C e ocasionalmente E, para designar cimentação aparente, reversível.
y	Usado com B ou C para indicar acumulação de sulfato de cálcio.
z	Usado com H, A, B e C para indicar acumulação de sais mais solúveis em água fria que sulfato de cálcio.

Fonte: adaptado de IBGE (2015, p. 35-39).

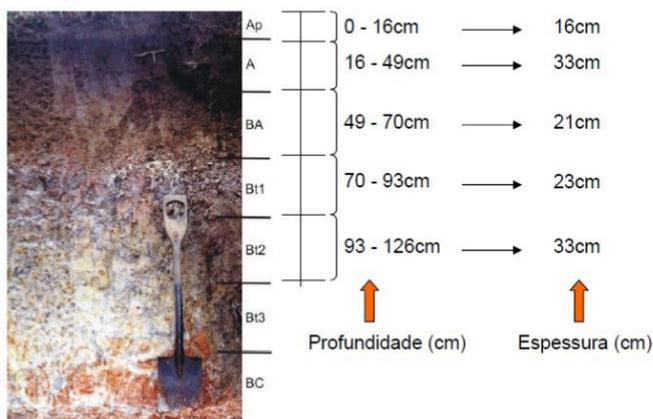
De acordo com o *Manual Técnico de Pedologia* (IBGE, 2015), a espessura (Figura 4.6) e a profundidade dos horizontes são determinados com fita métrica, que deve estar disposta na vertical e com o zero ajustado à superfície do solo, quando este não contiver horizontes orgânicos ou estiver em transição entre os horizontes orgânicos e os minerais. A espessura dos horizontes minerais, por sua vez, é medida de cima para baixo, e as espessuras dos horizontes orgânicos são medidas de baixo para cima, a partir do contato do horizonte orgânico com o mineral (Tabela 4.1). No caso de horizontes com transições onduladas, irregulares, quebradas ou descontínuas, considera-se a profundidade predominante, como na Figura 4.7.

Figura 4.6 | Exemplo de perfil de solo, mostrando diferentes profundidades e espessuras

	Profundidade	Espessura
A	0-50 cm	50 cm
B	50-210 cm	160 cm
C	210-300 cm +	90 cm +

Fonte: IBGE (2015, p. 56).

Figura 4.7 | Perfil de solo com suas respectivas profundidades e espessuras



Fonte: IBGE (2015, p. 43).

Tabela 4.1 | Classes de profundidade do solo

Profundidade	Profundidade do solo (cm)
Raso	≤ 50
Pouco profundo	51 a 100
Profundo	101 a 200
Muito profundo	>200

Fonte: adaptada de IBGE (2015, p. 117).

As características morfológicas, que definem o horizonte do solo, podem não mudar abruptamente nas linhas traçadas para separá-lo de horizontes adjacentes. Normalmente estas mudanças se fazem em faixas de espessura que são variáveis e cujas características morfológicas

graduam de um horizonte para outro. Esta faixa é utilizada para determinar a transição entre os horizontes (EMBRAPA, 2014). Na determinação da transição, utilizam-se dados de espessura ou nitidez da faixa (Tabela 4.2) e de topografia (Quadro 4.8), como ilustrado na Figura 4.8.

A transição entre os horizontes refere-se à maneira com que horizontes, subhorizontes e camadas são identificados na descrição do perfil. São diferenciados entre si quanto às variações de cor, textura e estrutura. É comum iniciar a identificação a partir de uma linha central com pequenas amostras dos horizontes adjacentes e compará-las quanto à semelhança de propriedades morfológicas, até que se note uma maior nitidez de separação entre eles.

Segundo o *SiBCS* (EMBRAPA, 2014), a caracterização da transição entre os horizontes é importante tanto em relação à gênese dos solos quanto a fatores de utilidade prática relacionados ao seu uso e manejo, como suscetibilidade à erosão, continuidade do sistema poroso, desenvolvimento do sistema radicular, práticas de controle da erosão, entre outros.

Tabela 4.2 | Nitidez de transição entre os horizontes

Nitidez	Faixa de separação
Abrupta	< 2,5
Clara	2,5 – 7,5
Gradual	7,5 – 12,5
Difusa	> 12,5

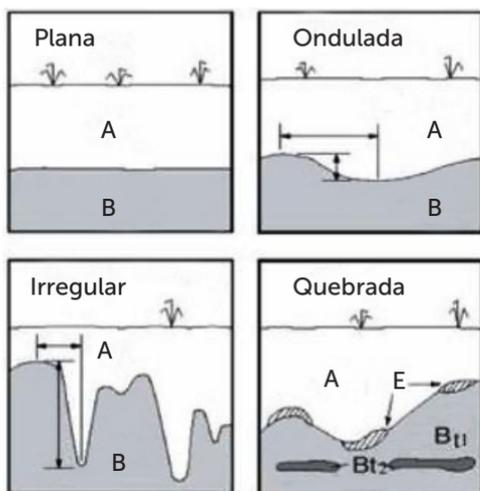
Fonte: adaptada de IBGE (2015, p. 40).

Quadro 4.8 | Topografia de transição entre os horizontes

Topografia	Característica
Plana	Paralela à superfície, com pouca ou nenhuma irregularidade.
Ondulada	Sinuosa, com desníveis em relação a um plano horizontal mais largo que profundo.
Irregular	Irregular, com desníveis em relação a um plano horizontal mais profundo que largo.
Quebrada	Descontínua, em que partes de um horizonte estão parcial ou completamente desconectadas de outras do mesmo horizonte.

Fonte: adaptado de IBGE (2015, p. 40).

Figura 4.8 | Tipos de transição ente os horizontes



Fonte: IBGE (2015, p. 40).



Pesquise mais

Conhecer e identificar os horizontes e seus respectivos atributos diagnósticos é fundamental para descrição e classificação dos solos agricultáveis. Para aperfeiçoar os conhecimentos sobre os horizontes e sua relação com a pedogênese, sugiro a leitura do texto a seguir:

NAIME, U. J.; SANTOS, H. G. Identificação Automática de horizontes diagnósticos superficiais e horizonte B textural de solos. **Comunicado Técnico 30**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2005. Disponível em: <<https://bit.ly/2LzIEqw>>. Acesso em: 25 jun. 2018.

Sem medo de errar

Prezado aluno, relembrando a problemática apresentada no início da seção: após análise da segunda área você constatou que no terreno mais alto há um solo com drenagem moderada a imperfeita, apresentando perda de solo e baixa taxa de infiltração de água, aumentando a erosão. A transição entre horizontes foi caracterizada como abrupta e foi identificada uma camada compactada abaixo da camada superficial. Há também desprendimento de material superficial e baixo acúmulo de matéria orgânica. Enquanto isso o solo, que se

encontra numa posição de relevo quase plano, apesar da drenagem imperfeita, apresenta menor vulnerabilidade à erosão e elevado teor de matéria orgânica, presença de raízes nas camadas subsuperficiais, apresentando um solo com baixa ou nenhuma compactação, com a espessura da faixa de transição, caracterizada como difusa e de difícil diferenciação entre os horizontes do solo. Ao apresentar as características ao gerente da fazenda, ele solicitou que os seguintes pontos acerca dos horizontes do solo fossem levantados por você:

Sabendo da importância que é conhecer os horizontes do solo e as particularidades do solo apresentado, em que essas características de transição de solos interferem em sua compactação? Solos compactados apresentam pequenas faixas de transição decorrentes da diminuição da densidade e do espaço poroso, havendo rearranjo das camadas, o que gera uma transição difusa. Esses horizontes compactados, como os da área de estudo, apresentam pequenas faixas de transição entre os horizontes, e camadas com separação inferior a 2,5 cm, caracterizada como transição abrupta.

A compactação dos horizontes subsuperficiais têm relação direta com a formação do solo? O solo compactado, visualizado na área de estudo, tem relação com a posição e com o relevo. O solo da área estudada apresenta uma drenagem de moderada a imperfeita, tendendo a apresentar maior deflúvio do que infiltração de água, com conseqüente aumento da vulnerabilidade à erosão. Essa vulnerabilidade à erosão causa perda das camadas e horizontes superficiais, o que favorece a compactação do solo. Portanto pode-se concluir que a compactação do solo está relacionada com os fatores de formação bem como a posição do solo no relevo da área.

Determinadas as soluções e estabelecidas as respostas para os questionamentos, a segunda etapa do serviço foi resolvida. Nesse momento, você deverá elaborar a segunda parte do relatório de avaliação de capacidade de uso das áreas, apontando as principais características morfológicas do solo que poderão beneficiar ou não a produtividade agrícola na área pela empresa que você representa. Apresente as respostas encontradas durante este estudo, pois elas é que vão subsidiar o diagnóstico direcionado ao relatório que será enviado para a sede da multinacional para a qual você está prestando serviços. Essa etapa será fundamental para o momento da tomada de decisão.

Assim você dará continuidade na compreensão dos horizontes, de suas características e vai conhecer os principais atributos utilizados para a descrição morfológica externa do solo, de modo que conseguirá, conseqüentemente, analisar o perfil e a morfologia externa do solo dentro do contexto agrônômico.

Avançando na prática

Evolução dos solos, camadas e horizontes

Descrição da situação-problema

Com a finalidade de recuperar os solos degradados, uma mineradora vem estudando uma área. O primeiro relatório, feito ao final da exploração, chegou à seguinte conclusão: área com camada mineral totalmente consolidada e que não sofreu substancial efeito da formação do solo.

O segundo relatório trouxe as seguintes informações: horizonte de material mineral subsuperficial consolidado, rico em ferro e alumínio e pobre em matéria orgânica. A origem deste horizonte é o próprio solo.

O relatório final, feito 40 anos depois, trouxe a seguinte conclusão: solo com horizonte superficial pouco profundo, material orgânico acumulado em condições de livre drenagem, ocasionalmente saturado, sem restrições e que não resultam na estagnação de água. A transição dos horizontes apresentou-se sinuosa, com desníveis, em relação ao plano horizontal e variando entre 7,5 e 12,5 cm.

Você é agrônomo, trabalha para a empresa e deverá apresentar um relatório com as características dos solos baseado nas informações levantadas e deverá responder alguns questionamentos: qual a classificação dos horizontes ou camadas nas etapas do estudo? Na etapa final é possível concluir que o horizonte superficial da área apresenta características de recuperação?

Resolução da situação-problema

Com base nas informações levantadas, é possível concluir que na primeira etapa do estudo as características de área com camada mineral de material totalmente consolidado e que não

sofreu substancial efeito dos processos de formação do solo são classificados como camada R, que constitui a rocha contínua ou praticamente contínua, fruto da atividade minerária desenvolvida.

A segunda análise, 10 anos depois, evidencia o início de recuperação e desenvolvimento de horizontes do solo, de modo que há o surgimento de um horizonte de material mineral subsuperficial consolidado, rico em ferro e alumínio, consequência ainda da atividade, e pobre em matéria orgânica, de modo que a floresta ainda está em desenvolvimento, e o horizonte ainda tem origem no próprio solo.

A última análise, 40 anos depois do início do processo de recuperação, apresenta um tempo suficiente para o desenvolvimento da floresta, o que ajuda na incorporação de matéria orgânica e melhor estruturação do solo. Nesse momento já é possível perceber a formação dos horizontes bem distintos e caracterizados com horizonte superficial pouco profundo, de constituição orgânica, sobreposto à rocha e ocasionalmente saturado com água por curto período de tempo. Com material orgânico acumulado em condições de livre drenagem, sem restrições nem estagnação de água. A transição entre os horizontes apresentou faixa de separação sinuosa, com desníveis em relação a um plano horizontal, mais largo que profundo, caracterizando transição ondulada e sinuosa entre os horizontes e variando entre 7,5 e 12,5 cm, sendo classificada como gradual quanto à nitidez, ou contraste, e espessura, evidenciando a formação e definição entre os horizontes e camadas. Assim, é possível concluir que o horizonte superficial do solo da área apresenta características de recuperação.

Faça valer a pena

1. Um pesquisador, ao analisar o perfil de um solo por meio de uma trincheira, observou em um dos horizontes, ou camadas, a presença de compostos orgânicos, com teor de $C \geq 80 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, acima de uma camada de solo mineral e com excesso de água no horizonte. Além disso apresentou condições de livre drenagem, sem nenhuma restrição nem estagnação de água no perfil.

Assinale a alternativa que corresponde ao horizonte ou camada do perfil de solo descrito pelo pesquisador.

- a) Horizonte ou camada R.
- b) Horizonte ou camada B.
- c) Horizonte ou camada H.
- d) Horizonte ou camada O.
- e) Horizonte ou camada E.

2. Os horizontes e camadas estão dispostos e arranjados de acordo com as características morfológicas definidas de acordo com a nitidez ou contraste, espessura e topografia. Dentre as características de transição entre os horizontes temos:

- | | |
|---|-------------------------|
| I. Separação entre os horizontes menor que 2,5 cm. | A. Irregular. |
| II. Separação entre os horizontes variando entre 7,5 e 12,5 cm. | B. Gradual. |
| III. Separação entre os horizontes praticamente horizontal, paralela à superfície do solo. | C. Ondulada e sinuosa. |
| IV. Separação entre os horizontes apresenta, em relação a um plano horizontal, desníveis mais profundos que largos. | D. Abrupta. |
| V. Separação sinuosa, com desníveis, em relação a um plano horizontal, mais largo que profundo. | E. Clara. |
| VI. Separação varia entre os horizontes variando entre 2,5 e 7,5cm | F. Plana ou horizontal. |

Assinale a alternativa que correlaciona corretamente as colunas a seguir:

- a) I-D; II-B; III-F; IV-A; V-C; VI-E.
- b) I-B; II-D; III-F; IV-A; V-C; VI-E.
- c) I-D; II-F; III-B; IV-A; V-C; VI-E.
- d) I-D; II-B; III-A; IV-F; V-C; VI-E.
- e) I-D; II-B; III-F; IV-C; V-A; VI-E.

3. A designação das características peculiares de cada horizonte e/ou camadas principais do perfil dos solos são representadas por sufixos com letras minúsculas. Tomando em conta isto, analise as assertivas:

- () O símbolo **c** descreve uma camada ou horizonte que apresenta matéria orgânica decomposta nos horizontes O ou H.
- () O símbolo **d** descreve uma camada ou horizonte que apresenta acumulação de Fe e/ou Al endurecido, plintina.

- () O símbolo **g** descreve uma camada ou horizonte que foi formada por meio do processo de gleização.
- () O símbolo **f** descreve uma camada ou horizonte que apresenta acumulação de matéria orgânica no horizonte B, proveniente dos horizontes A e/ou E.
- () O símbolo **j** descreve uma camada ou horizonte que apresenta acumulação de sulfetos, (Tiomorfismo).
- () O símbolo **k** descreve uma camada ou horizonte que apresenta presença de carbonatos.
- () O símbolo **m** descreve uma camada ou horizonte de matéria orgânica mal ou não decomposta nos horizontes O ou H.
- () O símbolo **r** descreve uma camada ou horizonte que apresenta presença de rocha pouco alterada no horizonte C.
- () O símbolo **z** descreve uma camada ou horizonte que apresenta acumulação de sódio trocável (Na^+).

Julgue os itens acima, assinalando V para as alternativas que julgar verdadeiras e F para as falsas, e assinale a alternativa que corresponde à sequência dos itens.

- a) F-V-V-F-V-V-F-V-F.
- b) F-F-F-F-V-V-F-V-F.
- c) F-F-V-V-V-F-V-F.
- d) F-F-V-F-V-V-F-V-F.
- e) F-F-V-F-V-F-F-V-F.

Seção 4.3

Importância agrônômica da caracterização morfológica dos solos

Diálogo aberto

Conhecer os horizontes, suas características e conhecer os principais atributos utilizados para a descrição morfológica externa do solo é uma etapa fundamental da técnica de identificação de solos que subsidiará a sua classificação. Para tanto, o técnico deverá estabelecer qual a metodologia de amostragem de solo, bem como os métodos de pesquisa em gênese que melhor se adaptam à realidade de campo onde a atividade agrícola será estabelecida. Essas informações serão subsídio fundamental para que seja realizada a avaliação da capacidade de uso de um solo.

Para que você possa entender melhor a importância agrônômica da caracterização morfológica dos solos, vamos dar continuidade ao estudo que você, engenheiro agrônomo, realiza para uma multinacional, em que é o responsável por fazer um estudo detalhado do solo de três possíveis fazendas que serão adquiridas pela empresa, nas quais os proprietários desenvolvem atividades pecuárias de criação e engorda de bovinos para corte.

Considere agora que, com a conclusão da segunda etapa do trabalho, novos mapas esquemáticos foram gerados a partir de informações pedológicas preexistentes em combinação com interpretações e correlações de geologia, geomorfologia, clima e vegetação, visando à previsão do modo de ocorrência e da natureza dos solos.

Quanto ao uso do solo, as terras da terceira área foram enquadradas no Grupo B. Em posse do mapa, como forma de levantamento, a terceira etapa do estudo proposto inicialmente terá início com a determinação da forma de amostragem da área da terceira fazenda para coleta de solos. Lembre-se: a área que será caracterizada apresenta relevo fortemente ondulado, que será um fator limitante para a realização da coleta. Segundo o mapa, essa área possui 10 hectares e há variação quanto à topografia, cor e textura do solo. As áreas mais baixas apresentam elevado teor de

matéria orgânica e, por se tratar de uma área de relevo fortemente ondulado, apresenta solos profundos e rasos em pequenas distâncias. Devido à heterogeneidade da área, o planejamento de amostragem deverá ser muito bem realizado e a quantidade de amostras a serem coletadas deverá ser estabelecida a fim de otimizar o trabalho e coletar informações para classificação do solo quanto a capacidade uso.

Você e Paulo, o gerente da fazenda, com o intuito de solucionar os problemas observados na área, precisam determinar: qual o tipo de coleta de amostras para fins de caracterização analítica do solo deverá ser adotado? Qual a técnica de identificação de solos deverá ser utilizada para o levantamento e classificação do solo dessa área? As terras classificadas no grupo B são adaptadas para pastagens, mas são recomendadas para cultivos intensivos?

As respostas a esses questionamentos são preceitos básicos para que você consiga compreender sobre os horizontes, as suas características e conhecer os principais atributos utilizados para a descrição morfológica externa do solo a fim de elaborar um plano de manejo de solos adequado para torna-los aptos para produção agrícola com base no relatório de avaliação de capacidade de uso das áreas.

Vamos lá?

Bons estudos!

Não pode faltar

Dada à grande quantidade de solos encontrados na natureza, é indispensável um sistema de levantamento e classificação dos solos. Os levantamentos pedológicos cooperam para o conjunto de estudos específicos na área de ciência do solo, assim como proporcionam análise de dados de rendimento e produção deste solo para fins agrícolas. Acima de tudo, estão relacionados à previsão da caracterização e desempenho da aptidão agrícola relacionada com o uso dos solos ligados às práticas de manejo e conservação.

Para Lepsch (2011), os levantamentos de solos proporcionam a divisão espacial das classes de solos, bem como sua definição e interpretação, provendo dados efetivos fundamentais para a tomada de decisões em áreas agrícolas. Assim, essas

caracterizações, fruto do levantamento pedológico, são o alicerce e fonte de dados para a implantação de projetos e planejamento de uso, manejo e conservação, de modo que essas informações são o embasamento técnico para a avaliação do potencial e das restrições de uma área para o desenvolvimento de uma atividade agrícola.



Assimile

Um levantamento pedológico é um prognóstico da classificação dos solos enquanto corpos naturais. Um detalhamento específico identifica os solos, além de prever e delinear suas áreas nos mapas por meio de classes (IBGE, 2013).

Os levantamentos de solos envolvem pesquisas de escritório, campo e de laboratório, abrangendo as anotações de observações, análises e interpretações de características do meio físico e de caracteres morfológicos, físicos, químicos, mineralógicos e biológicos dos solos, objetivando a sua caracterização, classificação e, principalmente, cartografia. Os levantamentos pedológicos possuem diversas finalidades, desde a procedência de análises sobre o recurso de um solo de um país ou região, até o planejamento de uso da terra para diversas finalidades, em nível de propriedade.

No Brasil, os levantamentos de solos têm fornecido informações de suma importância para as empresas e corporações de assistência técnica que realizam as atividades de planejamento e executam os projetos, objetivando a escolha das áreas para ocupação, avaliação de aptidão agrícola, estabelecimento da viabilidade técnica de um projeto de irrigação e drenagem, divisão da área em diversas zonas - que facilitam a aplicação do manejo -, e ainda estudos de áreas inundadas por represas hidrelétricas, por exemplo. Os levantamentos podem oferecer informações para elaboração da caracterização e classificação da capacidade de uso da terra, por meio da elaboração de cartas morfopedológicas e de estudos geoambientais.

Por fim, os levantamentos de solos possibilitam informações apropriadas que poderão impedir que áreas escolhidas sejam impróprias para exploração, sejam desmatadas ou alteradas em suas condições naturais de equilíbrio, ocasionando prejuízos irreversíveis à natureza, sem o previsto retorno dos investimentos. O mapa é parte essencial de um levantamento, demonstrando a divisão espacial dos aspectos dos solos e a disposição das unidades de mapeamento, em termos de unidades taxonômicas, ressaltando, também, características do meio ambiente (IBGE, 2013).

O mapeamento de solos é realizado com base nas alterações de um ou mais fatores pedogenéticos que possibilitam a localização precisa dos limites de diferentes solos. A elaboração de mapas de solos demanda o levantamento de informações sobre a gênese do solo e da classificação taxonômica, abrangendo diversos níveis de conhecimento. Cada forma de levantamento satisfaz um tipo de mapa ou carta, que é representado pelo mesmo nome do estudo de solo realizado correspondendo, de acordo com o nível de detalhamento, o objetivo e o modo de execução. São reconhecidos cinco tipos principais de levantamentos que estão sumarizadas na Quadro 4.9.

Quadro 4.9 | Diferenciação de tipos de levantamento de solos

Tipos de levantamento de solos	Objetivo	Métodos de Prospecção	Material Cartográfico	a) Escala Preferencial dos Mapas. b) Área Mínima Mapeável
Mapa esquemático	Visão panorâmica da distribuição dos solos	Generalizações e amplas correlações com o meio ambiente	Mapas planialtimétricos, fotoíndices e imagens de radar e satélite em escalas pequenas.	a) < 1:1 000 000 b) > 40 km^2
Exploratório	Informação generalizada do recurso solo em grandes áreas	Extrapolação, generalizações, correlações e poucas observações de campo.	Mapas/Cartas planialtimétricas, imagens de radar, satélites e fotoíndices em escalas pequenas	a) 1:750 000 a 1:2 500 000 b) 22,5 a 250 km^2
Reconhecimento de baixa intensidade	Estimativa de recursos potenciais de solos	Verificações de campo e extrapolação	Mapas/Cartas planialtimétricas, imagens de radar, satélites < 1:100 000	a) 1:250 000 a 1:750 000 b) 2,5 a 22,5 km^2

Reconhecimento de média intensidade	Estimativa de natureza qualitativa e semiquantitativa do recurso solo	Verificações de campo e correlações solo paisagem	Mapas/Cartas planialtimétricas, imagens de radar e satélites: > 1:250 000 Fotografias aéreas em escalas > 1:120 000	a) 1:100 000 a 1:250 000 b) 40ha a 2,5 km²
Reconhecimento de alta intensidade	Avaliação semiquantitativa de áreas prioritárias	Verificações de campo e correlações solo paisagem	Mapas/Cartas planialtimétricas, carta de imagens: > 1:100 000 Fotografias aéreas em escalas: > 1:100 000	a) 1:50 000 a 1:100 000 b) 10 ha a 40ha
Semidetalhado	Planejamento e implantação de projetos agrícolas e de engenharia civil	Verificações de campo ao longo de topossequências selecionadas, correlação solo-paisagem.	Mapas/Cartas Planialtimétricas e aerofotográficas: > 1:50 000, Levantamentos topográficos convencionais e fotografias aéreas: > 1:60 000	a) > 1:50 000 b) < 10ha (para escala > 1:50 000)
Detalhado	Execução de projetos de uso intensivo do solo	Verificações de campo ao longo de topossequências, quadriculas e relações solos/superfícies geomórficas	Mapas/Cartas planialtimétricas, aerofotográficas, levantamentos topográficos com curvas de nível e fotografias aéreas. > 1:20 000	a) > 1:20 000 b) < 1,6ha
Ultradetalhado	Estudos específicos, localizados.	Malhas rígidas	Plantas, Mapas/ Cartas topográficas com curvas de nível a pequenos intervalos. > 1:5 000	a) > 1:5 000 b) < 0,1ha

Fonte: IBGE (2015, p. 147).

A ligação entre a classificação de solos e o nível de detalhamento fica determinado no instante em que solos análogos, de acordo com as propriedades avaliadas, são agrupados em classes. As classes de solos são combinadas com os elementos e semelhanças do ambiente, que geram a base fundamental para composição das unidades de mapeamento. De tal modo que a unidade de mapeamento é o agrupamento de áreas de solos para contribuir com a representação em bases cartográficas e mostrar a distribuição espacial, extensão e os limites dos solos.

A classificação é feita por meio da análise do resultado dos atributos morfológicos, físicos, químicos e mineralógicos do perfil que correspondem o solo. As propriedades ambientais de localização do perfil, como relevo, caracterização climática, material de origem, vegetação, condições hídricas, aspectos externos ao solo e ligações solo-paisagem, são também aplicadas. A descrição das propriedades de um solo inicia com a discriminação dos atributos morfológico do perfil e a amostragem de solo em campo, que devem ser acompanhadas de acordo com os critérios estabelecidos em manuais, como Manual Técnico de Pedologia (IBGE, 2015).



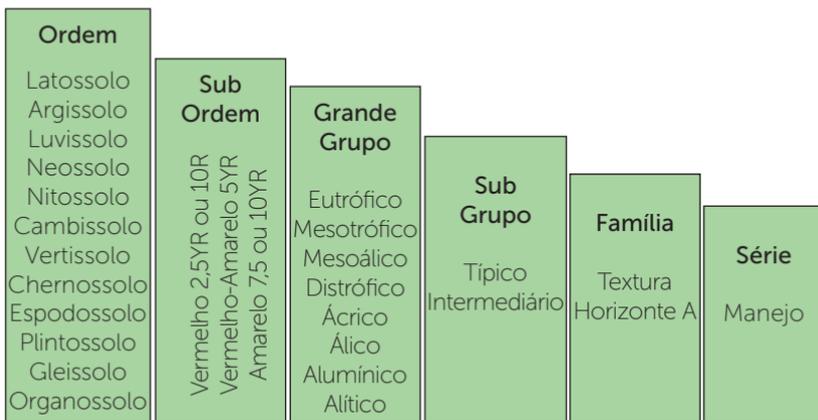
Refleta

As fases de levantamento e de classificação dos solos são complementares e acompanham uma série de critérios e análises. Quais os principais aspectos relacionados com a gênese e morfologia do solo que deverão ser observados na etapa de levantamento e que serão utilizados na descrição e classificação dos solos agrícolas?

É extremamente importante os registros quanto às rachaduras do solo, ao relevo, à atividade biológica ao longo do perfil, às cores indicativas de oxidação e redução, à profundidade das raízes no perfil, altura e flutuação do lençol freático, horizontes ou camadas coesas ou compactadas e qualquer circunstâncias ambientais que formam o solo.

A classificação do solo é finalizada somente após a realização e a interpretação correta de todas as análises laboratoriais que foram realizadas para aquele perfil. A chave de classificação é planejada em seis níveis categóricos (Figura 4.9). Os quatro primeiros níveis são chamados de ordens, subordens, grandes grupos e subgrupos, sendo que o quinto e o sexto nível categórico ainda são indefinidos e se encontram em discussão. Atualmente, um solo pode ser corretamente classificado utilizando-se a chave de classificação até o quarto nível categórico do sistema (EMBRAPA, 2014).

Figura 4.9 | Hierarquia do sistema brasileiro de classificação de solos.



Fonte: Embrapa (2014, p. 75).

Legenda: R de red - vermelho; Y de yellow - amarelo e YR de yellow-red - vermelho-amarelo.



Exemplificando

A classificação dos solos possibilita a síntese e organização das propriedades dos solos observadas por meio do estudo e levantamento dos mesmos e que poderão ser prontamente explanadas após compreender os critérios constituídos no processo que são estabelecidos no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2014).

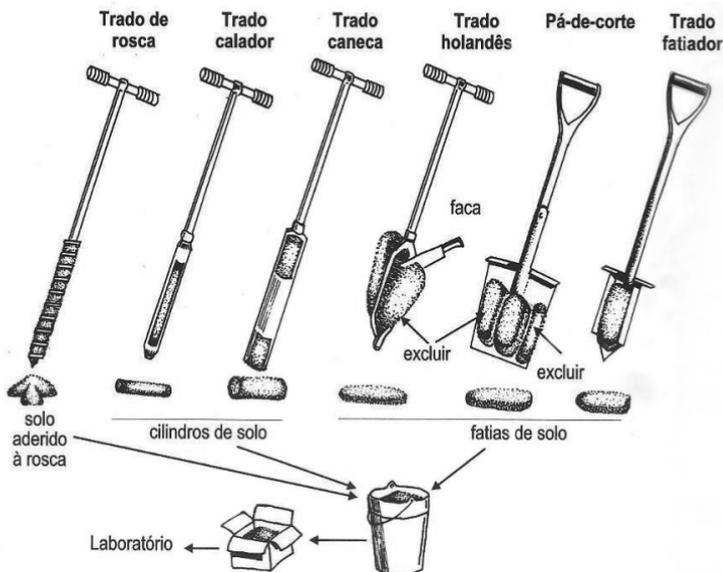
A amostragem é considerada a fase mais crítica da identificação do solo. Há essencialmente três formas de realizar a amostra de solo, com a finalidade de determinar as características e classificar os solos, são eles: (i) o perfil completo, (ii) amostra extra e (iii) amostra para fins de fertilidade.

O perfil completo é a metodologia utilizada comumente com a finalidade de caracterizar e classificar os solos. É uma forma capaz de levantar a maior parte de informações, de modo que todos os horizontes ou camadas do solo são descritas e amostradas. A coleta dessas amostras visa a caracterização analítica, que poderão ser adicionadas ou não de uma amostra mais específica quando houver necessidade. Assim como o perfil completo, a amostra extra é também elaborada para caracterização, identificação

e classificação. Normalmente, objetiva completar ou ratificar elementos observados no diagnóstico visual de campo e dirimir questões intrínsecas a um horizonte ou camada específica por meio de deliberações analíticas.

Na maioria das vezes somente um ou determinados horizontes ou camadas tem amostras coletadas, de modo que, geralmente, coleta-se do horizonte superficial e dos horizontes ou camadas internas do perfil. A amostragem (Figura 4.10) realizada de determinação da fertilidade do solo é realizada tanto para caracterização pedológica, quanto para planejamentos agrícolas que abrangem avaliações químicas do solo. Nessa forma de amostragem, o horizonte superficial sempre é amostrado e, em caso de necessidade, é também coletada uma amostra de uma camada interna na profundidade desejada.

Figura 4.10 | Amostragem do solo



Fonte: Santos et al. (2015, p. 4).

Segundo o Manual Técnico de Pedologia (IBGE, 2015), existem também outras designações de amostras, como perfil e amostra complementar, denominações dadas aos tipos perfis completos e amostras extras, quando elaborados com a finalidade

de complementar o número ou a frequência de amostragem estabelecidos para alguns tipos de levantamentos, ou até mesmo para a confirmação de informações. A amostra composta, por sua vez, trata-se de uma amostragem para fins de fertilidade, pois é o resultado da mistura de amostras de inúmeros pontos do mesmo terreno. Geralmente, é realizada para subsidiar projetos de correções químicas em atividades agropecuárias.

Os métodos de pesquisa em gênese do solo correspondem a uma das fases mais essenciais dos estudos pedológicos e edafológicos. Em trabalhos com a pesquisa, é indispensável a maior atenção na organização da amostragem de uma população. Quanto a trabalhos de pesquisa sobre a gênese dos solos, podemos observar que, ainda hoje, existe uma grande necessidade de elementos para a organização de normas específicas relativas à adoção de um sistema de amostragem padrão.

Os pedólogos atuam na caracterização de um determinado solo para a determinação e entendimento de qual a aptidão, ou capacidade de uso, ou até mesmo para elaborar um estudo e diagnóstico para que possam elucidar ou mesmo resolver um determinado problema que envolva as propriedades químicas, físicas, morfológicas, biológicas ou até mesmo mineralógicas de um solo agrícola.

O método de pesquisa adotado deverá contemplar a dimensão do detalhamento que se pretende com o estudo, entendendo que o empenho de caracterização está diretamente relacionado com o que se pretende avaliar ou resolver, bem como de quais os recursos disponíveis para proceder à análise. Assim, o estudo de descrição e caracterização do solo poderá abranger diferentes níveis de detalhamento, que poderá ser feito por meio de análise de menor complexidade, ou até mesmo por meio de procedimentos que necessitam de determinações altamente precisas, assim como a caracterização de poucas ou muitas propriedades do solo.

Outro fator importante e imprescindível é que as técnicas analíticas escolhidas sejam adequadas à caracterização que se deseja realizar. Assim, os resultados que foram obtidos com as análises podem ser corretamente interpretados pelo profissional que planejará e/ou executará um plano de manejo ou qualquer outra atividade que a caracterização das propriedades do solo seja a base para o planejamento e execução.

Segundo o manual de descrição e coleta de solo no campo (SANTOS et al., 2015), para elaborar esse estudo é necessário conhecer as propriedades que influenciam a área, como a hidrografia, os tipos e a textura dos solos, a geologia, a topografia, os parâmetros climáticos, sinais de erosão e informações relativas ao uso do solo atual e passado de toda a área.

É essencial que a localização dos pontos de coleta também seja georreferenciada por meio do Sistema de Posicionamento Global (GPS), com trena e bússola para a avaliação da distribuição espacial dos elementos. Dessa forma, a localização das áreas permitirá detectar se existe possíveis contaminações dos corpos de água superficiais por carreamento do solo, ou poluição dos lençóis freáticos por lixiviação (IBGE, 2013).

No caso da determinação da característica de um solo, a proporção de um elemento só será estatisticamente válida se tiverem sido satisfeitas algumas condições, como a amostra bruta que evidencia o solo de forma semelhante da qual foi coletada, se nenhuma mudança tenha ocorrido na amostra antes da análise a ponto de interferir no resultado final e a análise forneça o valor mais próximo possível da característica a ser determinada.

Em amostragem de solos, os erros existentes situam-se de um modo geral em três tipos de erro: a amostragem em si, a escolha dos locais e aos erros analíticos. Como esses erros são acumulativos devem ser levados em consideração no planejamento da pesquisa.

Segundo Santos et al. (2015), os erros de amostragem podem ocorrer porque não é possível analisar a totalidade da área e as amostras coletadas evidenciam apenas um pequeno subgrupo. Os erros de seleção dos locais são gerados devido à retirada de amostras não representativas da área, como amostras de solo coletadas em carreadores. Os erros analíticos são resultantes das manipulações inadequadas do recipiente de coleta, da estocagem, do preparo e da técnica analítica. Para minimizar o impacto do erro das amostragens, é necessário aumentar o número de amostras, e assim aumentaremos a precisão. Já o erro de seleção pode ser reduzido com um bom plano de amostragem.

Segundo Oliveira (2011), a sub-amostragem é utilizada com frequência em vários trabalhos de pesquisa sobre solos. Com o uso

desta técnica, a amostra é dividida em um determinado número de elementos menores. Uma das suas vantagens é a permissão da avaliação de algumas propriedades da unidade maior de amostragem, sem ser preciso medir a unidade inteira, diminuindo os custos com a pesquisa. Porém, essa técnica tem como desvantagem diminuir a precisão da análise de uma característica. Então, o uso eficiente da sub-amostragem deve ser equilibrado de forma consciente entre o custo e a precisão do trabalho.

A avaliação da capacidade de uso do solo é uma análise técnica interpretativa no processo de planejamento e melhoramento dos sistemas produtivos voltado para a possibilidade e limitações quanto à utilização. Segundo Lepsch (2011), o sistema de capacidade de uso evidencia um grupo quantitativo de classes de solos sem expor as análises da localização e as esferas econômicas, políticas e sociais, com o propósito de relacionar sua intensidade de uso, a fim de definir sua máxima capacidade de uso sem risco de degradação do solo. A metodologia é aplicada a partir do levantamento de campo, resultados analíticos das amostras coletadas, imagens de satélites e ferramentas de Sistema de Informação Geográfica (SIG) no qual gerou um modelo pedológico preliminar e posteriormente um mapa de Capacidade de Uso das Terras (IBGE, 2013).

Segundo Lepsch (2002), as classificações de capacidade de uso por meio das qualidades e limitações da terra, têm como finalidade indicar as possibilidades de uso agrícola e recomendar as práticas de manejo necessárias para manter ou elevar a produtividade, sem degradação. Estas classificações são fundamentais para o planejamento de programas de desenvolvimento da região, bem como em nível de propriedade rural, no planejamento das atividades agrícolas e de conservação do solo.

A classificação de capacidade de uso da terra é diagnosticada por meio da interpretação das características do solo; na interpretação do ambiente onde ocorre; e no nível tecnológico do agricultor. Na interpretação das características da terra são identificados e avaliados os graus de limitação que apresenta para o uso agrícola, sendo previstos algumas limitações, como as que resultam de impedimentos ou dificuldades à execução das práticas de manejo dos solos, as limitações relacionadas com riscos de degradação da

terra e as limitações que comprometem a capacidade produtiva da terra, segundo o método do Sistema de Classificação da Capacidade de Uso das Terras (IBGE, 2013).

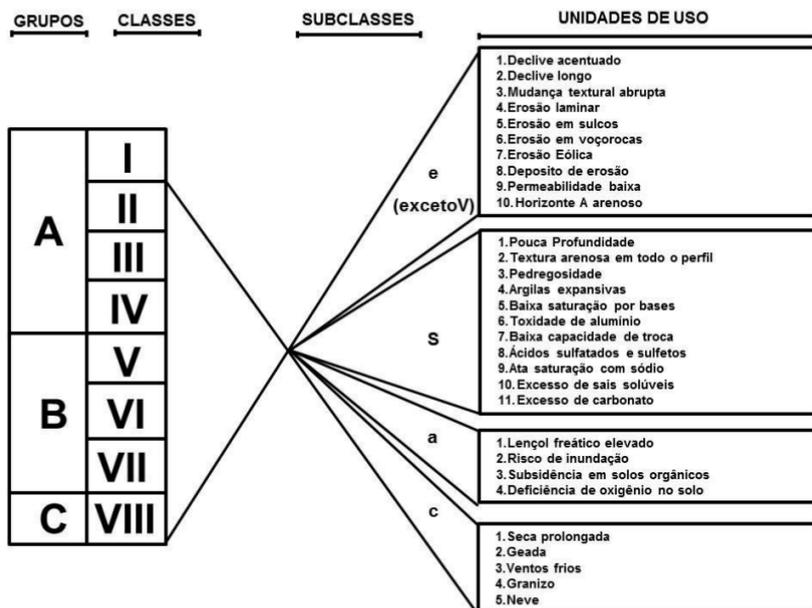
O Sistema Brasileiro de Capacidade de Uso é amplamente utilizado no Brasil e foi originalmente proposto nos EUA. É uma classificação utilizada em decorrência de sua simplicidade que se baseia no efeito combinado de características permanentes da terra sobre os riscos de degradação, limitações de uso, produtividade e necessidades de manejo do solo (LEPSCH, 2011).

Esse sistema representa a existência de levantamentos detalhados de solos, onde podem ser utilizados para o planejamento agrícola com a presença de um único nível tecnológico avançado, em que as práticas de cultivo são realizadas em motomecanização. Favorecendo a aplicação desta classificação no Brasil devido à insuficiência de levantamentos detalhados convencionais de solos.

No sistema original (LEPSCH, 2002), várias categorias são estabelecidas. A categoria mais elevada e subdivisão mais genérica compreende dois grupos, terras recomendadas para cultivo e terras não-recomendadas para cultivo. As categorias mais baixas são as classes de capacidade, subclasse de capacidade e unidade de capacidade. As unidades de capacidade permitem um agrupamento específico de solos similares, dentro de cada subclasse de capacidade e apresenta à mesma uniformidade quanto às culturas, ao manejo e ao potencial de produtividade, condensando as recomendações sobre as terras. Elas se referem, principalmente, ao tratamento dado ao solo, de modo a superar as limitações de uso e permitir uma produção sustentável (IBGE, 2013).

Segundo o Manual Técnico de Pedologia (IBGE, 2015), as classes variam de I a VIII, de acordo com o grau de limitação, que formam três grupos quanto à intensidade de uso ou tipo de utilização possível. As subclasses indicam o fator limitante quanto ao uso agrícola e, conseqüentemente, os principais problemas relacionados com o solo (s), como profundidade, toxidez, salinidade e entre outros, como a erosão (e), o excesso de água (a) e clima (c). Lepsch (2011) apresenta o esquema das classes, subclasses e unidades de capacidade de uso, conforme a Figura 4.11.

Figura 4.11 | Esquema dos grupos, classes e subclasses e unidades de capacidade de uso das terras.



Fonte: Lepsch (2011, p. 349).

Segundo Lepsch (2002), o Grupo A considera as terras próprias para lavouras, pastagens e/ou reflorestamento abrangendo quatro classes. Ou seja, as culturas anuais são indicadas para as classes I a III, sendo possível na classe IV, desde que ocasionalmente como na implantação de culturas perenes, ou na reforma das pastagens, culturas perenes e semiperene podem englobar até a classe IV. O Grupo B inclui as terras impróprias para lavouras, mas adaptáveis para pastagens, silvicultura e refúgio da vida silvestre. Ou seja, as terras da classe V possuem limitação de excesso de água, as classes VI e VII possuem limitação no que diz respeito a erosão e/ou baixa fertilidade natural sendo os principais problemas e, nessas condições, não são recomendadas para culturais anuais, mas podem ser adaptadas para pastagens e reflorestamento.

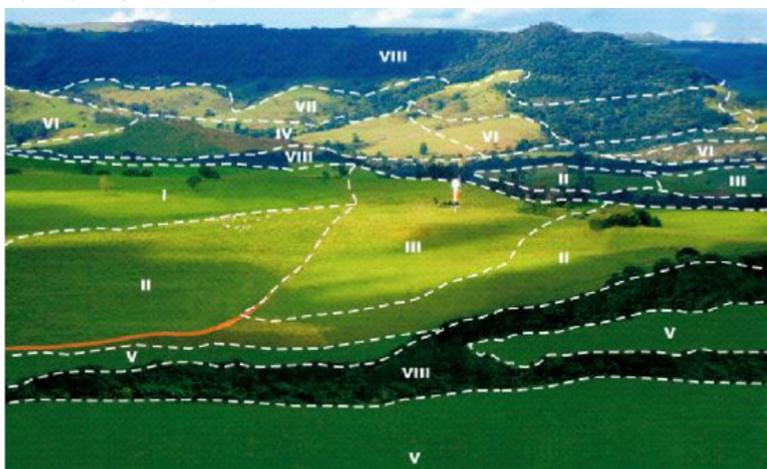
Os diferentes grupos e a representação da classificação de diferentes Classes de Capacidade de Uso para planejamento produtivo do solo podem ser observados na Figura 4.12. O Grupo C, engloba terras impróprias para exploração econômica, servindo para recreação. O Quadro 4.10 descreve as classes de capacidade de uso de I a VIII.

Quadro 4.10| Diferenciação das Classes de Capacidade de Uso

Classes	Descrição
I	Terras passíveis de cultivos intensivos e sem problemas especiais de conservação e/ou melhoramentos químicos.
II	Terras com pequenas limitações, com problemas simples de conservação e/ou melhoramentos químicos.
III	Terras com limitações tais que reduzem a escolha dos cultivos e/ou necessitam de práticas complexas de conservação e/ou melhoramentos químicos.
IV	Terras com limitações severas para cultivos intensivos, cultivadas com lavouras anuais ocasionalmente e com cultivos perenes protetoras quanto à conservação do solo.
V	Terras sem práticas especiais de conservação, mas com outras limitações porque possuem risco de inundação frequente devido ao encharcamento. Pastagens e reflorestamento são seus principais usos após a drenagem.
VI	Terras com limitações tão severas quanto à degradação que são impróprias para cultivos, por isso pastagens e reflorestamento são os usos recomendados.
VII	Terras com limitações com problemas complexos de conservação de solos e impróprias para culturas, pastagens e reflorestamentos são os usos indicados.
VIII	Terras impróprias para lavouras, pastagens e reflorestamento servindo apenas para a fauna e flora.

Fonte: elaborado pelo autor (IBGE, 2015).

Figura 4.12 | Representação da classificação de diferentes Classes de Capacidade de Uso para planejamento produtivo



Fonte: <<http://www.cati.sp.gov.br/portal/produtos-e-servicos/publicacoes/acervo-tecnico/classe-de-capacidade>>. Acesso em: 8 jul. 2018.



A gênese e morfologia do solo são importantes artifícios utilizados na classificação do solo. Assim é importante que você saiba como utilizar essas propriedades e características na classificação dos solos. Para tanto, recomendo a leitura do artigo: *Importância da classificação dos solos no sistema brasileiro e quanto a capacidade de uso da terra das propriedades rurais para o seu manejo sustentável*.

MARTINEZ, C. V. O.; SOUZA, V. F. Importância da classificação dos solos no sistema brasileiro e quanto a capacidade de uso da terra das propriedades rurais para o seu manejo sustentável. In: **Encontro Internacional de Produção Científica Cesumar**, 2009, Maringá. VI EPCC. Maringá: CESUMAR, 2009. v. 1. Disponível em: <https://www.unicesumar.edu.br/epcc-2009/wp-content/uploads/sites/77/2016/07/claudio_victor_ortiz_martinez.pdf>. Acesso em: 7 jul. 2018.

Sem medo de errar

Prezado aluno, relembando a problemática apresentada no início da seção: com a conclusão da segunda etapa do trabalho novos mapas esquemáticos foram gerados. Quanto ao uso do solo, as terras da terceira fazenda foram enquadradas no Grupo B. A área possui 10 hectares, apresenta relevo fortemente ondulada e há variação quanto à topografia, cor e textura do solo. As áreas mais baixas apresentam elevado teor de matéria orgânica e apresenta solos profundos e rasos em pequenas distâncias. O planejamento de amostragem deverá ser muito bem realizado e a quantidade de amostras a serem coletadas deverá ser estabelecida a fim de otimizar o trabalho e coletar informações para classificação do solo quanto a capacidade uso.

Você é o gerente da fazenda, a fim de solucionar os problemas observados na área, precisam determinar: **qual o tipo de coleta de amostras para fins de caracterização analítica do solo deverá ser adotado?** Dentre as formas de amostragem, a que mais se adequa é a amostragem do perfil completo. Já que uma série de levantamentos foram feitos em campo. Essa forma de amostragem tem o objetivo de complementar ou confirmar informações de campo e dirimir dúvidas específicas por meio de determinações analíticas já que o

solo da área apresenta variações de topografia, cor e textura do solo. Além disso, como a área apresenta relevo fortemente ondulado, solo profundo e raso em pequenas distâncias, por meio dessa forma de amostragem é possível proceder a coleta de apenas um ou alguns horizontes ou camadas. Essa forma de amostragem caracteriza-se pela coleta de solos do horizonte superficial e de um horizonte ou camada interna e, assim, será possível esclarecer as dúvidas quando as características físicas, químicas e morfológicas na superfície da área bem como ao longo do perfil.

Qual a técnica de identificação de solos que deverá ser utilizada para o levantamento e classificação do solo dessa área?

De acordo com os tipos de levantamentos do solo, o que melhor se adequa às condições observadas no campo é reconhecimento de alta intensidade, cujo objetivo é avaliação semiquantitativa de áreas prioritárias por meio do método de prospecção que relaciona as verificações de campo e as correlações entre o solo e a paisagem. Esse tipo de levantamento se adapta a área mínima mapeável de 10 ha a 40 ha, intervalo que corresponde ao tamanho da área que está sendo estudada (de 10 ha). Assim é possível a obtenção de material cartográfico que podem ser os mapas, as cartas planialtimétricas e a carta de imagens além de fotografias aéreas.

As terras classificadas no grupo B são adaptadas para pastagens, mas são recomendadas para cultivos intensivos? As terras do grupo B são impróprias para cultivos intensivos e extensivos, apesar de suportarem cultivos, pastagens e reflorestamentos, porém apresentam algumas restrições, de acordo com as limitações das classes V a VII, como: as áreas enquadradas na Classe V são terras sem práticas especiais de conservação, mas com outras limitações porque possuem risco de inundação frequente devido ao encharcamento, além de apresentarem elevadas porcentagens de pedregosidade. Já as áreas enquadradas na Classe VI apresentam limitações tão severas quanto a degradação que são impróprias para cultivos, de modo que a declividade e/ou a profundidade efetiva são os principais fatores limitantes para o seu uso agrícola. Enquanto que as áreas enquadradas na Classe VII possuem limitações com problemas complexos de conservação de solos e impróprias para culturas. Nessas três classes o uso de pastagens e reflorestamentos são indicados. Assim, as principais características morfológicas do solo, classificada no grupo B, que irão interferir na produção

agrícola da área são: encharcamento, pedregosidade, declividade, profundidade efetiva, além de serem superfícies declivosas, com alta erodibilidade e de superfície irregular.

Nesse momento, você deverá elaborar a terceira etapa do relatório de avaliação de capacidade de uso das áreas apontando as principais características morfológicas do solo que poderão beneficiar ou não a produtividade agrícola na área pela empresa que você representa. Com a conclusão dos estudos e apresentação das respostas encontradas durante as três etapas, você deverá utilizar essas informações que subsidiarão o diagnóstico direcionado ao relatório que será enviado para a sede da multinacional que você está prestando serviços, que será fundamental para auxiliar na tomada de decisão, que será o diagnóstico direcionado aos produtores agrícolas.

O ponto fundamental que você abordar no seu relatório de Avaliação de Capacidade de Uso das áreas para a tomada de decisão, é o manejo do solo para corrigir as características morfológicas que causam prejuízos a implantação de projetos agrícolas e agropecuários como: encharcamento, pedregosidade, declividade, profundidade efetiva, além de serem superfícies declivosas, com alta erodibilidade e de superfície irregular.

Ao responder os questionamentos, você estabeleceu os preceitos básicos para que se consiga compreender sobre os horizontes, suas características e conhecer os principais atributos utilizados para a descrição morfológica externa do solo, e isso será fundamental para elaborar um plano de manejo adequado para produção agrícola com base no relatório de avaliação de capacidade de uso das áreas.

Avançando na prática

Avaliação da capacidade de uso

Descrição da situação-problema

Um produtor de grãos do sul do Brasil decidiu expandir as áreas de produção com a compra de novas áreas. A empresa de assistência técnica e extensão rural de um importante polo agrícola do estado realizou uma série de levantamentos no município para elaboração de um mapa para auxiliar os produtores da região a

capacidade de uso das terras. O produtor procurou a empresa com a finalidade de escolher uma propriedade agrícola que se adeque as suas necessidades. Você, como engenheiro agrônomo da empresa de assistência técnica, recebeu o produtor e apresentou-lhe o mapa. Dentre as fazendas o produtor observou duas com os tamanhos que ele deseja adquirir: A Fazenda Santa Maria e a Fazenda Cruzeiro do Sul. Em ambas as propriedades os técnicos da empresa utilizaram o levantamento detalhado e chegaram as seguintes classificações:

Fazenda Santa Maria: Terras Grupo A e Classe I; enquanto que a Fazenda Cruzeiro do Sul: Terras Grupo B e Classe VI.

Sabendo que o produtor pretende utilizar cultivo intensivo e que necessitem de pouca ou nenhuma correção de fertilidade e acidez e utilizará preparo convencional sem adoção de técnicas de conservação, você deverá auxiliar o produtor na escolha da melhor fazenda a ser adquirida para estabelecimento da sua atividade produtiva. Para tanto, quais as características do levantamento detalhado? Quais as características das Fazendas Santa Maria e Cruzeiro do Sul de acordo com as suas respectivas classificações?

Resolução da situação-problema

De acordo com as informações da empresa de assistência técnica e extensão rural os técnicos da empresa utilizaram o levantamento detalhado, esse tipo de levantamento é caracterizado pelo método de prospecção de verificações de campo ao longo de topossequências, quadriculas e relações solos/superfícies geomórficas com o objetivo de executar projetos de uso intensivo do solo, característica do cultivo escolhido pelo produtor. Esse levantamento deu origem aos materiais cartográficos mapas e cartas planialtimétricas, aerofotográficas, levantamentos topográficos com curvas de nível e fotografias aéreas com escala preferencial dos mapas $> 1:20.000$ e Área Mínima Mapeável $< 1,6ha$. Assim foi possível determinar a classificação das Fazendas Santa Maria e Cruzeiro do Sul. Com base na classificação, é possível concluir que Fazenda Santa Maria se enquadra nas terras Grupo A, ou seja, terras passíveis de qualquer utilização, de acordo com as indicações das restrições da respectiva classe, que, no caso, é a Classe I, terras passíveis de cultivos intensivos e sem problemas especiais de conservação e/ou melhoramentos químicos, características típicas da forma de cultivo

escolhida pelo produtor. Enquanto a Fazenda Cruzeiro do Sul foi enquadrada nas Terras Grupo B, caracterizadas por serem impróprias para cultivos intensivos e extensivos, suportam cultivos, pastagens e reflorestamentos com restrições, de acordo com as limitações da Classe VI, ou seja, apta para culturas permanentes, protetoras do solo ou cultivos de pequena extensão com boa cobertura no solo, para pastagens bem manejadas e reflorestamentos com práticas de conservação do solo. Portanto, pode-se concluir que a Fazenda Santa Maria reúne as características desejadas pelo produtor.

Faça valer a pena

1. Os atributos morfológicos observados em campo precisam ser descritos de maneira completa, conforme manuais que orientam os preceitos básicos de descrição. Assim, aconselham-se os pontos necessários para descrever com precisão a designação dos horizontes do perfil e todas as propriedades morfológicas usuais e as pouco comuns. São indispensáveis as anotações quanto ao fendilhamento do solo, relevo, altura e flutuação do lençol freático, atividade biológica ao longo do perfil, cores indicativas de oxidação e redução, profundidade das raízes no perfil, horizontes ou camadas coesas ou compactadas e qualquer ocorrência de fatores ambientais pouco usuais ou extraordinárias.

Assinale a alternativa que apresenta os atributos mais relevantes a serem registrados através do diagnóstico visual das propriedades morfológicas usuais ou pouco comuns.

- a) Fendilhamento de solo, relevo, cores indicativas de oxidação e redução, altura e flutuação do lençol freático, saturação por alumínio, profundidade das raízes no perfil, atividade biológica ao longo do perfil.
- b) Fendilhamento de solo, relevo, cores indicativas de pH, altura e flutuação do lençol freático, horizontes ou camadas coesas ou compactadas, profundidade das raízes no perfil, atividade biológica ao longo do perfil.
- c) Fendilhamento de solo, relevo, cores indicativas de oxidação e redução, altura e flutuação do lençol freático, horizontes ou camadas coesas ou compactadas, profundidade das raízes no perfil, atividade biológica ao longo do perfil.
- d) Fendilhamento de solo, relevo, cores indicativas de oxidação e redução, capacidade de troca catiônica, horizontes ou camadas coesas ou compactadas, profundidade das raízes no perfil, atividade biológica ao longo do perfil.

e) Fendilhamento de solo, relevo, cores indicativas de oxidação e redução, altura e flutuação do lençol freático, horizontes ou camadas coesas ou compactadas, fertilidade do solo ao longo do perfil, atividade biológica ao longo do perfil.

2. O mapeamento de solos é executado com base nas mudanças em um ou mais dos fatores de formação do solo permitem localizar com precisão os limites entre solos diferentes e cada tipo de levantamento de solo possui um método de prospecção específico. Dentre as diferentes formas de levantamento e métodos de prospecção temos:

- | | |
|--|---|
| 1. Mapa Esquemático | A. Extrapolação, generalizações, correlações e poucas observações de campo. |
| 2. Exploratório | B. Verificações de campo e correlações solo paisagem. |
| 3. Reconhecimento de Baixa Intensidade | C. Verificações de campo ao longo de toposseqüências selecionadas, correlação solo-paisagem. |
| 4. Reconhecimento de Média Intensidade | D. Malhas rígidas. |
| 5. Reconhecimento de Alta Intensidade | E. Generalizações e amplas correlações com o meio ambiente. |
| 6. Semidetalhado | F. Verificações de campo e extrapolação. |
| 7. Detalhado | G. Verificações de campo e correlações solo paisagem. |
| 8. Ultradetalhado | H. Verificações de campo ao longo de toposseqüências, quadriculas e relações solos superfícies geomórficas. |

Assinale a alternativa que correlaciona corretamente as colunas a seguir:

- a) 1-A; 2-E; 3-F; 4-B; 5-G; 6-C; 7-H; 8-D.
- b) 1-E; 2-A; 3-F; 4-B; 5-G; 6-C; 7-H; 8-D.
- c) 1-E; 2-A; 3-F; 4-B; 5-G; 6-H; 7-C; 8-D.
- d) 1-E; 2-A; 3-F; 4-B; 5-G; 6-C; 7-D; 8-H.
- e) 1-D; 2-A; 3-F; 4-B; 5-G; 6-C; 7-H; 8-E.

3. As unidades de capacidade permitem um agrupamento específico de solos semelhantes, dentro de cada subclasse de capacidade e apresenta à mesma uniformidade quanto às culturas, ao manejo e ao potencial de produtividade, condensando as recomendações sobre as terras.

() As terras da Classe II são caracterizadas como passíveis de cultivos intensivos e sem problemas especiais de conservação e/ou melhoramentos químicos.

() As terras da Classe III apresentam limitações tais que reduzem a escolha dos cultivos e/ou necessitam de práticas complexas de conservação e/ou melhoramentos químicos.

() As terras da Classe IV não necessitam de práticas especiais de conservação, mas com outras limitações, porque possuem risco de inundação frequente devido ao encharcamento. Pastagens e reflorestamento são seus principais usos após a drenagem.

() As terras da Classe I apresentam limitações tão severas quanto a degradação que são impróprias para cultivos, por isso pastagens e reflorestamento são os usos recomendados.

() As terras da Classe VII apresentam problemas complexos de conservação de solos. São impróprias para culturas. Já as pastagens e reflorestamentos são indicados.

() As terras da Classe V são impróprias para lavouras, pastagens e reflorestamento servindo apenas para a fauna e flora.

() As subclasses indicam o fator limitante quanto ao uso agrícola e, conseqüentemente, os principais problemas de conservação relacionados com o solo. Esses fatores limitantes estão ligados exclusivamente a características morfológicas do solo.

() As subclasses indicam o fator limitante quanto ao uso agrícola e, conseqüentemente, os principais problemas de conservação relacionados com o solo (s) como profundidade, toxidez, salinidade e entre outros, o excesso de água (a) e clima (c).

Julgue os itens, assinalando V para as alternativas que julgar verdadeiras e F para as falsas e assinale a alternativa que corresponde à seqüência dos itens.

a) F-F-F-F-V-F-F-V.

b) F-V-V-F-V-F-F-V.

c) F-V-F-F-F-F-F-V.

d) F-V-F-F-V-F-F-V.

e) F-V-F-F-V-F-F-F.

Referências

- BRADY, N. C.; WEIL, R. R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.
- CAPECHE, C. L. Noções sobre tipos de estruturas do solo e sua importância para o manejo conservacionista. In: **Comunicado técnico 51**. Rio de Janeiro, EMBRAPA, p. 1-6, 2008. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/comtec51_2008_nocoas_estrutura_solo_000g3h86s8u02wx5ok0r2ma0ndtwqqa.pdf>. Acesso em: 20 set. 2018.
- CARMO, F. F. et.al. Novo sítio espeleológico em sistemas ferruginosos, no vale do rio Peixe Bravo, norte de Minas Gerais, Brasil. **Espeleo-Tema**, n. 22, p. 25-39, 2011.
- CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. **Geomorfologia do Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil: 1998.
- CUNHA, T. J. F. et al. Soil organic matter and fertility of anthropogenic dark earths (Terra Preta de Índio) in the Brazilian amazon basin. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, p. 85-93, 2009.
- DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J. W. et al. (Ed.). **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison: SSSA, 1994. p. 1-20.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (Embrapa). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 4 ed. Brasília: SPI-EMBRAPA, 2014. 412p.
- FARIA, G. E. et al. Carbono orgânico total e frações da matéria orgânica do solo em diferentes distâncias do tronco de eucalipto. **Scientia Agricola**, v. 36, n. 80, p. 265-277, 2008.
- FRANCISCO, P. R. M. Classificação e mapeamento das terras para mecanização do Estado da Paraíba utilizando sistemas de informações geográficas. 122 f. 2010. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2010.
- GUERRA, A. J. T. e CUNHA, S. B. (orgs.) **Geomorfologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996.
- GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. da; BOTELHO, R. G. M. (orgs.) **Erosão e conservação dos solos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Manual Técnico de Pedologia**. 3 ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2015. 412 p.
- _____. **Manual Técnico de Uso da Terra**. 3. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2013. 171p.
- LEPSCH, I. F. 19 lições de pedologia. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.
- _____. **Formação e Conservação dos solos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002.
- LEPSCH, I. F. **19 lições de pedologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

LEPSCH, I. F. **Formação e conservação dos solos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002.

LIMA, H. N. et al. Pedogenesis and pre-Columbian land use of "Terra Preta Anthrosols" ("Indian black earth") of Western Amazonia. **Geoderma**, [s.l.], v. 110, p. 1-17, 2002.

OLIVEIRA, D. de. **O solo sob nossos pés**. São Paulo: Atual, 2010.

OLIVEIRA, J. B. de. **Pedologia aplicada**. 4. ed. Piracicaba: FEALQ, 2011.

PENNOCK, D. J.; VELDKAMP, A. Advances in landscape-scale soil research. **Geoderma**, [s.l.], v. 133, p. 1-5, 2006.

SANTOS, R. D., LEMOS, R. C. SANTOS, H. C., KER, J. C., ANJOS, L. H. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 7. ed. Viçosa: SBCS, 2015. 100 p.

TEIXEIRA, M. I.; ARENAS, M. Indicadores pedoambientais do Planalto de Viçosa, Minas Gerais, como ferramentas para a educação ambiental. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v. 11, n. 21, p. 3202-3215. Disponível em: <<https://bit.ly/2BWK2TI>>. Acesso em: 28 jul. 2018

TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M. C. M. de; FAIRCHILD, T. R.; TAIOLI, F. (orgs.). **Decifrando a Terra**. São Paulo: Editora Oficina de Textos, 2000.

ISBN 978-85-522-1093-1



9 788552 210931 >