

**TÉCNICO EM
EDIFICAÇÕES**

MECÂNICA DOS SOLOS



TÉCNICO EM
EDIFICAÇÕES

MECÂNICA DOS SOLOS



SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	4
BOAS VINDAS	5
INFORMAÇÕES INTRODUTÓRIAS.....	6
ORGANIZAÇÃO CURRICULAR	6
SISTEMA DE TUTORIA	6
SISTEMA DE AVALIAÇÃO	6
VOCÊ E OS ESTUDOS À DISTÂNCIA	7
ORGANIZANDO OS ESTUDOS	7
CONHECENDO O AMBIENTE VIRTUAL DE APRENDIZAGEM	8
FORMAÇÃO DOS SOLOS	16
CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS QUANTO À SUA ORIGEM.....	16
FÍSICA DOS SOLOS	17
DIFERENÇA ENTRE SOLO PARA CONSTRUÇÃO DO SOLO PARA AGRONOMIA.....	18
ÍNDICES FÍSICOS DOS SOLOS	18
GRANULOMETRIA DE UM SOLO	20
LIMITES DE CONSISTÊNCIA	21
EQUIPAMENTOS DE CAMPO	23

APRESENTAÇÃO

A **Escola Técnica Nossa Senhora Aparecida** com o intuito de se tornar referência em ensino técnico no Brasil, lança cursos técnicos em diversos eixos, de forma a atender uma demanda regional e estadual.

Por meio de um trabalho diferenciado o estudante é instigado ao seu autodesenvolvimento, aliando a pesquisa e a prática.

Essa competência e boa formação são os requisitos necessários para quem deseja estar preparado para enfrentar os desafios do mercado profissional. A escolha de um curso que aproxime teoria e prática e permita a realização de experiências contribui de maneira decisiva para a formação de um profissional comprometido com a qualidade e a inovação.

Ciente dessa importância a escola técnica Nossa Senhora Aparecida reuniu profissionais especialistas das áreas fins dos cursos propostos para fornecer cursos técnicos de qualidade para a comunidade da região.

Como escola de desenvolvimento tecnológico, na área de educação, através de um trabalho sério, realizado nos últimos anos no campo da educação básica, fortalece e amplia o seu programa de cursos, instituindo, em Goiás cursos técnicos de educação profissional.

Os cursos da Escola Técnica Nossa Senhora Aparecida são oferecidos na modalidade semipresencial, utilizando-se da plataforma Moodle ou Material Apostilado, mediado por professores formadores/tutores renomados. Além dos momentos presenciais, serão oferecidos no ambiente virtual: fórum de apresentação, fórum de notícias, slide com conteúdos pertinentes ao curso em questão, links de reportagens direcionadas, sistematização da aprendizagem.

BOAS VINDAS

Bem vindo à Escola Técnica Nossa Senhora Aparecida!

Prezado (a) Cursista,

Que bom tê-lo (a) conosco!

Ao ter escolhido estudar na modalidade à distância, por meio de um ambiente virtual de aprendizagem, você optou por uma forma de aprender que requer habilidades e competências específicas por parte dos professores e estudantes. Em nossos cursos à distância, é você quem organiza a forma e o tempo de seus estudos, ou seja, é você o agente da sua aprendizagem. Estudar e aprender a distância exigirá disciplina.

Recomendamos que antes de acessar o espaço virtual de aprendizagem, faça uma leitura cuidadosa de todas as orientações para realização das atividades.

É importante que, ao iniciar o curso, você tenha uma compreensão clara de como será estruturada sua aprendizagem.

Uma orientação importante é que você crie uma conta de e-mail específica para receber informações do curso, seus exercícios corrigidos, comunicados e avisos. É de responsabilidade do estudante verificar também sua caixa de spam-lixo para ter acesso a todas as informações enviadas.

Desejamos um ótimo curso.

INFORMAÇÕES INTRODUTÓRIAS

ORGANIZAÇÃO CURRICULAR

Cada curso possui matriz curricular própria dividida em módulos de ensino semanais. O cronograma e planejamento de cada curso são modulados conforme as disposições dos professores e as atualizações dos conteúdos.

Os cursos têm apostilas de conteúdo para cada componente curricular, elaboradas por profissionais de referência em Goiás.

Os certificados serão emitidos pela Escola Nossa Senhora Aparecida até 90 dias após o término do curso, tendo em vista o trabalho de fechamento das notas e avaliação do curso.

SISTEMA DE TUTORIA

O tutor será o profissional que estará mais próximo de você durante o período do curso, passando todos os comunicados e avisos, cobrando a entrega das atividades.

Conte com o tutor da sua turma para tirar suas dúvidas sejam elas do ambiente virtual, conteúdo do curso ou dúvida e questionamentos sobre os exercícios.

SISTEMA DE AVALIAÇÃO

A avaliação será obtida através da participação e da avaliação do nível de conhecimento que o estudante demonstrar em chats, fóruns e exercícios.

Ao término do curso será informado para os estudantes de forma individualizada sobre sua aprovação e desempenho no curso.

VOCÊ E OS ESTUDOS À DISTÂNCIA

ORGANIZANDO OS ESTUDOS

O estudo por meio de um ambiente virtual de aprendizagem não é mais difícil e nem mais fácil do que num ambiente presencial. É apenas diferente. O estudo à distância exige muita disciplina. As orientações a seguir irão auxiliá-lo a criar hábitos de estudo.

- Elabore um horário semanal, considerando a carga horária do curso. Nesse plano, você deve prever o tempo a ser dedicado:
 - à leitura do conteúdo das aulas, incluindo seus links para leituras complementares, sites externos, glossário e referências bibliográficas;
 - à realização das atividades ao final de cada semana;
 - à participação nos chats;
 - à participação nos fóruns de discussão;
 - ao processo de interação com o professor e/ou com o tutor;
 - ao processo de interação com seus colegas de curso, por mensagem ou por chat.

Uma vez iniciados os seus estudos, faça o possível para manter um ritmo constante, procurando seguir o plano previamente elaborado. Na educação à distância, é você, que deve gerenciar o seu processo de aprendizagem.

Procure manter uma comunicação constante com seu tutor, com o intuito de tirar dúvidas sobre o conteúdo e/ou curso e trocar informações, experiências e outras questões pertinentes.

Explore ao máximo as ferramentas de comunicação disponíveis (mensageiro, fórum de discussão, chat).

É imprescindível sua participação nas atividades presenciais obrigatórias (aulas), elas são parte obrigatória para finalização do curso.

CONHECENDO O AMBIENTE VIRTUAL DE APRENDIZAGEM

No ambiente virtual de aprendizagem também necessitamos de uma organização para que ocorram os processos de ensino, de aprendizagem e principalmente a interação entre professor/tutor e estudantes.

O ambiente virtual de aprendizagem da Escola Nossa Senhora Aparecida é o Moodle.

Em sua sala de aula, você encontrará espaços de comunicação e interação: quadro de notícias, atividades recentes, informações sobre o professor e sobre seus colegas de turma, calendário, recurso para o envio da sistematização ao seu tutor e ferramentas de comunicação.

Sucesso no seu Curso!

MECÂNICA DOS SOLOS

Origem e formação dos solos

Quando mencionamos a palavra solo já nos vem à mente uma ideia intuitiva do que se trata. No linguajar popular a palavra solo está intimamente relacionada com a palavra terra, a qual poderia ser definida como material solto, natural da crosta terrestre onde habitamos, utilizado como material de construção e de fundação das obras do homem. Uma definição precisa e teoricamente sustentada do significado da palavra solo é contudo bastante difícil, de modo que o termo solo adquire diferentes conotações a depender do ramo do conhecimento humano que o emprega. Para a agronomia, o termo solo significa o material relativamente fofo da crosta terrestre, consistindo de rochas decompostas e matéria orgânica, o qual é capaz de sustentar a vida. Desta forma, os horizontes de solo para agricultura possuem em geral pequena espessura. Para a geologia, o termo solo significa o material inorgânico não consolidado proveniente da decomposição das rochas, o qual não foi transportado do seu local de formação. Na engenharia, é conveniente definir como rocha aquilo que é impossível escavar manualmente, que necessite de explosivo para seu desmonte. Chamamos de solo, a rocha já decomposta ao ponto granular e passível de ser escavada apenas com o auxílio de pás e picaretas ou escavadeiras.

A crosta terrestre é composta de vários tipos de elementos que se interligam e formam minerais. Esses minerais poderão estar agregados como rochas ou solo. Todo solo tem origem na desintegração e decomposição das rochas pela ação de agentes intempéricos ou antrópicos. As partículas resultantes deste processo de intemperismo irão depender fundamentalmente da composição da rocha matriz e do clima da região. Por ser o produto da decomposição das rochas, o solo invariavelmente apresenta um maior índice de vazios do que a rocha mãe, vazios estes ocupados por ar, água ou outro fluido de natureza diversa. Devido ao seu pequeno índice de vazios e as fortes ligações existentes entre os minerais, as rochas são coesas, enquanto que os solos são granulares. Os grãos de solo podem ainda estar impregnados de matéria orgânica. Desta forma, podemos dizer que para a engenharia, solo é um material granular composto de rocha decomposta, água, ar (ou outro fluido) e eventualmente matéria orgânica, que pode ser escavado sem o auxílio de explosivos.

Intemperismo é o conjunto de processos físicos, químicos e biológicos pelos quais a rocha se decompõe para formar o solo. Por questões didáticas, o processo de intemperismo é frequentemente dividido em três categorias: intemperismo físico

químico e biológico. Deve se ressaltar contudo, que na natureza todos estes processos tendem a acontecer ao mesmo tempo, de modo que um tipo de intemperismo auxilia o outro no processo de transformação rocha-solo.

Os processos de intemperismo físico reduzem o tamanho das partículas, aumentando sua área de superfície e facilitando o trabalho do intemperismo químico. Já os processos químicos e biológicos podem causar a completa alteração física da rocha e alterar suas propriedades químicas.

É o processo de decomposição da rocha sem a alteração química dos seus componentes. Os principais agentes do intemperismo físico são citados a seguir:

Variações de Temperatura – Da física sabemos que todo material varia de volume em função de variações na sua temperatura. Estas variações de temperatura ocorrem entre o dia e a noite e durante o ano, e sua intensidade será função do clima local. Acontece que uma rocha é geralmente formada de diferentes tipos de minerais, cada qual possuindo uma constante de dilatação térmica diferente, o que faz a rocha deformar de maneira desigual em seu interior, provocando o aparecimento de tensões internas que tendem a fraturá-la. Mesmo rochas com uma uniformidade de componentes não têm uma arrumação que permita uma expansão uniforme, pois grãos compridos deformam mais na direção de sua maior dimensão, tendendo a gerar tensões internas e auxiliar no seu processo de desagregação.

Repuxo coloidal – O repuxo coloidal é caracterizado pela retração da argila devido à sua diminuição de umidade, o que em contato com a rocha gera tensões capazes de fraturá-la.

Ciclos gelo/degelo

As fraturas existentes nas rochas podem se encontrar parcialmente ou totalmente preenchidas com água. Esta água, em função das condições locais, pode vir a congelar, expandindo-se e exercendo esforços no sentido de abrir ainda mais as fraturas preexistentes na rocha, auxiliando no processo de intemperismo (a água aumenta em cerca de 8% o seu volume devido à arrumação das partículas durante a cristalização). Vale ressaltar também que a água transporta substâncias ativas quimicamente, incluindo sais que ao reagirem com ácidos provocam cristalização com aumento de volume.

Alívio de pressões

Alívio de pressões irá ocorrer em um maciço rochoso sempre que da retirada de material sobre ou ao lado do maciço, provocando a sua expansão, o que por sua vez, irá contribuir no fraturamento, estricções e formação de juntas na rocha. Estes processos, isolados ou

combinados (caso mais comum) "fraturam" as rochas continuamente, o que permite a entrada de agentes químicos e biológicos, cujos efeitos aumentam a fraturação e tende a reduzir a rocha a blocos cada vez menores.

É o processo de decomposição da rocha com a alteração química dos seus componentes. Há várias formas através das quais as rochas decompõem-se quimicamente. Pode-se dizer, contudo, que praticamente todo processo de intemperismo químico depende da presença da água. Entre os processos de intemperismo químico destacam-se os seguintes:

Hidrólise

Dentre os processos de decomposição química do intemperismo, a hidrólise é a que se reveste de maior importância, porque é o mecanismo que leva a destruição dos silicatos, que são os compostos químicos mais importantes da litosfera. Em resumo, os minerais na presença dos íons H^+ liberados pela água são atacados, reagindo com os mesmos. O H^+ penetra nas estruturas cristalinas dos minerais deslocando os seus íons originais (Ca^{++} , K^+ , Na^+ , etc.) causando um desequilíbrio na estrutura cristalina do mineral e levando-o a destruição.

Hidratação

Como a própria palavra indica, é a entrada de moléculas de água na estrutura dos minerais. Alguns minerais quando hidratados (feldspatos, por exemplo) sofrem expansão, levando ao fraturamento da rocha.

Carbonatação

O ácido carbônico é o responsável por este tipo de intemperismo. O intemperismo por carbonatação é mais acentuado em rochas calcárias por causa da diferença de solubilidade entre o $CaCO_3$ e o bicarbonato de cálcio formado durante a reação.

Os diferentes minerais constituintes das rochas originarão solos com características diversas, de acordo com a resistência que estes tenham ao intemperismo local. Há, inclusive, minerais que têm uma estabilidade química e física tal que normalmente não são decompostos. O quartzo, por exemplo, por possuir uma enorme estabilidade física e química é parte predominante dos solos grossos, como as areias e os pedregulhos.

Neste caso a decomposição da rocha se dá graças a esforços mecânicos produzidos por vegetais através das raízes, por animais através de escavações dos roedores, da atividade de minhocas ou pela ação do próprio homem, ou de ambos, ou ainda pela

liberação de substâncias agressivas quimicamente, intensificando assim o intemperismo químico, seja pela decomposição de seus corpos ou através de secreções como é o caso dos ouriços do mar.

Logo, os fatores biológicos de maior importância incluem a influência da vegetação no processo erosivo da rocha e o ciclo de meio ambiente entre solo e planta e entre animais e solo. Pode-se dizer que o intemperismo biológico é uma categoria do intemperismo químico em que as reações químicas que ocorrem nas rochas são propiciadas por seres vivos.

O intemperismo químico possui um poder de desagregação da rocha muito maior do que o intemperismo físico. Deste modo, solos gerados em regiões onde há a predominância do intemperismo químico tendem a ser mais profundos e mais finos do que aqueles solos formados em locais onde há a predominância do intemperismo físico. Além disto, obviamente, os solos originados a partir de uma predominância do intemperismo físico apresentarão uma composição química semelhante à da rocha mãe, ao contrário daqueles solos formados em locais onde há predominância do intemperismo químico.

Conforme relatado anteriormente, a água é um fator fundamental no desenvolvimento do intemperismo químico da rocha. Deste modo, regiões com altos índices de pluviosidade e altos valores de umidade relativa do ar tendem a apresentar uma predominância de intemperismo do tipo químico, o contrário ocorrendo em regiões de clima seco.

Como vimos, todo solo provém de uma rocha pré-existente, mas dada a riqueza da sua formação não é de se esperar do solo uma estagnação a partir de um certo ponto. Como em tudo na natureza, o solo continua suas transformações, podendo inclusive voltar a ser rocha. De forma simplificada, definiremos a seguir um esquema de transformações que vai do magma ao solo sedimentar e volta ao magma (fig. 2.1).

No interior do Globo Terrestre, graças às elevadas pressões e temperaturas, os elementos químicos se encontram em estado líquido formando o magma (fig. 2.1 –6).

A camada sólida da Terra, pode romper-se em pontos localizados e deixar escapar o magma. Desta forma, haverá um resfriamento brusco do magma (fig. 2.1 linha 6–1), que se transformará em rochas ígneas, nas quais não haverá tempo suficiente para o desenvolvimento de estruturas cristalinas mais estáveis. O processo indicado pela linha 6–1 é denominado de extrusão vulcânica ou derrame e é responsável pela formação da rocha ígnea denominada de basalto. A depender do tempo de resfriamento, o basalto pode mesmo vir a apresentar uma estrutura vítrea.

Quando o magma não chega à superfície terrestre, mas ascende a pontos mais próximos à superfície, com menor temperatura e pressão, ocorre um resfriamento mais lento (fig. 2.1 linha 6–7), o que permite a formação de estruturas cristalinas mais estáveis, e, portanto, de rochas mais resistentes, denominadas de intrusivas ou plutônicas (diabásio, gabro e granito).

Podemos avaliar comparativamente as rochas vulcânicas e plutônicas pelo tamanho dos cristais, o que pode ser feito facilmente a olho nu ou com o auxílio de lupas. Cristais maiores indicam uma formação mais lenta, característica das rochas plutônicas, e vice-versa.

Uma vez exposta, (fig. 2.1–1), a rocha sofre a ação das intempéries e forma os solos residuais (fig. 2.1–2), os quais podem ser transportados e depositados sobre outro solo de qualquer espécie ou sobre uma rocha (fig. 2.1 linha 2–3), vindo a se tornar um solo sedimentar.

A contínua deposição de solos faz aumentar a pressão e a temperatura nas camadas mais profundas, que terminam por ligarem seus grãos e formar as rochas sedimentares (fig. 2.1 linha 3–4), este processo chama-se litificação ou diagênese.

As rochas sedimentares podem, da mesma maneira que as rochas ígneas, aflorarem à superfície e reiniciar o processo de formação de solo (fig. 2.1 linha 4–1), ou de forma inversa, as deposições podem continuar e conseqüentemente prosseguir o aumento de pressão e temperatura, o que irá levar a rocha sedimentar a mudar suas características textuais e mineralógicas, a achatar os seus cristais de forma orientada transversalmente à pressão e a aumentar a ligação entre os cristais (fig. 2.1 linha 4–5). O material que surge daí tem características tão diversas da rocha original, que muda a sua designação e passa a se chamar rocha metamórfica.

Naturalmente, a rocha metamórfica está sujeita a ser exposta (fig. 2.1 linha 5–1), decomposta e formar solo. Se persistir o aumento de pressão e temperatura graças à deposição de novas camadas de solo, a rocha fundirá e voltará à forma de magma (fig. 2.1 linha 5–6).

Obviamente, todos esses processo, com exceção do vulcanismo e de alguns transportes mais rápidos, ocorrem numa escala de tempo geológica, isto é, de milhares ou milhões de anos.

Há diferentes maneiras de se classificar os solos, como pela origem, pela sua evolução, pela presença ou não de matéria orgânica, pela estrutura, pelo preenchimento dos

vazios, etc. Neste item apresentar-se-á uma classificação genética para os solos, ou seja, iremos classificá-los conforme o seu processo geológico de formação.

Nesta classificação genética, os solos são divididos em dois grandes grupos, sedimentares e residuais, a depender da existência ou não de um agente de transporte na sua formação, respectivamente. Os principais agentes de transporte atuando na formação dos solos sedimentares são a água, o vento e a gravidade. Estes agentes de transporte influenciam fortemente nas propriedades dos solos sedimentares, a depender do seu grau de seletividade.

São solos que permanecem no local de decomposição da rocha. Para que eles ocorram é necessário que a velocidade de decomposição da rocha seja maior do que a velocidade de remoção do solo por agentes externos.

A velocidade de decomposição depende de vários fatores, entre os quais a temperatura, o regime de chuvas e a vegetação. As condições existentes nas regiões tropicais são favoráveis a degradações mais rápidas da rocha, razão pela qual há uma predominância de solos residuais nestas regiões (centro sul do Brasil, por exemplo).

Como a ação das intempéries se dá, em geral, de cima para baixo, as camadas superiores são, via de regra, mais trabalhadas que as inferiores. Este fato nos permite visualizar todo o processo evolutivo do solo, de modo que passamos de uma condição de rocha sã, para profundidades maiores, até uma condição de solo residual maduro, em superfície.

Os solos sedimentares ou transportados são aqueles que foram levados ao seu local atual por algum agente de transporte e lá depositados. As características dos solos sedimentares são função do agente de transporte.

Cada agente de transporte seleciona os grãos que transporta com maior ou menor facilidade, além disto, durante o transporte, as partículas de solo se desgastam e/ou quebram. Resulta daí um tipo diferente de solo para cada tipo de transporte. Esta influência é tão marcante que a denominação dos solos sedimentares é feita em função do agente de transporte predominante.

Pode-se listar os agentes de transporte, por ordem decrescente de seletividade, da seguinte forma:

- Geleiras (Solos Glaciais)
- Gravidade (Solos Coluvionares)
- Água dos Rios (Solos Fluviais)

- Água de Chuvas (Solos Pluviais)
- Ventos (Solos Eólicos)
- Águas (Solos Aluvionares)
- Água dos Oceanos e Mares (Solos Marinhos)

Os agentes naturais citados acima não devem ser encarados apenas como agentes de transporte, pois eles têm uma participação ativa no intemperismo e, portanto, na formação do próprio solo, o que ocorre naturalmente antes do seu transporte.

O transporte pelo vento dá origem aos depósitos eólicos de solo. Em virtude do atrito constante entre as partículas, os grãos de solo transportados pelo vento geralmente possuem forma arredondada. A capacidade do vento de transportar e erodir é muito maior do que possa parecer à primeira vista. Vários são os exemplos de construções e até cidades soterradas parcial ou totalmente pelo vento, como foram os casos de Taunas – ES e Tutóia – MA; os grãos mais finos do deserto do Saara atingem em grande escala a Inglaterra, percorrendo uma distância de mais de 3000km. Como a capacidade de transporte do vento depende de sua velocidade, o solo é geralmente depositado em zonas de calmaria.

O transporte eólico é o mais seletivo tipo de transporte das partículas do solo. Se por um lado grãos maiores e mais pesados não podem ser transportados, os solos finos, como as argilas, têm seus grãos unidos pela coesão, formando torrões dificilmente levados pelo vento. Esse efeito também ocorre em areias e siltes saturados (falsa coesão) o que faz da linha de lençol freático (linha a partir da qual todos os vazios do solo estão preenchidos com água) um limite para a atuação dos ventos.

A porção externa e superficial da crosta terrestre é formada por vários tipos de corpos rochosos que constituem o manto rochoso. Estas rochas estão sujeitas a condições que alteram a sua forma física e sua composição química. Estes fatores que produzem essas alterações são chamados de agentes de intemperismo. Pode-se então conceituar o intemperismo como o conjunto de processos físicos e químicos que modificam as rochas quando expostas ao tempo.

O processo do intemperismo se dá em duas fases:

- intemperismo físico – que é a desintegração da rocha;
- intemperismo químico – que é a decomposição da rocha.

A desintegração (intemperismo físico) é a ruptura das rochas inicialmente em fendas, progredindo para partículas de tamanhos menores, sem, no entanto, haver mudança na sua composição. Nesta desintegração, através de agentes como água, temperatura, pressão, vegetação e vento, formam-se os pedregulhos e as areias (solos

de partículas grossas) e até mesmo os siltes (partícula intermediária entre areia e argila). Somente em condições especiais são formadas as argilas (partículas finas), resultantes da decomposição do feldspato das rochas ígneas.

A decomposição (intemperismo químico) é o processo onde há modificação mineralógica das rochas de origem. O principal agente é a água, e os mais importantes mecanismos modificadores são a oxidação, hidratação, carbonatação e os efeitos químicos resultantes do apodrecimento de vegetais e animais.

Normalmente a desintegração e a decomposição atuam juntas, uma vez que a ruptura física da rocha permite a circulação da água e de agentes químicos. Os organismos vivos concorrem também na desagregação puramente física e na decomposição química das rochas.

Formação dos solos

Cada rocha e cada maciço rochoso se decompõem de uma forma própria. Porções mais fraturadas se decompõem mais intensamente do que as partes maciças, e certos constituintes das rochas são mais solúveis que outros.

As rochas que se dispõem em camadas, respondem ao intemperismo de forma diferente para cada camada, resultando numa alteração diferencial. O material decomposto pode ser transportado pela água, pelo vento, etc.

Os solos são misturas complexas de materiais inorgânicos e resíduos orgânicos parcialmente decompostos. Para o homem em geral, a formação do solo é um dos mais importantes produtos do intemperismo. Os solos diferem grandemente de área para área, não só em quantidade (espessura de camada), mais também qualitativamente.

Os agentes de intemperismo estão continuamente em atividade, alterando os solos e transformando as partículas em outras cada vez menores. O solo propriamente dito é a parte superior do manto de intemperismo, assim, as partículas diminuem de tamanho conforme se aproximam da superfície.

Os fatores mais importantes na formação do solo são:

- ação de organismos vivos;
- rocha de origem;
- tempo (estágio de desintegração/decomposição);
- clima adequado;
- inclinação do terreno ou condições topográficas.

Classificação dos solos quanto à sua origem

Quanto à sua formação, podemos classificar os solos em três grupos principais: solos residuais, solos sedimentares e solos orgânicos.

Solos residuais – são os que permanecem no local da rocha de origem (rocha-mãe), observando-se uma gradual transição da superfície até a rocha. Para que ocorram

os solos residuais, é necessário que a velocidade de decomposição de rocha seja maior que a velocidade de remoção pelos agentes externos. Estando os solos residuais apresentados em horizontes (camadas) com graus de intemperismos decrescentes, podem-se identificar as seguintes camadas: solo residual maduro, saprolito e a rocha alterada.

Física dos solos

O solo é constituído de uma fase fluida (água e/ou gases) e de uma fase sólida. Pode-se dizer que solo é um conjunto de **partículas sólidas** que deixam espaços vazios entre si, sendo que estes vazios podem estar preenchidos com **água**, com **gases** (normalmente o ar), ou com ambos.

Partículas sólidas:

As partículas sólidas dão características e propriedades ao solo conforme sua forma, tamanho e textura. A forma das partículas tem grande influência nas suas propriedades. As principais formas das partículas são:

- a) *Poligonais angulares* € são irregulares, exemplo de solos: areias, siltes e pedregulhos.
- b) *Poligonais arredondadas* € possuem uma superfície arredondada, normalmente devido ao transporte sofrido quando da ação da água. Exemplo: seixo rolado.
- c) *Lamelares* € possuem duas dimensões predominantes, típicas de solos argilosos. Esta forma das partículas das argilas responde por alguma de suas propriedades, como por exemplo, a compressibilidade e a plasticidade, esta última, uma das características mais importantes.
- d) *Fibrilares* € possuem uma dimensão predominante. São típicas de solos orgânicos.

As partículas poligonais (areia) apresentam menor superfície específica que as lamelares (argila), proporcionando às areias atrito interno.

Água:

A água contida no solo pode ser classificada em:

- *Água higroscópica* € a que se encontra em um solo úmido ou seco ao ar livre, ocupando os vazios do solo, na região acima do lençol freático. Pode ser totalmente eliminada quando submetida a temperaturas acima de 100°C.
- *Água adsorvida* € também chamada de água adesiva, é aquela película de água que envolve e adere fortemente às partículas de solos muito finos (argila), devido a ação de forças elétricas desbalanceadas na superfície dos argilo-minerais sólida.

- *Água de constituição* € é a que faz parte da estrutura molecular da partícula sólida.
- *Água capilar* € é a que, nos solos finos, sobe pelos vazios entre as partículas, até pontos acima do lençol freático (ascensão capilar). Pode ser totalmente eliminada quando submetida a temperaturas acima de 100°C.
- *Água livre* € é aquela formada pelo excesso de água no solo, abaixo do lençol freático, e que preenche todos os vazios entre as partículas sólidas. Pode ser totalmente eliminada quando submetida a temperaturas acima de 100°C.

Gases:

Dependendo do tipo de solo e das suas propriedades (principalmente porosidade), podemos ter os vazios preenchidos com ar. Em algumas regiões pantanosas (EUA), podemos ter gases (alguns tóxicos) preenchendo estes vazios.

Diferença entre solo para construção do solo para agronomia

Pode-se afirmar que quando um solo é apropriado para construção civil, deve ser impróprio para fins de agricultura. Assim um solo muito compacto, é conveniente para obras civis, mas é péssimo para agricultura. Do mesmo modo que um solo poroso, com muitos vazios, é bom para a agricultura, mas inadequado para construção.

ÍNDICES FÍSICOS DOS SOLOS

Como vimos, o solo é composto por partículas sólidas que apresentam **vazios** entre si. Estes vazios podem estar preenchidos por água e/ou ar. Assim, temos 3 fases:

- Fase sólida – formada por partículas sólidas;
- Fase líquida – formada pela água;
- Fase gasosa – formada pelo ar (vapor, gases).

Devemos ter em mente os diversos estados que um solo pode estar sujeito, sendo afetados por fatores naturais (chuvas, insolação) ou não (compactação mecânica, cortes, aterros). Assim, por exemplo, após um período chuvoso, um determinado solo apresentará um estado em que os vazios serão preenchidos pela água, e o ar anteriormente presente será expulso. No verão, após a evaporação da água, este mesmo solo apresentará um novo estado, com o ar penetrando nos vazios deixados pela água.

Para identificar o estado em que se encontra um determinado solo, num dado momento, utilizamos os índices físicos.

Grandezas envolvidas:

As principais grandezas de um solo são: Ps – peso das partículas sólidas;

Pa – peso da água;

* o peso do ar é considerado desprezível.

Vs – volume das partículas sólidas; Va – volume da água;

Var – volume do ar;

Vv - volume de vazios; Teremos sempre:

$P_t = P_s + P_a$; $V_v = V_a + V_{ar}$;

$V_t = V_s + V_a + V_{ar} = V_s + V_v$; As unidades mais usuais são:

- para o peso: g; kg ; t.

- para o volume: cm^3 ; dm^3 ; m^3 .

Umidade (h%):

É a relação, expressa na forma percentual, entre o peso da água contida num certo volume de solo e o peso da parte sólida existente neste mesmo volume.

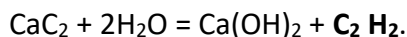
Para se determinar o teor de umidade de um solo, em laboratório, pesamos uma amostra do solo no seu estado natural (devemos ter o cuidado na retirada e no transporte para o laboratório de não alterarmos a umidade da amostra) e o peso após a completa secagem em estufa ($T = 105^\circ\text{C}$). Assim teremos P1 e P2.

P1 – peso da amostra natural mais o peso da embalagem (tara); P2- peso da amostra seca mais o peso da embalagem (tara).

$P_a = P_1 - P_2$ e

$P_s = P_2 - P_{\text{tara}}$.

Um outro meio muito simples e rápido é a utilização do aparelho **Speedy**. Este aparelho consiste num reservatório metálico fechado que se comunica com um manômetro destinado a medir a pressão interna. Dentro do reservatório é colocada uma quantidade determinada da amostra de solo, juntamente com uma porção determinada de carbureto de cálcio (CaC_2). A reação da água contida na amostra de solo com o carbureto, resulta em gás acetileno, de acordo com a expressão:



Assim, estabelecemos uma relação entre a variação da pressão interna no reservatório, com o teor de umidade da amostra de solo. Outro método utilizado é o chamado “método expedito do álcool”.

É grande a variação de umidade de um solo para outro, algumas argilas do México, por exemplo, apresentam umidade da ordem de 400%. A umidade é um índice muito

expressivo, principalmente para os solos argilosos, que têm sua resistência dependente do teor de água presente nos mesmos.

Na natureza não existem solos com teor de umidade igual a zero. Esta condição é apenas obtida em laboratório, mesmo assim, após um determinado período exposto ao tempo, a amostra irá absorver a umidade do ar.

Peso específico real ou das partículas sólidas:

É a relação entre o peso das partículas sólidas (P_s) e o volume das partículas sólidas (V_s). Varia pouco de um solo a outro, oscilando entre 25 e 29 kN/m³, tendo valor menor para um solo com elevado teor de matéria orgânica, e valor maior para solo rico em óxido de ferro.

GRANULOMETRIA DE UM SOLO

Introdução

Granulometria é a distribuição, em porcentagem, dos diversos tamanhos de grãos. Para se proceder a uma análise granulométrica de um solo, faz-se necessário fazer com que os componentes deste atravessem peneiras, as quais são dispostas ordenadamente, superpondo-as na ordem de série, sempre iniciando com a de maior abertura de malha. A análise granulométrica consiste, em geral, em duas fases distintas: peneiramento e sedimentação. É a determinação das dimensões das partículas do solo e das proporções relativas em que elas se encontram, é representada, graficamente, pela curva granulométrica. Esta curva é traçada por pontos em um diagrama semi-logarítmico, no qual, sobre os eixos das abscissas, são marcados os logaritmos das dimensões das partículas e sobre o eixo das ordenadas as porcentagens, em peso, de material que tem dimensão média menor que a dimensão considerada.

DEFINIÇÕES IMPORTANTES:

PORCENTAGEM QUE PASSA € É o peso de material que passa em cada peneira, referido ao peso seco da amostra;

PORCENTAGEM RETIDA € É a percentagem retida numa determinada peneira. Obtemos este percentual, quando conhecendo-se o peso seco da amostra, pesamos o material retido, dividimos este pelo peso seco total e multiplicamos por 100;

PORCENTAGEM ACUMULADA € É a soma dos percentuais retidos nas peneiras superiores, com o percentual retido na peneira em estudo;

MÓDULO DE FINURA € É a soma dos percentuais acumulados em todas as peneiras da série normal, dividida por 100. Quanto maior o módulo de finura, mais grosso será o solo;

DIÂMETRO MÁXIMO € Corresponde ao número da peneira da série normal na qual a porcentagem acumulada é inferior ou igual a 5%, desde que essa porcentagem seja superior a 5% na peneira imediatamente abaixo;

DIÂMETRO EFETIVO € Segundo Allen-Hazen, é o diâmetro correspondente a 10% em peso total, de todas as partículas menores que ele; $d_{ef} = d_{10}$

COEFICIENTE DE UNIFORMIDADE € Ainda segundo Allen-Hazen, é a razão entre os diâmetros correspondentes a 60% e 10%, tomados na curva granulométrica. Esta relação indica, na realidade, falta de uniformidade, pois seu valor diminui ao ser mais uniforme o material;

PLASTICIDADE E CONSISTÊNCIA DOS SOLOS:

Introdução

Plasticidade é a propriedade que os solos têm de serem moldados, sob certas condições de umidade, sem variação de volume e sem ruptura. Nas argilas, esta é a propriedade mais importante. Já a elasticidade, é a propriedade que os corpos têm, de, ao serem deformados, voltarem ao seu estado inicial.

Limites de consistência

Quando um solo tem umidade muito elevada, apresenta-se como um fluido denso (lama líquida), isto é, no estado líquido. À medida que a água evapora, ele se endurece e, para um certo teor de umidade h , ele perde sua capacidade de fluir, porém poderá ser moldado e conservar a sua forma. Este teor de umidade $h = LL$, isto é, o **Limite de Liquidez**, e o solo encontra-se no estado plástico.

A água continuará a evaporar até que o estado plástico desaparecer e o solo se desmanchará ao ser trabalhado. Este é o estado semi-sólido, com $h = LP$, isto é, o **Limite de Plasticidade**. Continuando-se a secagem, o solo atingirá, gradualmente, o estado sólido. O limite entre os estados semi-sólido e sólido é o **Limite de Contração**. Os limites LL e LP foram estabelecidos pelo cientista sueco Albert Atterberg, enquanto o LC foi estabelecido por Haines.

O LL é determinado através do Aparelho de Casagrande (em homenagem ao cientista Arthur Casagrande), o qual usa a energia potencial para fazer a acomodação

de uma amostra de solo.

- Estado sólido € não há variação de volume do solo com a secagem;
- Estado semi-sólido € verifica-se variação de volume com a secagem;
- Estado plástico € facilmente moldável;
- Estado líquido € comportamento de um fluido denso.

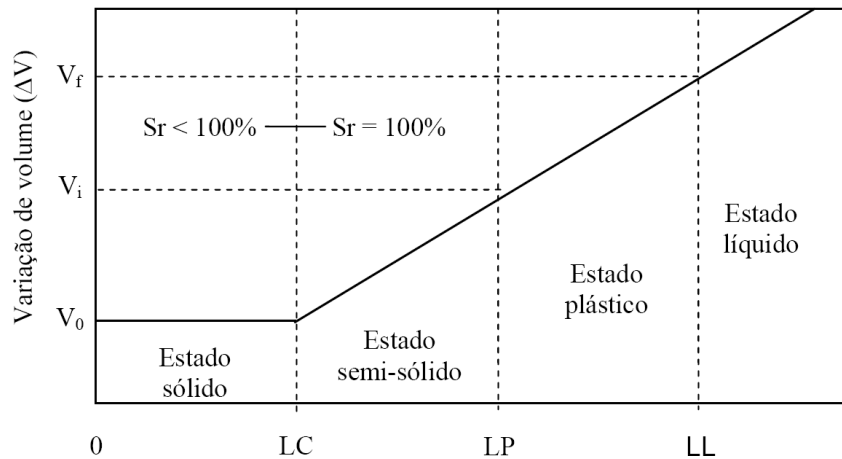


FIGURA 4.1. ESTADOS DO SOLO.

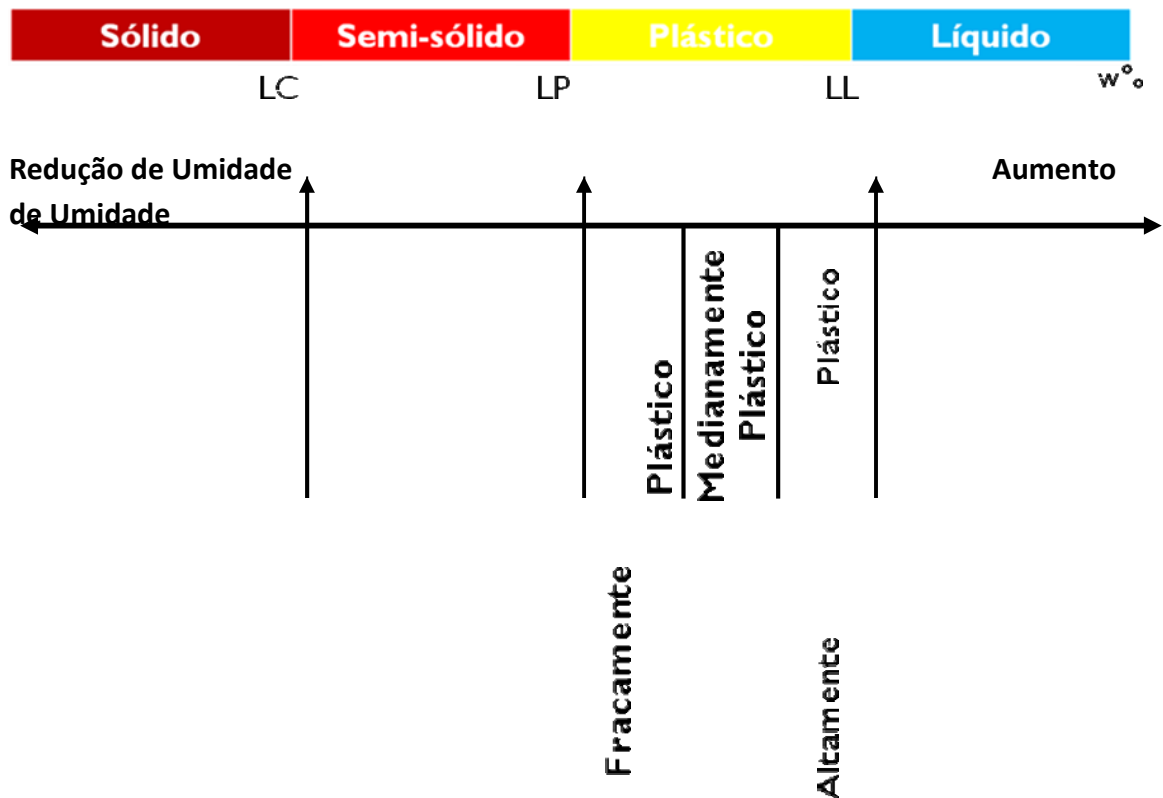


FIGURA 4.2. LIMITES DE CONSISTÊNCIA.

EQUIPAMENTOS DE CAMPO

Os princípios que estabelecem a compactação dos solos no campo são essencialmente os mesmos discutidos anteriormente para os ensaios em laboratórios. Assim, os valores de peso específico seco máximo obtidos são fundamentalmente função do tipo do solo, da quantidade de água utilizada e da energia específica aplicada pelo equipamento que será utilizado, a qual depende do tipo e peso do equipamento e do número de passadas sucessivas aplicadas.

A energia de compactação no campo pode ser aplicada, como em laboratório, de três maneiras diferentes: por meios de esforços de pressão, impacto, vibração ou por uma combinação destes. Os processos de compactação de campo geralmente combinam a vibração com a pressão, já que a vibração utilizada isoladamente se mostra pouco eficiente, sendo a pressão necessária para diminuir, com maior eficácia, o volume de vazios interpartículas do solo.

Os equipamentos de compactação são divididos em três categorias: os soquetes mecânicos; os rolos estáticos e os rolos vibratórios.

Soquetes

São compactadores de impacto utilizados em locais de difícil acesso para os rolos compressores, como em valas, trincheiras, etc. Possuem peso mínimo de 15Kgf, podendo ser manuais ou mecânicos (sapos). A camada compactada deve ter 10 a 15cm para o caso dos solos finos e em torno de 15cm para o caso dos solos grossos.

Rolos Estáticos

Os rolos estáticos compreendem os rolos pé-de-carneiro, os rolos lisos de roda de aço e os rolos pneumáticos.

Pé-de-Carneiro

Os rolos pé-de-carneiro são constituídos por cilindros metálicos com protuberâncias (patas) solidarizadas, em forma tronco-cônica e com altura de aproximadamente de 20cm. Podem ser alto propulsivos ou arrastados por trator. É indicado na compactação de outros tipos de solo que não a areia e promove um grande entrosamento entre as camadas compactadas.

A camada compactada possui geralmente 15cm, com número de passadas variando entre 4 e 6 para solos finos e de 6 e 8 para solos grossos. A Figura 05 ilustra um rolo compactador do tipo pé-de-carneiro.

As características que afetam a performance dos rolos pé-de-carneiro são a pressão de contato, a área de contato de cada pé, o número de passadas por cobertura e estes elementos dependem do peso total do rolo, o número de pés em contato com o solo e do número de pés por tambor.

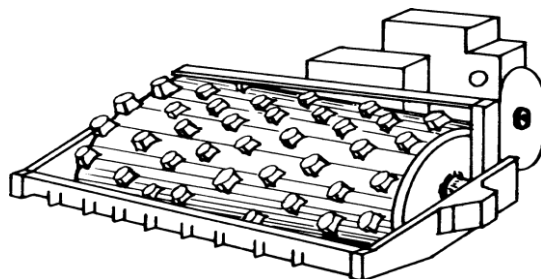


Figura 8.5: Rolo Pé-de-Carneiro

Rolo Liso

Trata-se de um cilindro oco de aço, podendo ser preenchido por areia úmida ou água, a fim de que seja aumentada a pressão aplicada. São usados em bases de estradas, em capeamentos e são indicados para solos arenosos, pedregulhos e pedra britada, lançados em espessuras inferiores a 15cm.

Este tipo de rolo compacta bem camadas finas de 5 a 15cm com 4 a 5 passadas. Os rolos lisos possuem pesos de 1 a 20t e freqüentemente são utilizados para o acabamento superficial das camadas compactadas. Para a compactação de solos finos utilizam-se rolos com três rodas com pesos em torno de 7t para materiais de baixa plasticidade e 10t, para materiais de alta plasticidade. A Figura 06 ilustra um rolo compactador do tipo liso.

Os rolos lisos possuem certas desvantagens como, pequena área de contato e em solos mole afunda demasiadamente dificultando a tração.

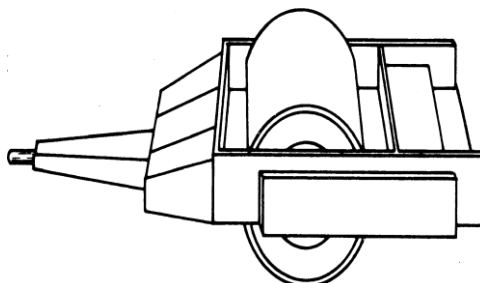


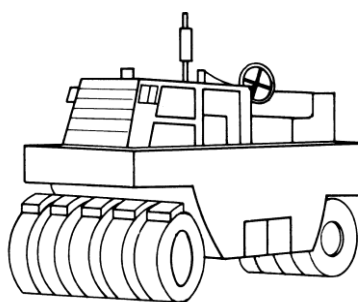
Figura 8.6: Rolo Liso

Rolo Pneumático

Os rolos pneumáticos são eficientes na compactação de capas asfálticas, bases e subbases de estradas e indicados para solos de granulação fina e arenosa. Os rolos pneumáticos podem ser utilizados em camadas de até 40 cm e possuem área de contato variável, função da pressão nos pneus e do peso do equipamento.

Pode-se usar rolos com cargas elevadas obtendo-se bons resultados. Neste caso, muito cuidado deve ser tomado no sentido de se evitar a ruptura do solo. A Figura 07 ilustra um rolo pneumático.

Figura 8.7: Rolo Pneumático



Rolos Vibratórios

Nos rolos vibratórios, a frequência da vibração influi de maneira extraordinária no processo de compactação do solo. São utilizados eficientemente na compactação de solos granulares (areias), onde os rolos pneumáticos ou pé-de-carneiro não atuam com eficiência. Este tipo de rolo quando não são usados corretamente produzem super compactação. A espessura máxima da camada é de 15cm. O rolo vibratório pode ser visto na figura 08.

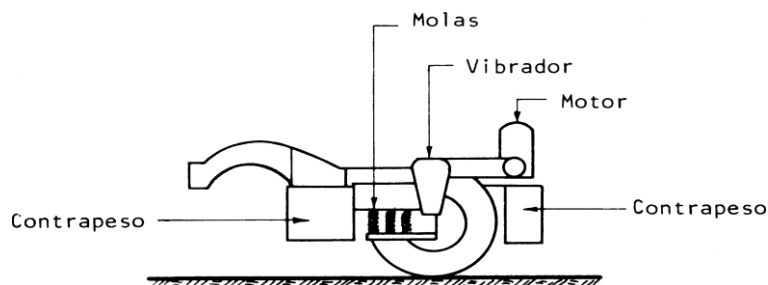


Figura 8.8: Rolo Vibratório

ESCOLHA DOS EQUIPAMENTOS DE COMPACTAÇÃO

a) Solos Coesivos

Nos solos coesivos há uma parcela preponderante de partículas finas e muito finas (silte e argila), nas quais as forças de coesão desempenham papel muito importante, sendo indicado a utilização de rolos pé-de-carneiro e os rolos conjugados.

b) Solos Granulares

Nos solos granulares há pouca ou nenhuma coesão entre os grãos existindo, entretanto atrito interno entre os grãos existindo, entretanto atrito interno entre eles, sendo indicado a utilização rolo liso vibratório.

c) Mistura de Solos

d) Nos solos misturados encontra-se materiais coesivos e granulares em porções diversas, não apresenta característica típica nem de solo coesivo nem de solo granular, sendo indicado a utilização de pé-de-carneiro vibratório.

e) Mistura de argila, silte e areia

Rolo pneumático com rodas oscilantes.

f) Qualquer tipo de solo

Rolo pneumático pesado, com pneus de grande diâmetro e largura.

CONTROLE DE COMPACTAÇÃO

Para que se possa efetuar um bom controle de compactação do solo em campo, temos que atentar para os seguintes aspectos:

- Tipo de solo;
- Espessura da camada;
- Entrosamento entre as camadas;
- Número de passadas;
- Tipo de equipamento;
- Umidade do solo;
- Grau de compactação alcançado.

Assim alguns cuidados devem ser tomados:

- A espessura da camada lançada não deve exceder a 30cm, sendo que a espessura da camada compactada deverá ser menor que 20cm.
- Deve-se realizar a manutenção da umidade do solo o mais próximo possível da umidade ótima.
- Deve-se garantir a homogeneização do solo a ser lançado, tanto no que se refere à umidade quanto ao material.



Rua Leonice, Qd. 160, Lt. 12, Parque Estrela Dalva II, Luziânia-GO.

