

para começar a
entender os
solos

no gerenciamento de áreas contaminadas

+

*no rastreamento de fontes de
contaminação*

sergio matos

sergio matos
eXpert®

O que tem aqui

Os contaminantes que são derramados na superfície convergem para os solos e as características dos solos condicionam o comportamento destes.

Entretanto, o baixo entendimento do solo resulta em modelos conceituais frágeis que impactam de forma negativa todas as etapas do Gerenciamento de Áreas Contaminadas.

Então, que tal entender melhor as propriedades dos solos e utilizá-las para realizar investigações mais consistentes do solo?

Primeiro, deixe eu me apresentar: meu nome é Sergio Matos e há mais de 20 anos trabalho em projetos de investigação de áreas contaminadas, ajudando empresas a se livrarem de passivos ambientais.

Minha experiência na investigação de áreas contaminadas me dá a certeza que o conhecimento consistente sobre as características dos solos abre caminho para a construção de um modelo conceitual que aumentará as chances de sucesso do Gerenciamento.

Este ebook apresenta *highlights* do meu curso “O Mínimo que Você Precisa Saber Sobre Solos para Gerenciar Áreas Contaminadas”, disponível na Udemy:

<https://www.udemy.com/course/o-minimo-que-voce-precisa-sobre-solos/>



Sérgio Matos

Conteúdo

O que é solo?	1
Como caracterizar os solos?	2
Qual perfil de solo utilizar?	4
Textura para descrever e classificar	5
Peneirando	7
Decantando	7
Classificações dos solos	9
Classificação textual	9
Seleção	10
Como os grãos se organizam?	11
Quantos grãos são necessários para formar um poro?	12
Grau de saturação dos poros	13
Permeabilidade dos solos	15
Método USDA	17
Relação solo - contaminante	18
Formação dos solos	20
Solos Naturais	20
Camadas Tecnogênicas	22
Porque Reconhecer a Natureza dos Solos é Importante?	23
Produzindo mapas dos solos	24
Construindo seções transversais do solo	26
O que mais?	33
Bibliografia	34

O que é solo?

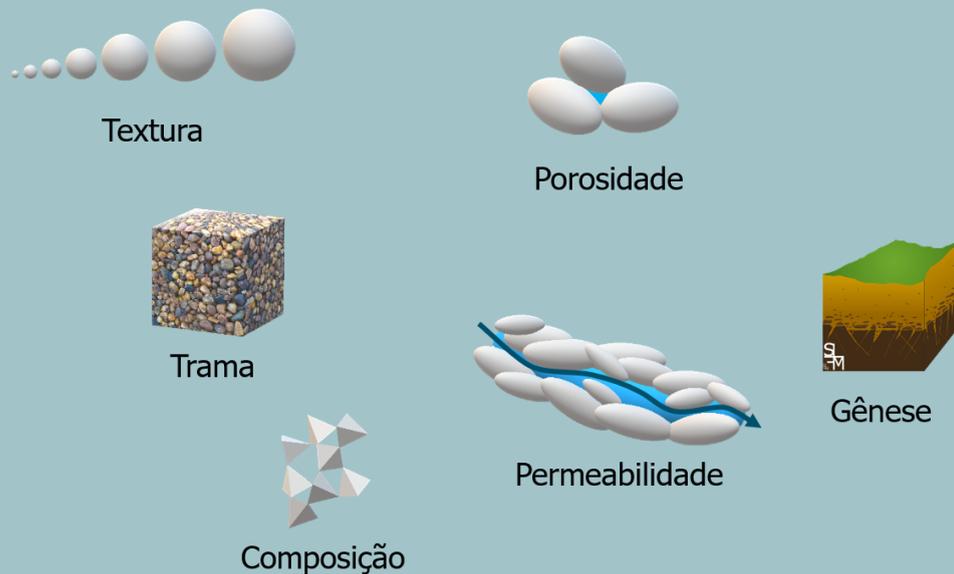
As definições de solo variam de disciplina para disciplina que ressaltam diferentes aspectos e elementos dos solos. Para este ebook será utilizada a definição de que melhor se ajusta ao Gerenciamento de Áreas Contaminadas, que é aquela utilizada em Geologia de engenharia:

“Pacote de material inconsolidado, sobreposto às rochas, gerado no local ou produto de transporte e deposição, constituindo um meio poroso composto por um arranjo tridimensional de grãos minerais cujos poros são preenchidos por fluidos (líquido ou gás)”.



Passamos todos os dias ao lado de grandes cortes de estradas e não percebemos que se tratam muitas vezes de camadas de solo (foto do autor).

Como caracterizar os solos?



Propriedades do solo.

Em meio ambiente, particularmente no gerenciamento de áreas contaminadas, as propriedades mais relevantes dos solos são:

- **Porosidade**, que expressa o volume de vazios existente entre as partículas sólidas e;
- **Permeabilidade**, que expressa a capacidade de meio poroso de transmitir um fluido através dos solos.

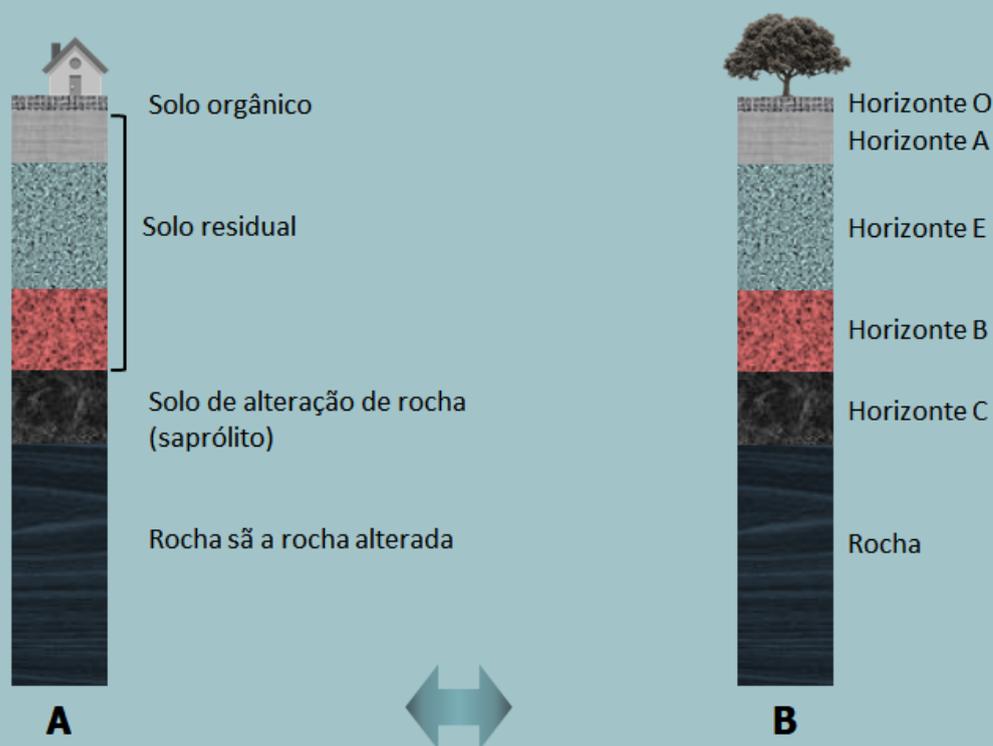
Porosidade e permeabilidade estão fortemente influenciadas pelas seguintes propriedades dos solos:

- **Textura**, que expressa a proporção entre os diferentes tamanhos e formas de grãos que compõem a fase sólida mineral do solo;
- **Trama**, que expressa o arranjo tridimensional dos grãos que compõem a fase sólida mineral;
- **Gênese**, que expressa os processos que atuaram na formação dos solos e;
- **Composição**, que expressa a mineralogia do solo e condiciona os processos de desenvolvimento dos solos e também pode influenciar a composição da água subterrânea.

Qual perfil de solo utilizar?

Para muitos, perfil de solo remete imediatamente aos horizontes de solo utilizados pelas Ciências do Solo como por exemplo o horizonte A, o horizonte E ou o horizonte B, que são as camadas mais superficiais do solo. Este tipo de abordagem não é tratado neste ebook.

Em gerenciamento de área contaminadas são utilizadas, na maioria dos projetos, as classificações empregadas em geologia de engenharia, que dividem os solos essencialmente nas camadas: solo residual, solo de alteração de rocha (ou saprólito) e camadas orgânicas.



A - Horizontes utilizados em geologia de engenharia; B - Horizontes utilizados em ciências do solo

Textura para descrever e classificar

A textura é a propriedade dada pelo tamanho das partículas sólidas presentes nos solos, principalmente pela proporção entre areia, silte e argila. A textura é a principal propriedade dos solos que pode ser descrita ainda em campo, principalmente de testemunhos de sondagem, como aqueles obtidos em “liners” cravados ou de sondagens SPT (*Standart Penetration Test*).

A análise granulométrica (ou granulometria) permite determinar os tamanhos dos grãos presentes em uma amostra de solos e de sua distribuição percentual em peso, geralmente através de intervalos pré-estabelecidos, que recebem o nome de frações.

Para ser realizada a classificação das partículas de uma amostra de solo quanto ao tamanho, deve ser primeiramente adotada uma escala granulométrica adequada, como por exemplo a escala de Udden-Wentworth, que pode ser expressa em milímetros ou em Φ (phi = log negativo de base 2 do diâmetro dos grãos em milímetros).

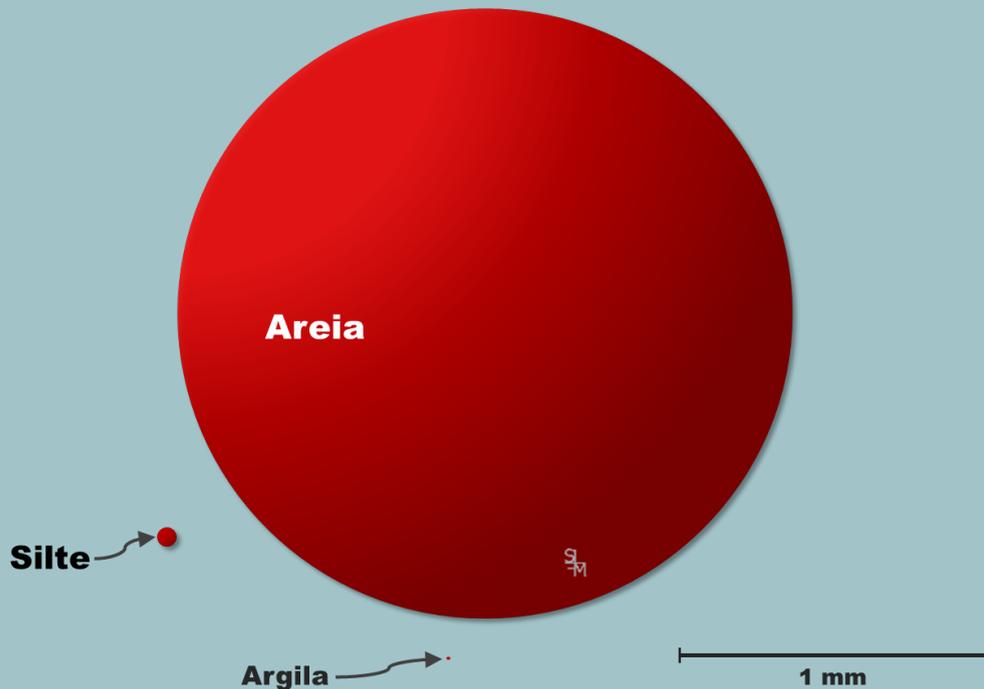
$$\phi = -\log_2(d)$$

onde: d = diâmetro do grão

phi = valor da escala granulométrica (limite inferior)

	Nome do Intervalo	Limite inferior	phi
Cascalho	Matacão	256 mm	- 8
	Calhau	64 mm	- 6
	Seixo	4 mm	- 2
	Grânulos	2 mm	- 1
Areia	Areia grossa	0,5 mm	1
	Areia média	¼ mm	2
	Areia fina	62,5 µm	4
Lama	Silte	4 µm	8
	Argila	0.06 µm	14

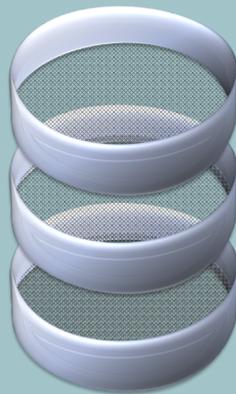
Escala granulométrica baseada em WENTWORTH (1922)



Tamanho relativo entre as partículas classificadas como areia, silte e argila em seus limites superiores de tamanho na escala de Udden-Wentworth (o grão de argila não seria graficamente representável nesta escala; ele foi representado para ajudar na percepção da diferença de diâmetro entre as partículas)

PENEIRANDO

A determinação das frações presentes em uma amostra pode ser realizada por peneiramento para as areias e frações mais grossas através de baterias de peneiras com aberturas diferentes, relacionadas a escala granulométrica adotada, sendo pesado o que fica retido em cada peneira e calculada a porcentagem em relação à massa total da amostra.

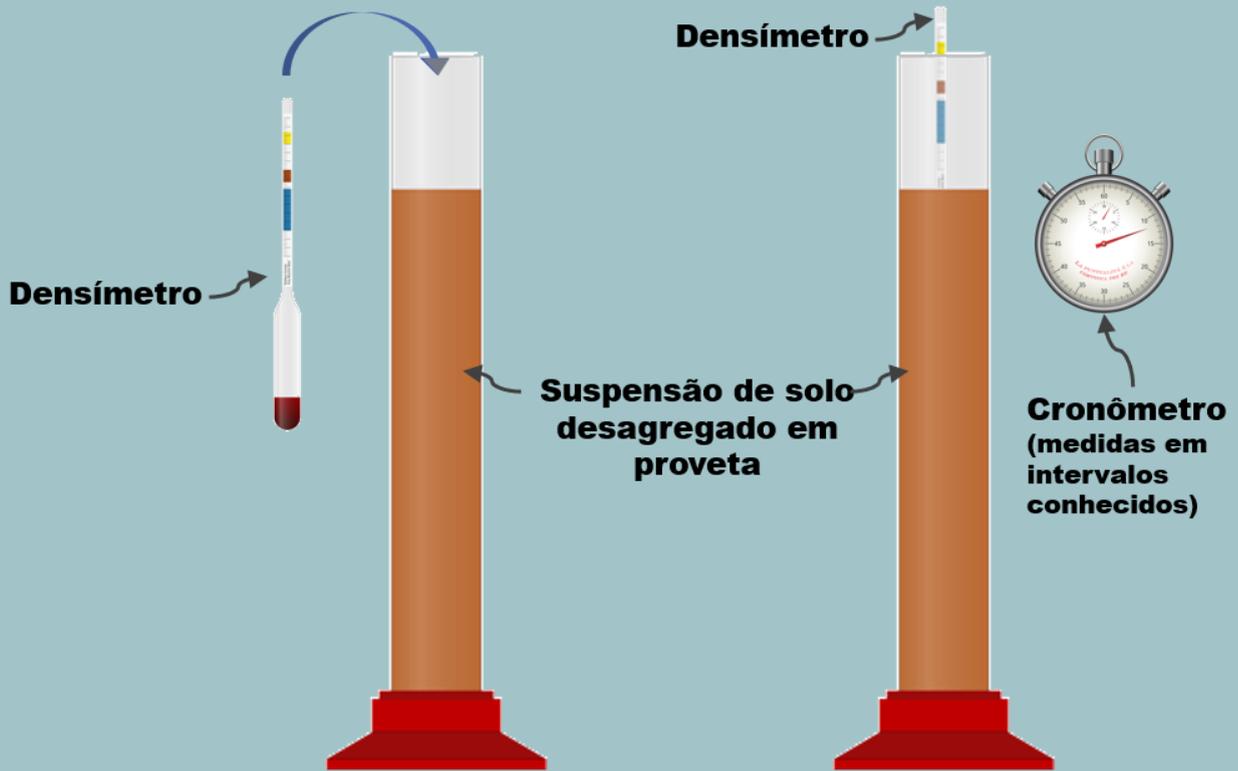


Bateria de peneiras

DECANTANDO

Para frações menores que areia (o material que passa na peneira com abertura de 2,0 mm), a determinação das frações presentes é realizada por processo de sedimentação com a medida da densidade de uma suspensão com um densímetro de bulbo graduado, em intervalos de tempo determinados, também compatíveis com a escala granulométrica adotada, tendo como referência a lei de Stokes.

A metodologia completa, assim como os cálculos necessários para obtenção das porcentagens do material em suspensão para cada leitura do densímetro estão normatizados na norma ABNT NBR 7181:2016 Versão Corrigida 2:2018 Solo - Análise granulométrica - <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=398421> (destacando-se que a CETESB descreve o método de pipetagem para este tipo de ensaio – NORMA TÉCNICA CETESB L6.160:1995).



Ensaio de sedimentação

Classificações dos solos

CLASSIFICAÇÃO TEXTUAL

Determinadas e quantificadas as frações presentes na amostra é possível calcular a distribuição percentual em peso das frações para a realização da classificação textural.

A classificação textural pode ser realizada em diagramas triangulares onde são plotadas as porcentagens de cada fração. A classificação textural de Folk (1974), realizada em diagramas triangulares, se baseia nas proporções percentuais das frações granulométricas presentes na amostra.

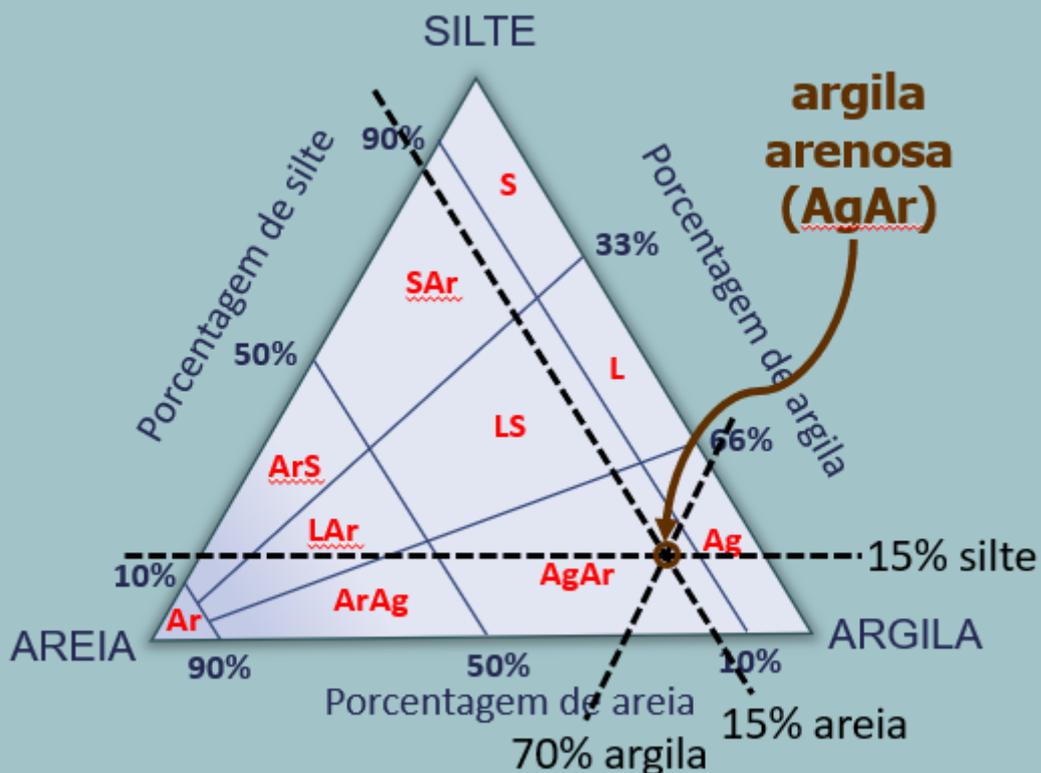
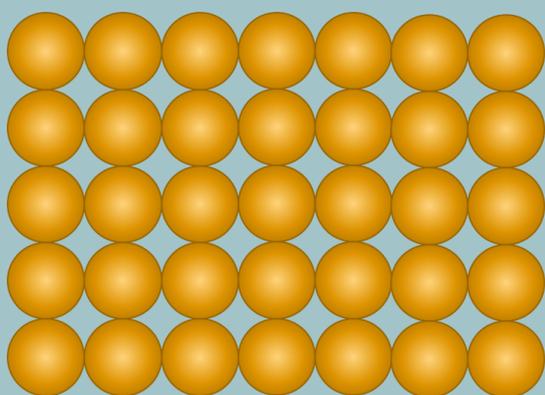


Diagrama para classificação textural baseada nas proporções propostas por FOLK 1954. Ar = areia (entre 2,0 mm e 62,5 μ m); S = silte (entre 62,5 μ m e 4 μ m); Ag = argila (< 4 μ m); L = lama; ArAg = areia argilosa; LAr = lama arenosa; ArS = areia siltosa; AgAr = argila arenosa; LS = lama siltosa; SAr = silte arenoso.

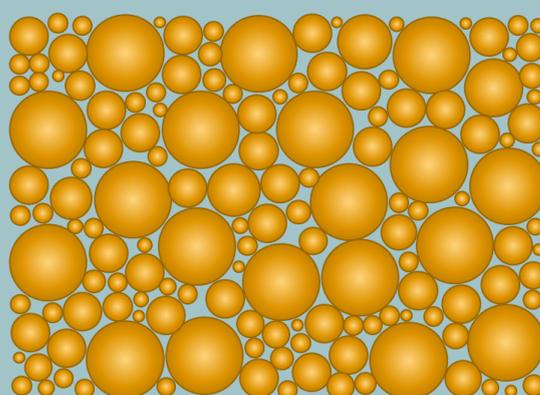
SELEÇÃO

Enquanto a granulometria identifica as frações presentes nos solos e a classificação textural determina a textura predominante do solo através das proporções entre as frações presentes, a **seleção** descreve a uniformidade da distribuição percentual das frações.

Um depósito/solo bem selecionado é constituído por uma gama estreita de tamanhos de grãos enquanto depósitos/solos pobremente selecionados consistem em uma gama abrangente de tamanhos de grãos.



Bem selecionado



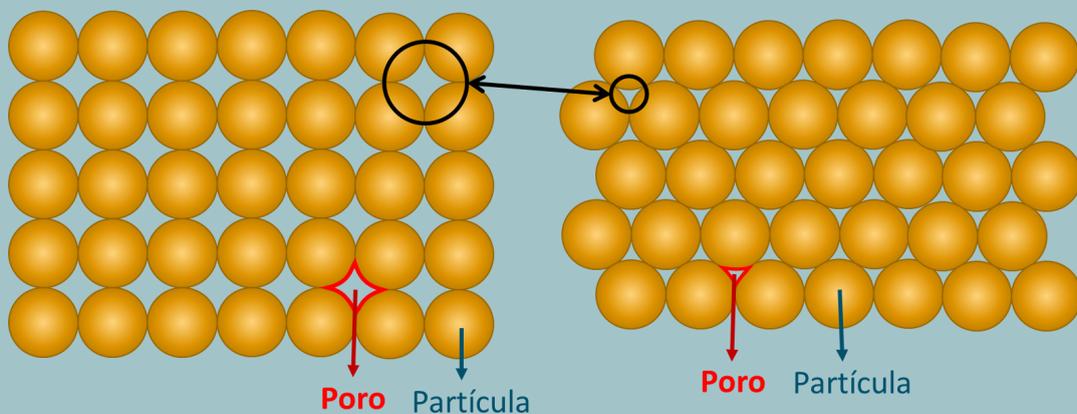
Mal selecionado

Comparação entre depósitos de partículas bem selecionado e mal selecionado

Como os grãos se organizam?

As determinações da textura e da seleção de solos inconsolidados são realizadas com eles desagregados. Porém, o arranjo dos grãos dentro de uma camada de solo influencia diretamente a porosidade e a permeabilidade.

A Trama diz respeito ao arranjo espacial dos elementos minerais que constituem os solos. No exemplo a seguir, são mostrados dois arranjos diferentes de partículas esféricas do mesmo tamanho que resultam em poros de tamanhos diferentes.



Comparação do tamanho do poro formado por partículas de mesmo tamanho em arranjos diferentes

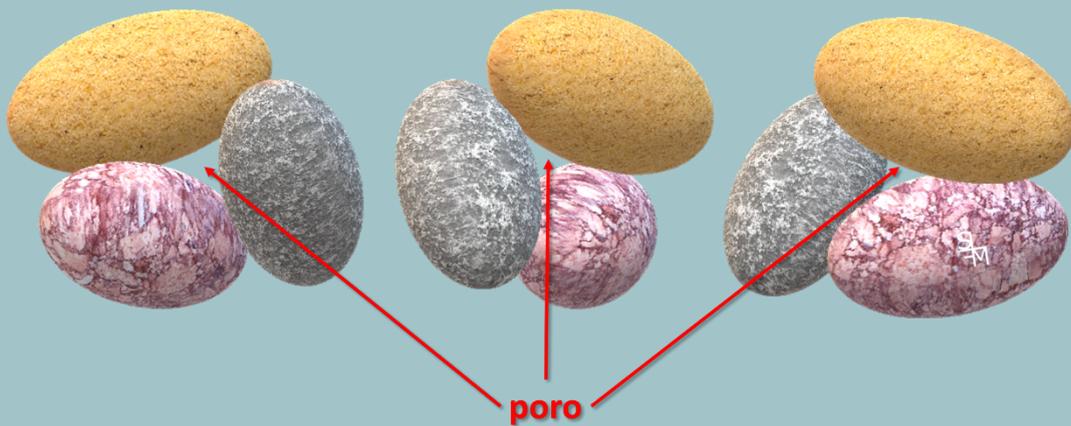
O termo trama foi emprestado da área de tecelagem: ele se refere ao arranjo dos fios que se entrelaçam e criam espaços entre os fios.



Ampliação da trama de um tecido.

Quantos grãos são necessários para formar um poro?

Um poro é formado pelo espaço vazio entre pelo menos 3 partículas sólidas que compõem um solo (por exemplo 3 grãos minerais).



Poro formado pelo contato entre três partículas.

Assim, a porosidade corresponde ao volume formado pelos poros dos solos, ou seja, o volume não é ocupado por partículas sólidas.

Os poros podem estar preenchidos por ar ou água e, em alguns casos, por fluídos de outras naturezas, incluindo aqueles que são considerados contaminantes.

Grau de saturação dos poros

Os poros dos solos podem estar preenchidos com fluidos como ar e água

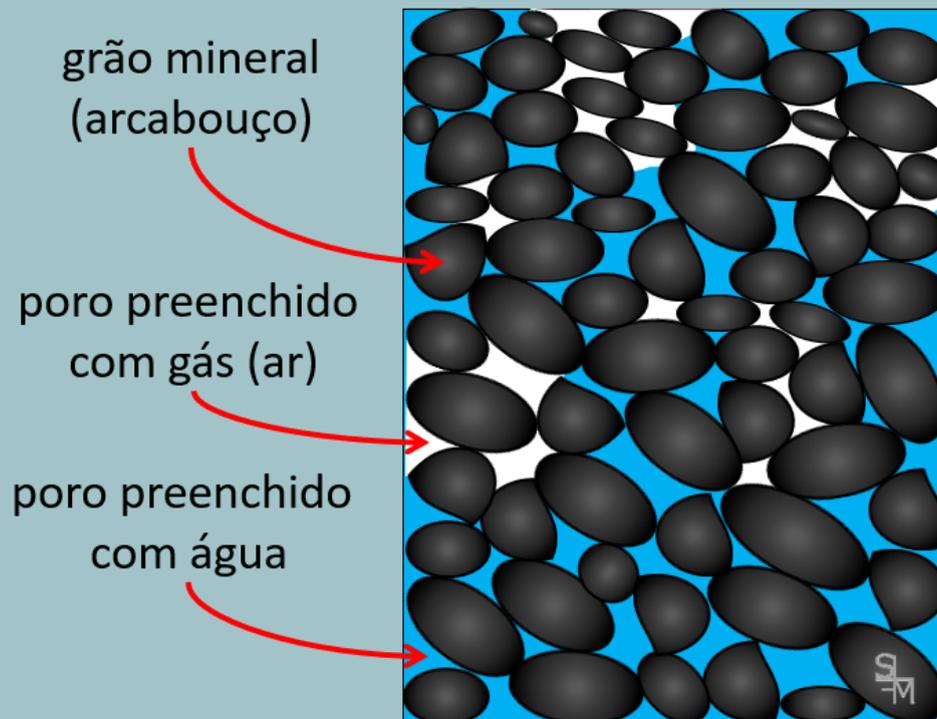
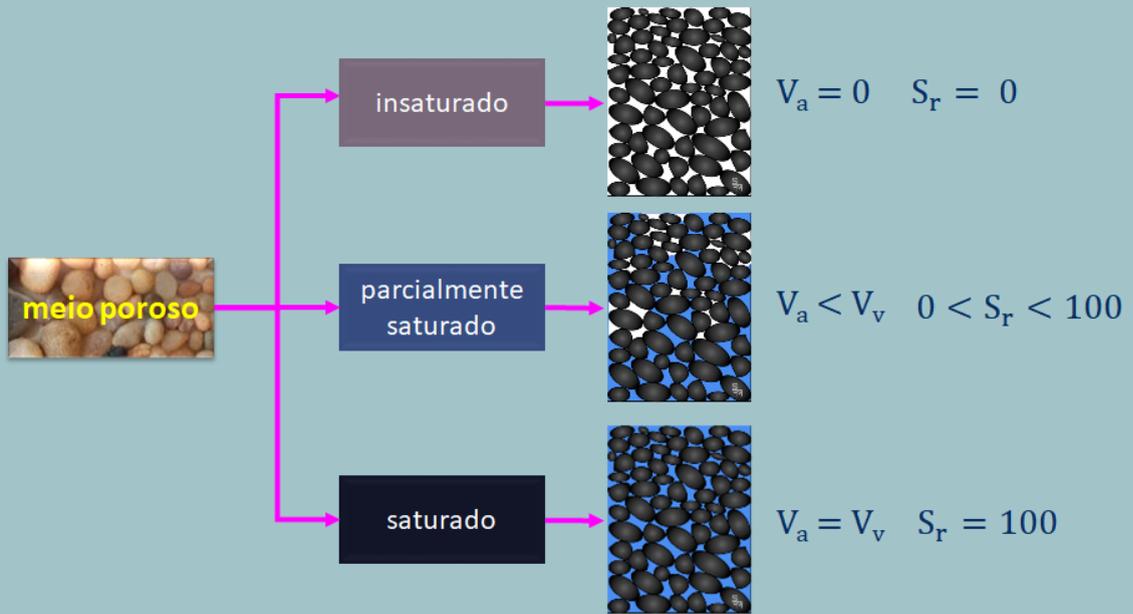


Diagrama de fase do meio poroso

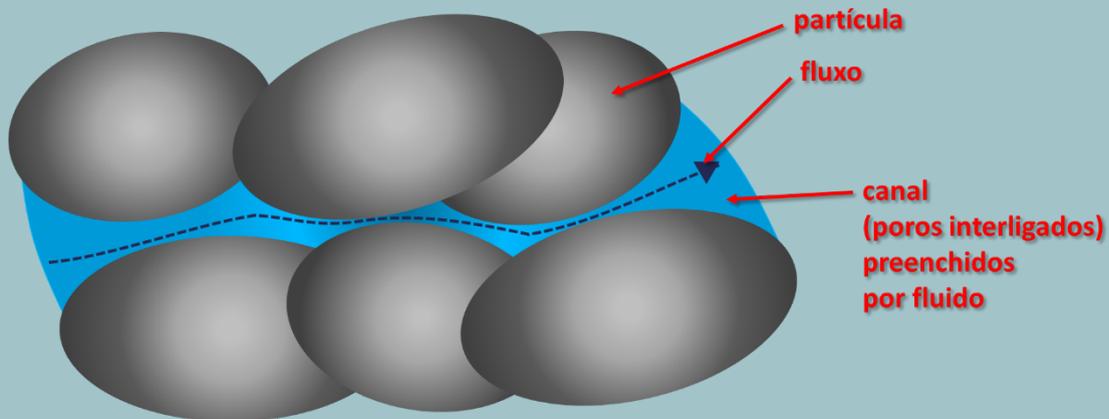
O grau de saturação (S_r) é a relação entre o volume de água e o volume de poros (também referido como volume de vazios).

O meio insaturado apresenta Grau de saturação igual a zero ($S_r = 0$), uma vez que o volume de água é desprezível; o meio parcialmente saturado apresenta diferentes proporções entre o volume de água e vazios com Grau de saturação maior que 0 e menor que 1 ($0 < S_r < 1$); e o meio Saturado apresenta Grau de saturação igual ou muito próximo a 1 ($S_r = 1$), onde praticamente todos os vazios estariam preenchidos por água.



Grau de saturação de saturação do meio poroso (V_v = Volume dos poros; V_a = Volume de água; S_r = grau de saturação)

Permeabilidade dos solos

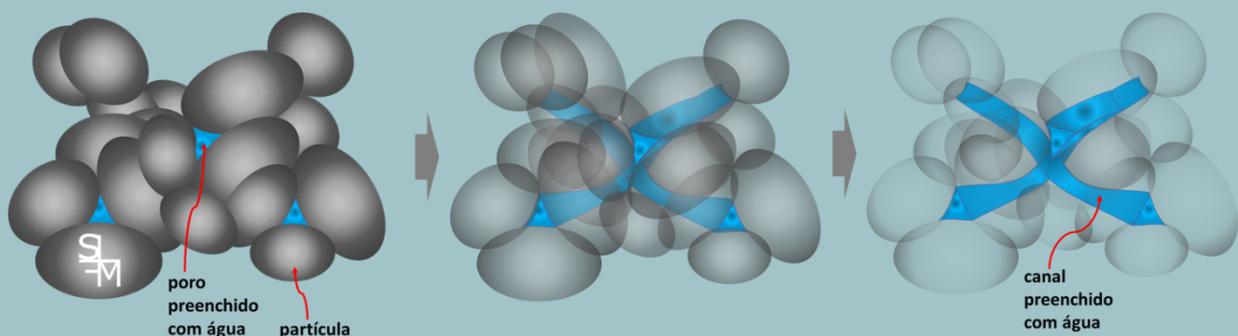


Canal formado por poros interligados que permite a passagem de fluídos

Os vazios, ou poros, podem estar conectados e a taxa de conectividade dos poros determina a permeabilidade do solo.

A **permeabilidade** mede a capacidade de uma camada de solo transmitir um fluido através de seus poros interligados.

Os poros interligados formam dutos ao longo do meio poroso por onde os fluidos podem se deslocar. Este deslocamento de fluidos pode ser o deslocamento de água subterrânea e do ar dentro dos solos.



Este exemplo mostra uma representação de como seriam dutos preenchidos por água em um meio poroso permeável.

Descrição tátil-visual



As classificações baseadas em resultados de laboratório tais como processos de peneiramento, sedimentação, observação em lupas de bancada, lâminas em microscópio ou *automated morphological imaging for advanced particle characterization*, permitem classificações precisas do solo.

Porém, em muitos trabalhos de investigação no contexto do Gerenciamento de Áreas Contaminadas predominam descrições realizadas em campo por métodos tátil-visuais.

A descrição tátil-visual é baseada no exame visual e testes manuais para a identificação e sistematização das camadas de solo da área investigada. Por exemplo, é possível através desta técnica segregar ainda em campo materiais mais grossos, provavelmente mais permeáveis de materiais mais finos menos permeáveis. Este conhecimento é muito importante para o Gerenciamento de áreas contaminadas.

Ainda não existe, pelo menos até esta edição deste ebook, uma norma brasileira exclusiva para a realização das descrições tátil ou tátil-visual. A norma ABNT 6484 aponta a descrição tátil visual para o reconhecimento dos solos em ensaios do tipo SPT, considerando que

devem ser levantados em campo, granulometria principal e secundária, a origem e a cor.

MÉTODO USDA

(1)



bolinha de solo
 $\phi \sim 4,5$ cm



adicione um
pouco de água



pressione o solo
entre o polegar e o
indicador



medir a língua
de solo

(2)



Dissolva o solo
com água



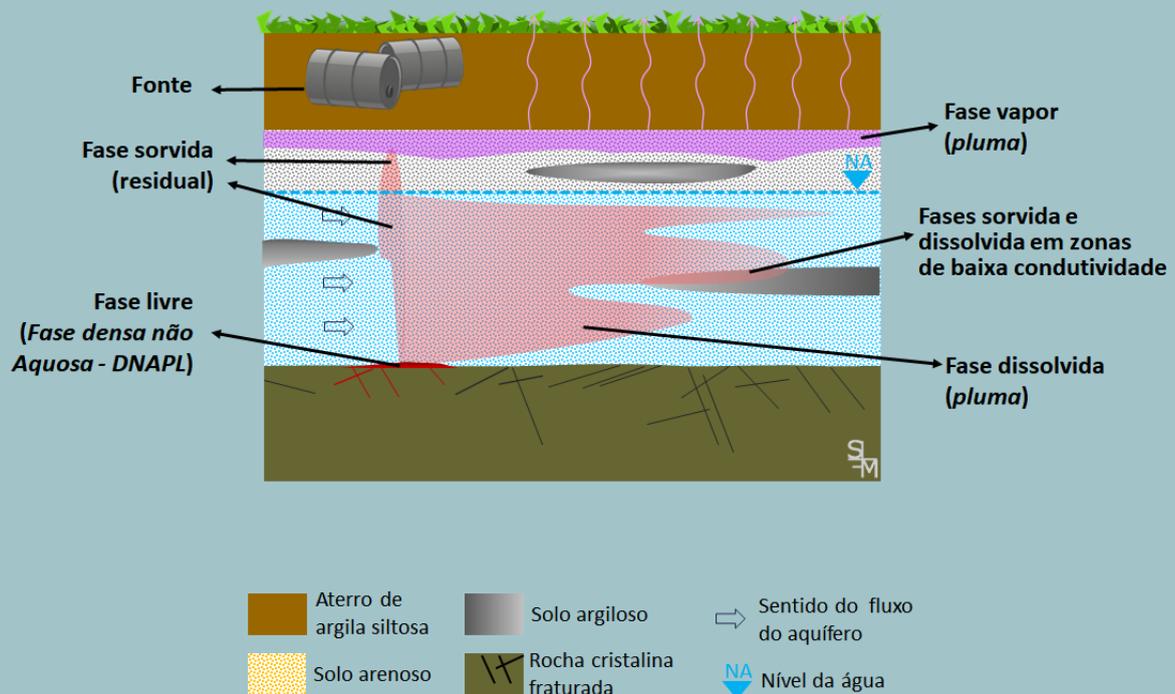
Friccione o solo com
o indicador para
verificar se há areia

No método descrito no *Guide to Texture by Feel da United States Department of Agriculture*, baseado na proposta de Thien (1939), a textura do solo é identificada pela medição do comprimento máximo de uma fita de solo criada pela compressão dos dedos indicador e polegar, de uma esfera de solo umedecido do tamanho de uma bola de golf, como mostrada na sequência.

A presença de areia é testada em uma pequena porção de solo a qual adiciona-se água e em seguida é desagregada pela fricção pelo dedo indicador na palma da mão como mostrado na sequência 2.

Este método é bastante interessante para solos finos, principalmente os argilosos e siltsos, porém, não tão eficiente para solos arenosos que são geralmente os solos mais transmissivos.

Relação solo - contaminante



Um contaminante introduzido no solo pode ocorrer em mais de uma fase. A fase livre não aquosa (DNAPL) de um contaminante mais denso, tal como um solvente clorado usado neste exemplo, mantém sua migração descendente sob a influência da gravidade de forças de capilaridade tanto na zona não saturada como na zona saturada do solo. Neste deslocamento descendente no meio poroso, uma parte do DNAPL é sorvida pelos grãos que compõem os solos (fase sólida do solo), uma parte é dissolvida na umidade do solo na zona não saturada ou na água dos poros da zona saturada, uma parte vai se volatilizar e uma parte ficará presa nos poros devido a força capilar. Assim, podem ser encontradas no solo:

Fase Livre (Fase densa não aquosa - DNAPL): contaminante em fase imiscível, móvel no meio poroso, no caso de contaminantes mais

densos que a água se acumulam sobre camadas de baixa permeabilidade.

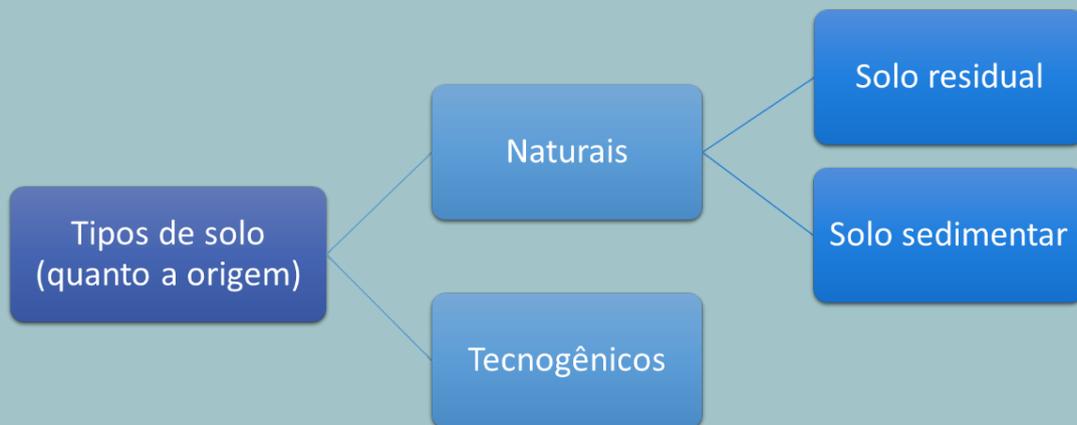
Fase sorvida (residual): contaminante aderido à superfície dos grãos do solo (fase sólida dos solos) ou na forma gotas retidas nos poros por capilaridade. Não apresenta mobilidade no meio poroso e é mais persistente em zonas de baixa condutividade (por exemplo: camadas argilosas).

Fase dissolvida: porção de contaminante dissolvida na água subterrânea formando plumas. A mobilidade do contaminante dissolvido é condicionada pela porosidade, permeabilidade e gradiente hidráulico do meio poroso.

Fase vapor: porção do contaminante volatilizada que ocupa os poros dos solos, principalmente na zona vadosa (de aeração) dos solos formando plumas. A fase vapor tem movimento ascendente e pode se dissipar na atmosfera, se acumular sob camadas impermeáveis ou sob o piso de edificações.

Formação dos solos

Os solos inconsolidados podem ser agrupados em dois grandes conjuntos: os **solos naturais** e as **camadas tecnogênicas**. Os solos naturais podem ainda ser subdivididos em solos residuais e solos sedimentares.



Tipos de solo quanto à origem.

SOLOS NATURAIS

Solos Residuais se originam da alteração de rochas e não sofrem transporte. Sua formação inicia-se com a exposição de rochas às intempéries climáticas, tais como calor e frio e infiltração de água meteórica em poros e fraturas. Estas intempéries fragmentam a rocha e transformam muitos de seus componentes minerais em argilominerais.

Assim a composição, porosidade e permeabilidade dependem fortemente das características da rocha-mãe, das condições climáticas e do relevo do terreno.

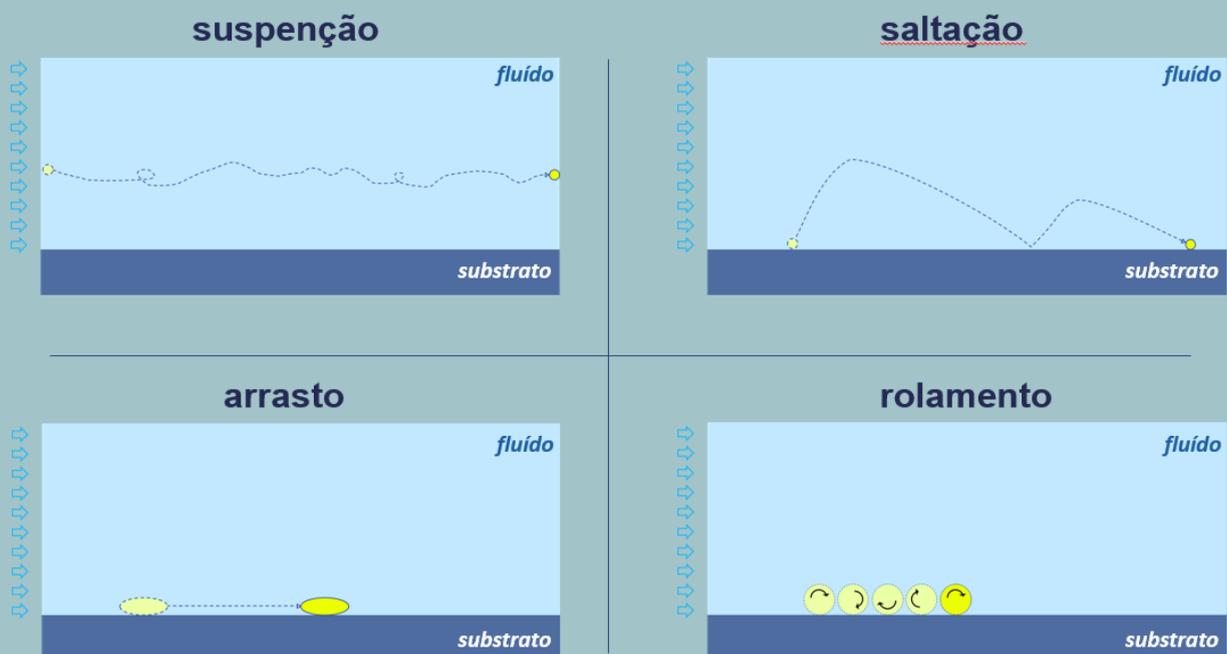
A porosidade associada a solos residuais é do tipo secundária, associada a decomposição de rochas e tende a ser pouco regular.

Solos Sedimentares (também referidos como solos transportados) são constituídos por agrupamentos de partículas que sofreram algum tipo

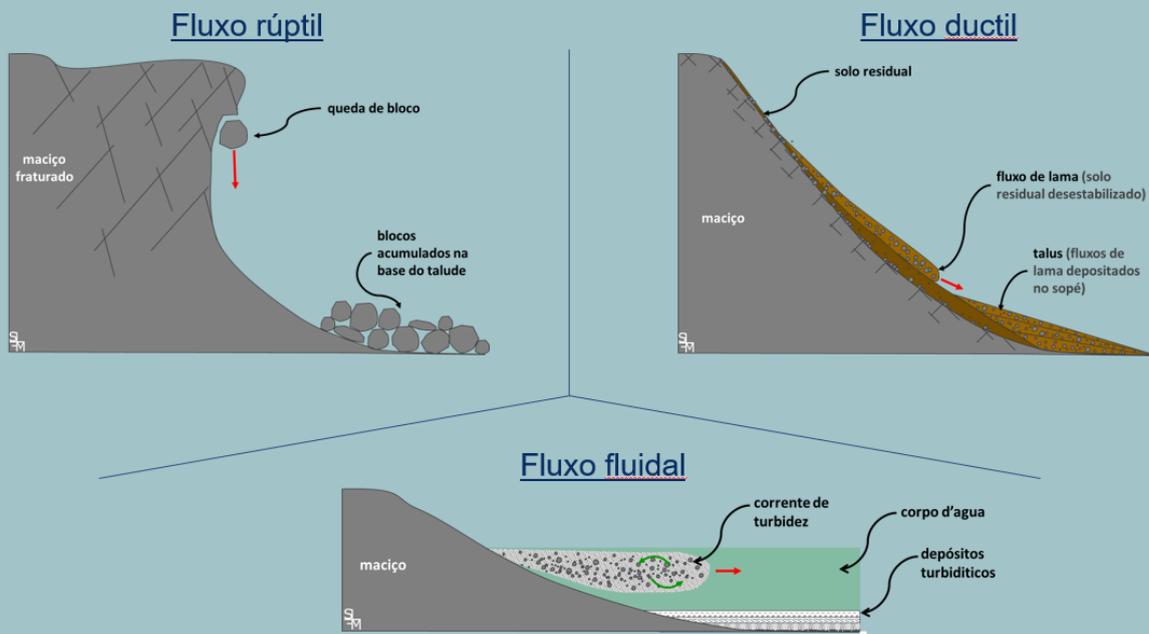
transporte, seja pela ação da gravidade, seja por ação de fluídos como a água ou o ar.

O modo de transporte dos grãos reflete um balanço entre tamanho e peso do grão e a capacidade de transporte do fluxo (Miall 2016). Em áreas continentais, predominam os solos sedimentares formados por depósitos de sedimentos de rios.

Os tipos de transporte sedimentar podem ser agrupados em: **Transporte por fluídos** (fluxo de baixa densidade) e **Transporte por fluxo gravitacional** (fluxo de alta densidade).



Tipos de transporte por fluidos



Tipos de transporte por fluxo gravitacional.

A porosidade dos solos sedimentares é primária e está diretamente associada às frações granulométrica e ao arranjo interno dos grãos, sendo consequência direta do tipo de transporte.

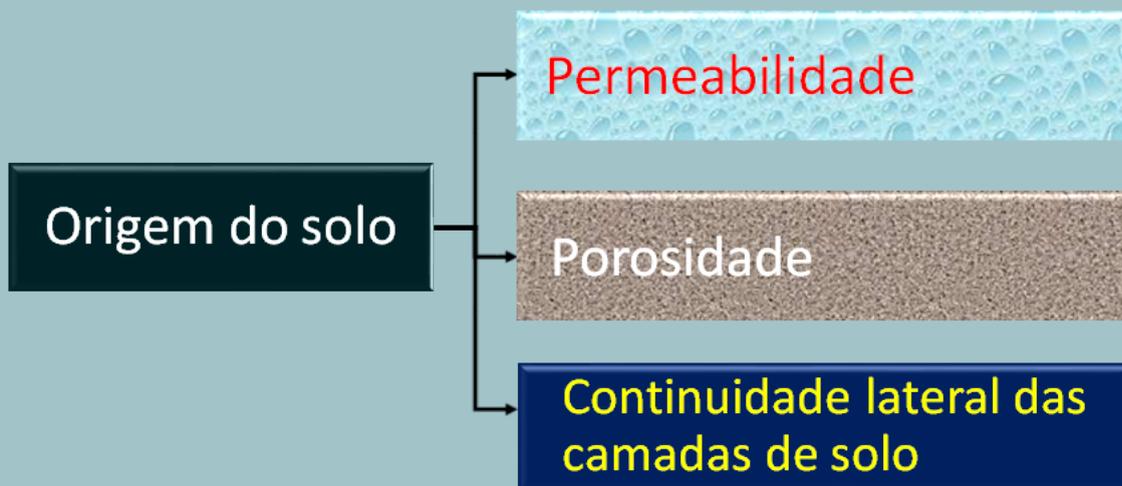
CAMADAS TECNOGÊNICAS

As **Camadas Tecnogênicas** são camadas com função de engenharia criadas pelo ser humano. As mais comuns são os aterros para nivelamento de terrenos e para a ocupação de áreas alagáveis.

As Camadas Tectogênicas têm porosidade resultante dos processos de extração, transporte e disposição e por vezes compactação do material de empréstimo.

PORQUE RECONHECER A NATUREZA DOS SOLOS É IMPORTANTE?

Reconhecer a natureza dos solos sob investigação é essencial na interpretação da geologia da área alvo, além de permitir previsões sobre porosidade, permeabilidade e continuidade lateral das camadas.



Por exemplo, separar camadas de aterro das camadas de solos naturais é um passo essencial na descrição de solos. O material do aterro provém de áreas de empréstimo, nem sempre identificadas ou caracterizadas, e geralmente têm compactação e permeabilidade diferentes do solo natural.

Diferenciar um solo residual de um solo transportado também é relevante para o estabelecimento das estratégias de investigação e de remediação. Por exemplo: solos transportados como solos arenosos de rios podem formar verdadeiros “dutos” de alta permeabilidade com extensões de centenas de metros enquanto solos residuais apresentam menor previsibilidade na distribuição da permeabilidade.

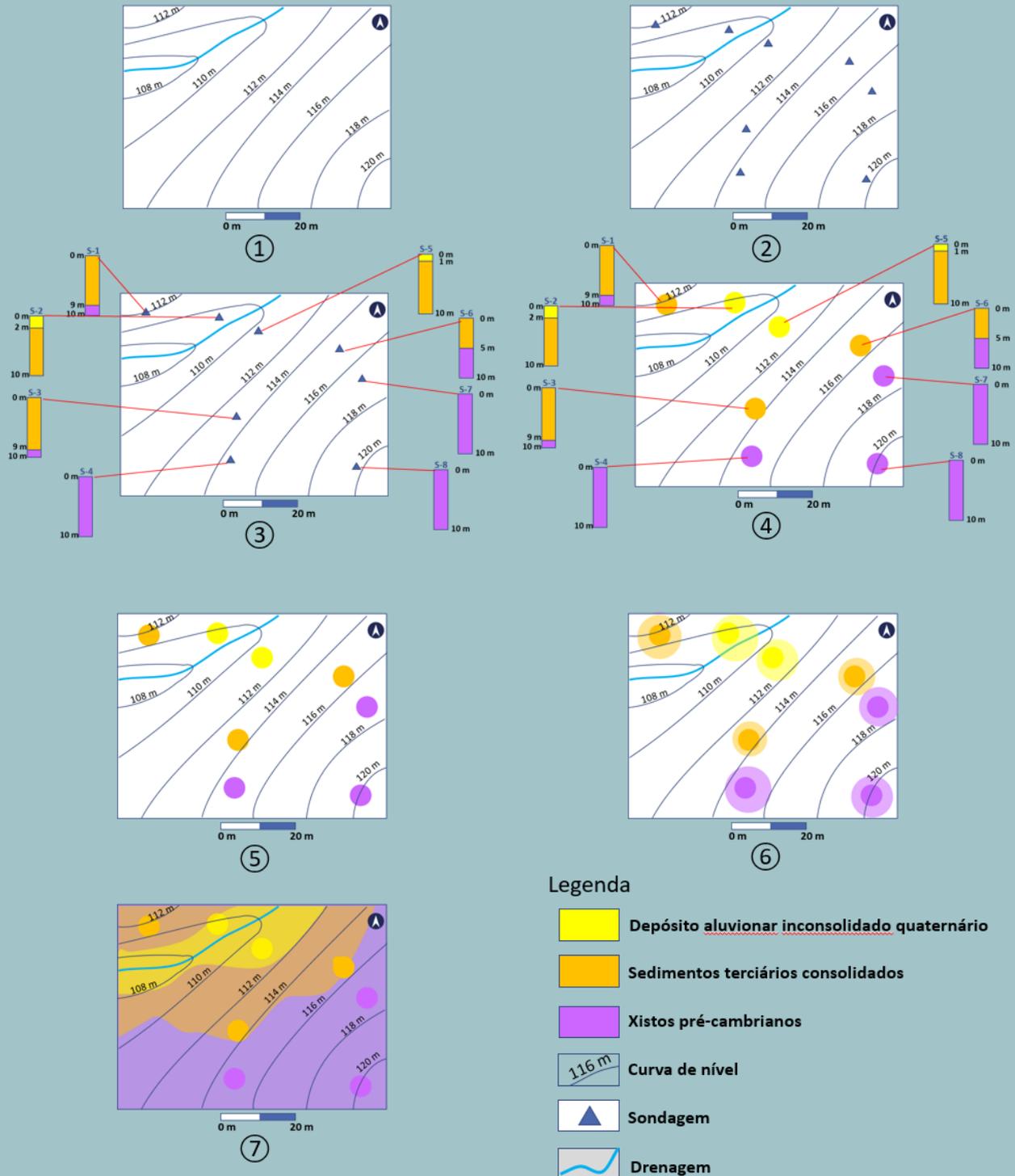
Produzindo mapas dos solos

Em muitas áreas alvo de Gerenciamento de Áreas Contaminadas, as camadas superficiais são por aterros espessos constituídos por grande variedade de materiais.

Porém, há áreas onde em superfície ou logo abaixo do aterro encontram-se solos sedimentares ou residuais com características mapeáveis. Estas características permitem devidamente observadas e georreferenciadas permitem a confecção de um mapa geológico das camadas mais superficiais.

Uma pequena quantidade de pontos investigados em uma área não deve ser um fator inibidor: todo mapeamento geológico é realizado com um número limitado de pontos, cuja informação é interpolada e por vezes extrapolada. A seguir um exemplo de como pode ser montado um mapa geológico de sua área:

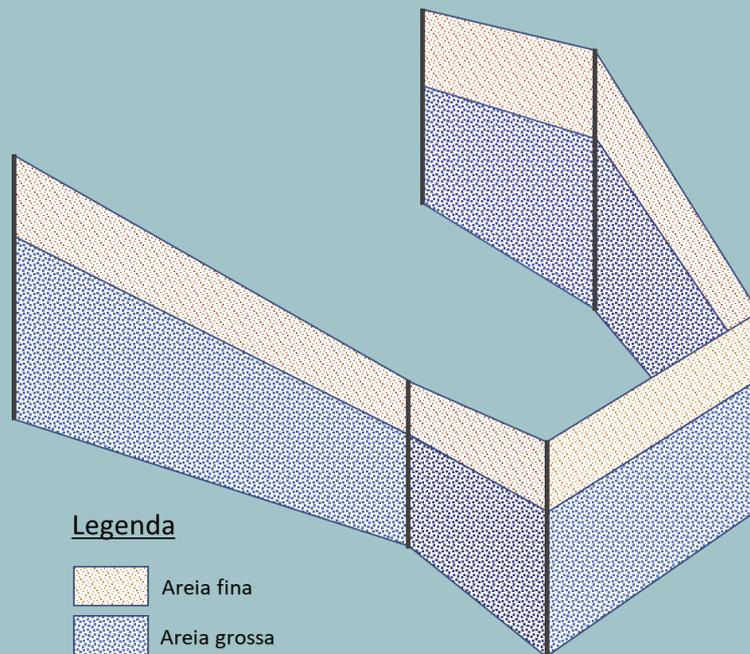
- Em uma base topográfica ou planta plotar os as sondagens exploratórias devidamente levantadas em uma campanha de topografia
- Em cada ponto sondado haverá um litologia que ocorre na superfície ou próxima desta.
- Após o reconhecimento e a caracterização das unidades mais superficiais de cada sondagem é possível extrapolar a informação de cada ponto. Devem ser observadas também feições geográficas para a delimitação das unidades: por exemplo:
 - o os depósitos aluvionares inconsolidados quaternários são mais comuns associados a drenagens como rios e córregos.
 - o os sedimentos terciários têm maior espessura próximo do solo originado da alteração de xistos pré-cambrianos, o que sugere um limite de bacia por falha, além da existência de uma quebra de relevo entre as curvas de nível entre 112 m e 114 m



Passos para a confecção de um mapa geológico: ① Área alvo, neste caso com topografia conhecida; ② Seleção de sondagens baseada nos objetivos do projeto; ③ Obtenção de perfis de solo pela descrição dos testemunhos de sondagens; ④ e ⑤ Atribuição pontual da litologia mais superficial descrita na sondagem; ⑥ Extrapolação da informação pontual e; ⑦ Obtenção de mapa geológico com a distribuição das camadas mais superficiais.

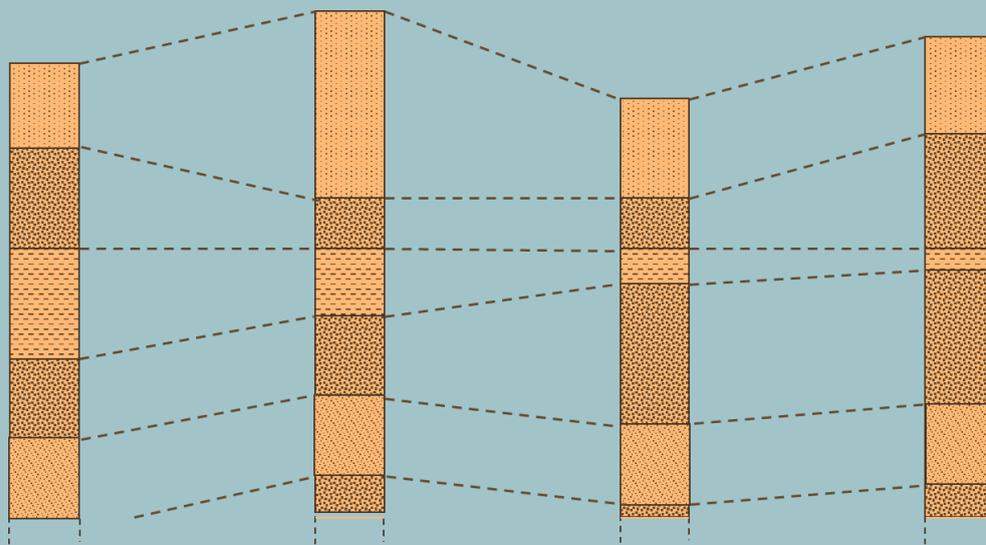
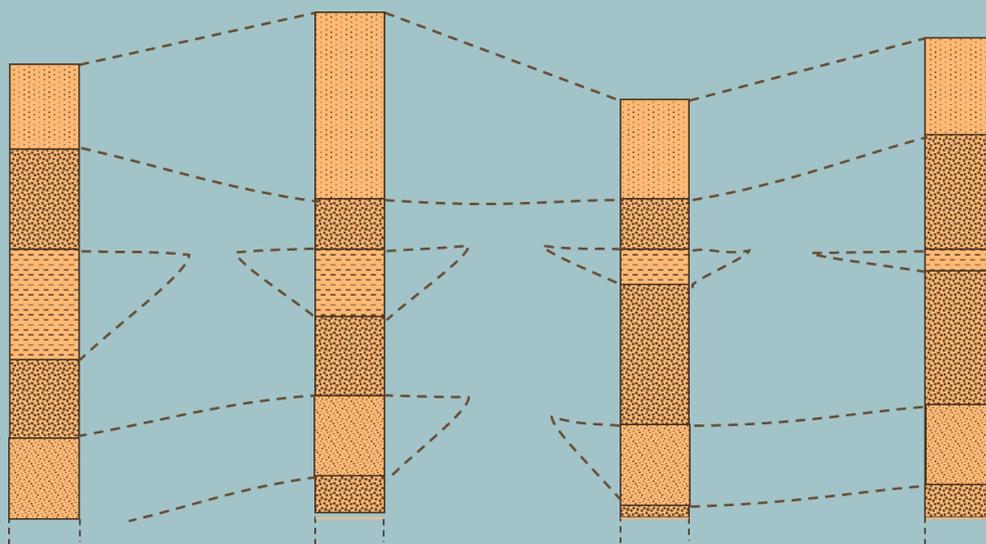
Construindo seções transversais do solo

Seções transversais e representações 3D da geologia são atualmente exigidas por órgãos ambientais como elementos de relatórios de investigação de sites contaminados, porém, seções transversais são bem mais que uma simples formalidade: elas são imprescindíveis no entendimento da distribuição vertical e lateral das camadas de solos e de suas características.



Seção em cerca, adequada para visualização da distribuição espacial das camadas

Muitas seções são construídas ligando-se os pontos entre perfis de solo. Em pequenas áreas, como muitas das áreas passam pelo processo de gerenciamento de áreas contaminadas, a chance de o simples ligar lateral de pontos representar a geologia local é grande, porém, nem sempre isto é verdade e em áreas maiores o simplório ligar lateral de camadas pode conduzir a modelos totalmente equivocados.

**A****B**

Interpretações da estratigrafia (A) pela simples ligação lateral de litologias texturalmente equivalentes descritas em perfis de solo e (B) interpretação da estratigrafia baseada tanto em aspectos texturais como genéticos por comparação com modelos geológicos.

Para a construção de seções e representações 3D é necessária uma etapa essencial: entender e interpretar a estratigrafia, que é o ramo da geologia que estuda a sucessão das camadas ou estratos.

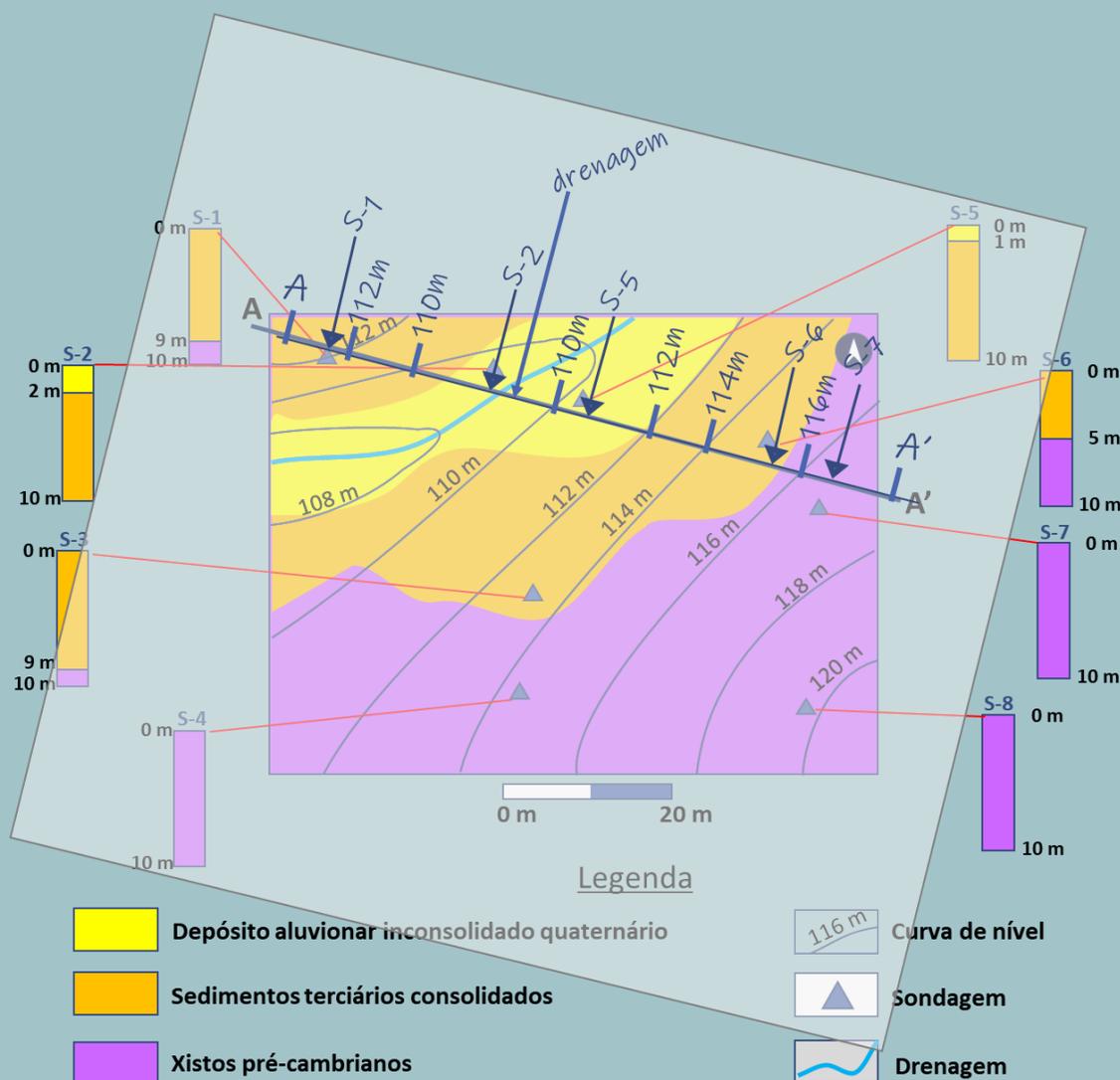
A seguir é dado um exemplo passo a passo da confecção manual de uma seção:

1. O processo inicia-se com a definição da seção de interesse através de uma linha;
2. Em um overlay são marcadas as curvas de nível, elementos geográficos e a projeção das sondagens o ao longo da linha da seção;
3. Para melhor visualização e edição, a seção pode ser ampliada ou reduzida em relação à escala diferente do mapa, porém, o mais comum é ser horizontalmente da mesma escala do mapa e o exagero ser aplicado apenas a escala vertical O que significa este exagero vertical? Significa que a escala vertical é maior que a escala horizontal. Este procedimento é adotado devido às diferentes grandezas entre a extensão que a seção representa, geralmente da ordem de dezenas ou centenas de metros e a profundidade das sondagens, geralmente da ordem de uma a duas dezenas de metros. Este exagero deve ser lembrado quando a seção for interpretada;
4. Em papel milimetrado ou em uma folha em branco é construída a linha que representa a superfície topográfica do terreno na seção, ou seja, na escala escolhida é desenhada uma linha ligando as elevações plotadas em escala;
5. Desenhada a linha que representa a superfície topográfica do terreno na seção, são plotadas as sondagens, preferencialmente na mesma escala vertical da topografia. Pode ser desenhado o perfil completo ou apenas os contatos entre fácies, camadas ou sequências;
6. Plotada as sondagens, deve-se proceder a conexão entre camadas de solo conforme a interpretação geológico-estratigráfica. Recomenda-se a interpretação baseada em fácies ou hidrofácies que podem permitir os agrupamentos de elementos do solo e

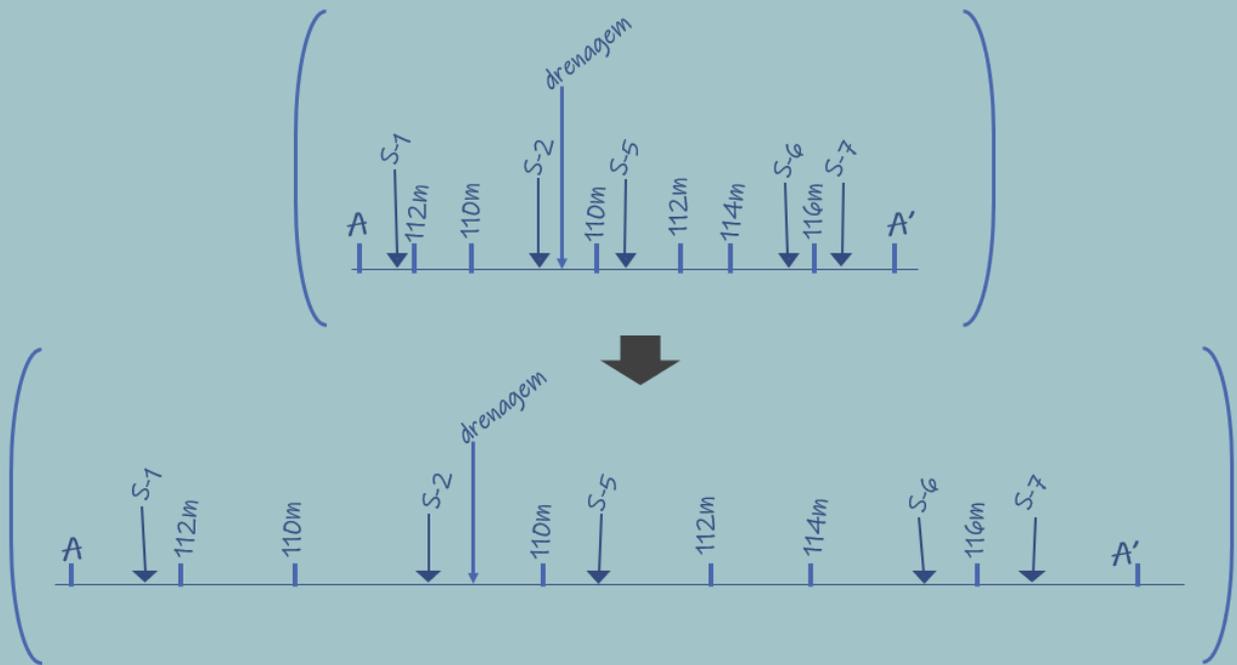
facilitar a interpretação e a confecção de modelos conceituais mais representativos;

- Para finalizar, a seção pode, de forma opcional, ser colorida. Uma seção bem desenhada e colorida facilita a visualização.

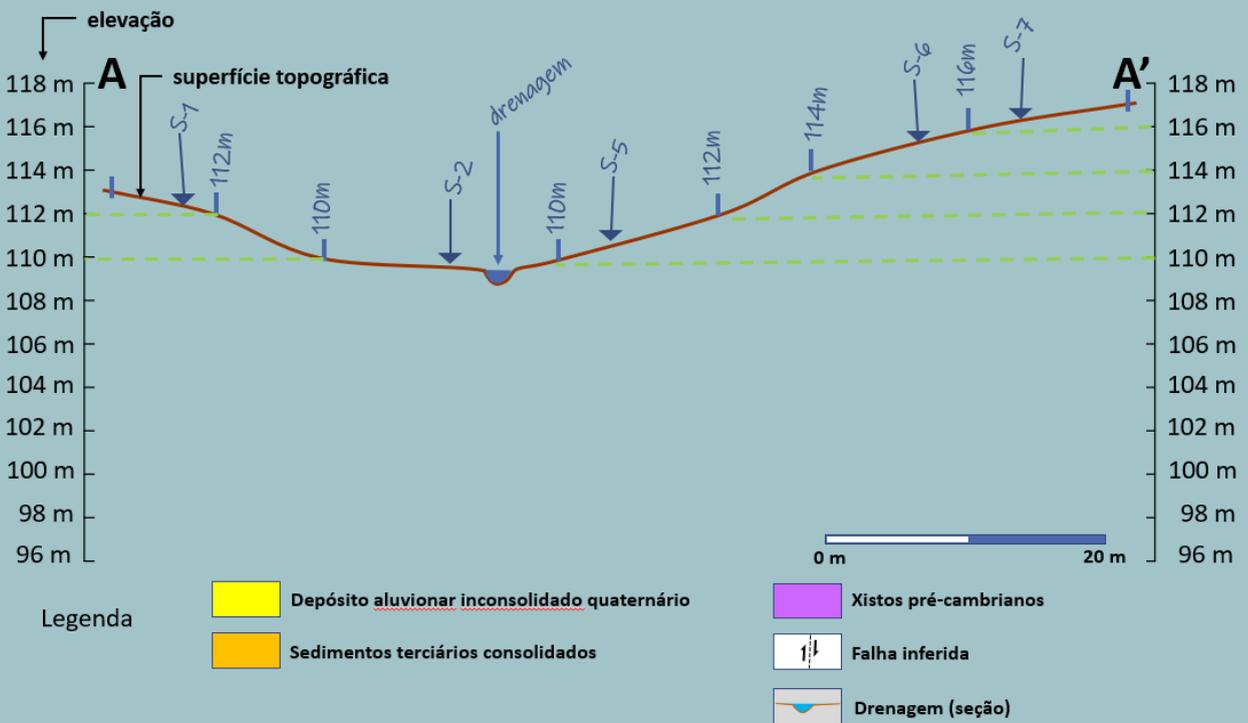
O exemplo a seguir mostra o contato estratigráfico entre sedimentos terciários e o embasamento e o contato condicionado por uma falha vertical. Os sedimentos terciários são em parte recobertos por solo sedimentar associado a deposição condicionada por rio.



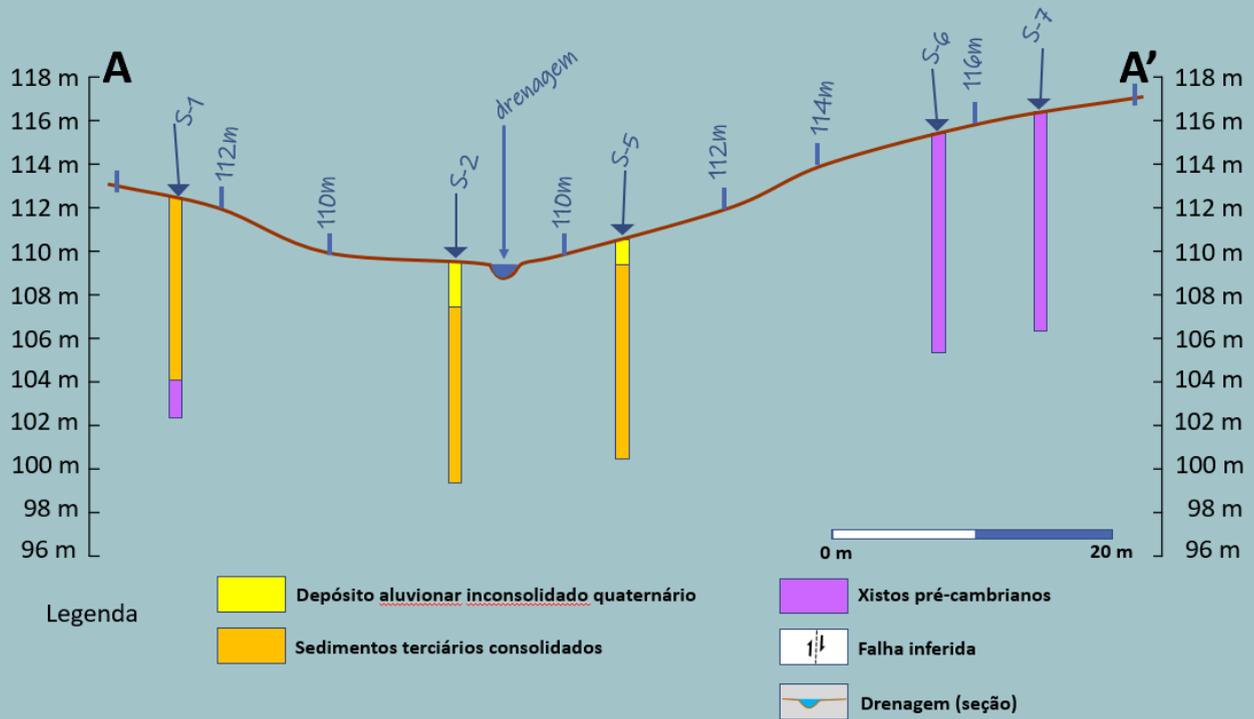
- Definição da seção de interesse através de uma linha e marcados em overlay as curvas de nível, elementos geográficos e a projeção das sondagens o ao longo da linha da seção



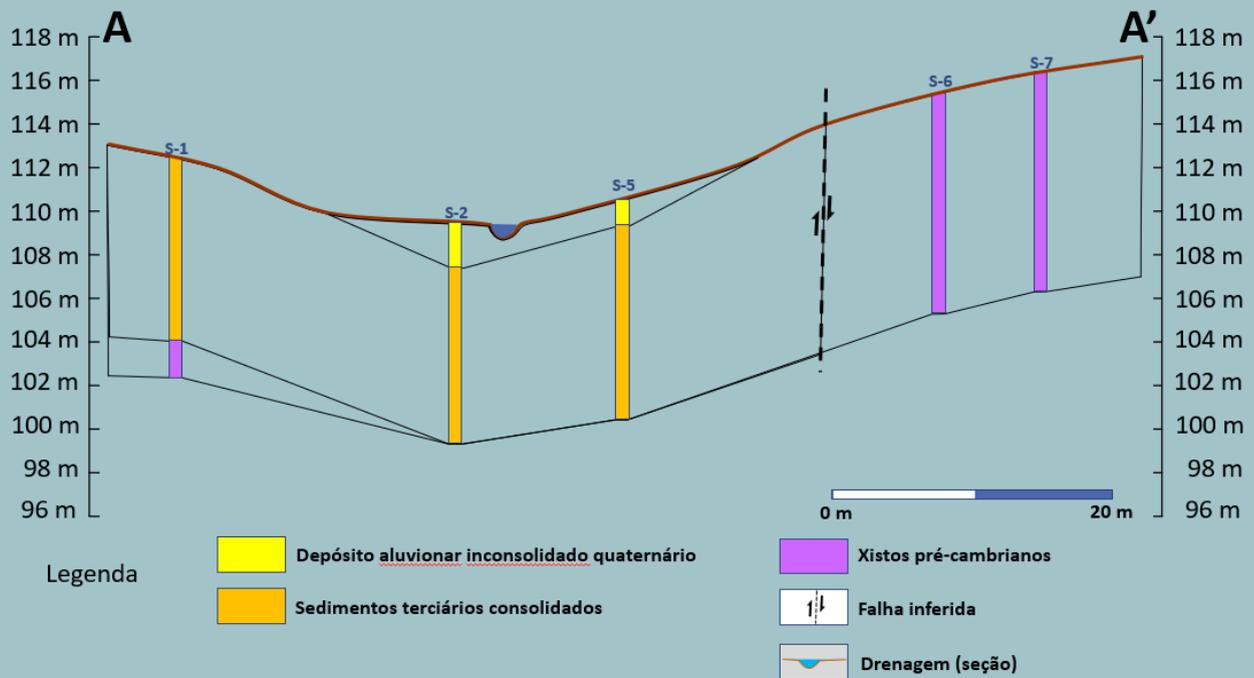
II. Marcação das posições das curvas de nível interceptadas pela seção e projeção das sondagens e outros elementos topográficos e mudança de escala



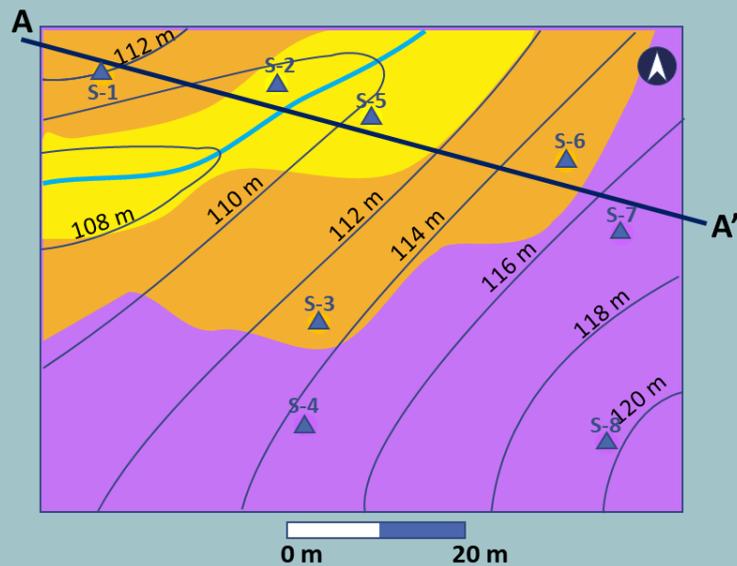
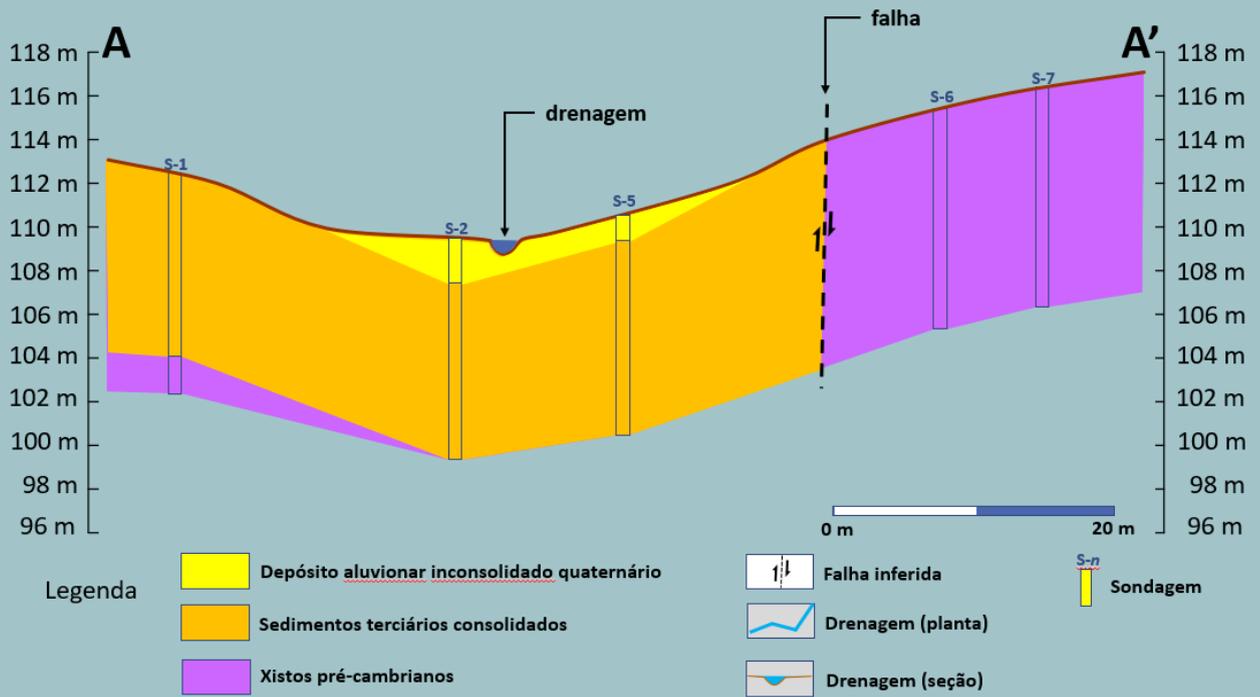
III. Construção da linha que representa a superfície topográfica do terreno na seção



IV. Plotagem das informações das sondagens projetadas na seção



V. Interpretação geológico-estratigráfica.



VI. Seção completada.

O que mais?

Agora que você foi apresentado aos solos e as suas principais propriedades e foi introduzido na confecção mapas e seções, que tal dar mais um passo?

No curso “O Mínimo que Você precisa Saber sobre solos para Gerenciar uma Área Contaminada”, que está disponível na UDEMY, apresento um conteúdo mais amplo sobre solos. Veja a descrição do curso, se inscreva e comece agora sua jornada de aprendizado sobre os solos no Udemy:

<https://www.udemy.com/course/o-minimo-que-voce-precisa-sobre-solos/>

No meu Blog Ambiental apresento artigos sobre investigação dos solos e assuntos correlacionados. Você acha meu Blog Ambiental em:

<https://www.pangeo.com.br/blog-ambiental>

Você também pode ouvir meus PodCasts Ambientais em:

<https://soundcloud.com/sergio-matos-780708448>

Bibliografia

ABNT. NBR 6502: Rochas e Solos – Terminologia. Rio de Janeiro, 1995. 18p.

ABNT NBR 7181: SOLO –Análise granulométrica. Rio de Janeiro, 2016 Versão Corrigida 2:2018

ALMEIDA, B. G.; DONAGEMMA, G. K.; RUIZ, H. A.; BRAIDA, J. A.; VIANA, J. H. M.; REICHERT, J. M. M.; OLIVEIRA, L. B.; CEDDIA, M. B.; WADT, P. G. S.; FERNANDES, R. B. A.; PASSOS, R. R.; DECHEN, S. C. F.; KLEIN, V. A.; TEIXEIRA, W. G. 2012. Padronização de métodos para análise granulométrica no Brasil. EMBRAPA SOLOS. Comunicado Técnico n. 66 11p.

(<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/96926/1/ComTec-66-Analise-Granulometrica.pdf>).

DALRYMPLE, ROBERT W., JAMES, NOEL, P. 2010. Facies Models 4. Geological Association of Canada. ISBN 1897095503, 9781897095508, 586 p.

FERNANDES, M.M. 2016. Mecânica dos solos: conceitos e princípios fundamentais. Volume 1. São Paulo: Oficina de Textos, 515p.

FOLK, R. L., 1954. The distinction between grain size and mineral composition in sedimentary rock nomenclature, *Jour. Geology* 62, 344–359.

USDA - United States Department of Agriculture Guide to Texture by Feel.

https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/soils/edu/?cid=nrcs142p2_054311 . Acesso em 25 de março de 2020.

Hsü Kenneth J. 2004. *Physics of Sedimentology*. Springer, Berlin. ISBN 9783642058325, 240p.

IBGE 2015. *Manual técnico de pedologia IBGE, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais*. - 3. ed. - Rio de Janeiro: IBGE, 430 p.

LISLE, RICHARD J., BRABHAM, PETER J. & BARNES, JOHN W. 2014 *Mapeamento Geológico Básico: Guia Geológico de Campo*. Bookman Editora. ISBN 8582601921, 9788582601921, 247p.

SUGUIO, K. 2003. *Geologia sedimentar*. São Paulo: Edgard Blücher, ISBN 8521214901, 9788521214908, 416p.

WENTWORTH C. K. 1922. A Scale of Grade and Class Terms for Clastic Sediments. *The Journal of Geology*. 30 (5): 377–392