

Desenvolvimento de aparato para a coleta de amostras indeformadas de grandes dimensões

Victor Andrade Almeida

Universidade Federal da Bahia, Salvador, Brasil, victor_aalmeida@hotmail.com

Sandro Lemos Machado

Universidade Federal da Bahia, Salvador, Brasil, sandrolemosmachado@gmail.com

RESUMO: O estudo de propriedades do solo como permeabilidade, resistência e deformabilidade, necessárias para se conceber um projeto de engenharia mais seguro, requer o uso de amostras indeformadas ou compactadas que reflitam com acerto o seu comportamento. Este artigo trata do desenvolvimento de um aparato para a obtenção de amostras indeformadas de solo de grandes dimensões. O equipamento desenvolvido permite a retirada de amostras cilíndricas com dimensões nominais de 200 mm de diâmetro e 400 mm de altura. Essas amostras serão utilizadas em ensaios de infiltração em colunas de grandes dimensões para a análise do comportamento de fluidos em diferentes perfis de solo. O aparato desenvolvido é composto de uma mesa guia, uma cabeça cortante, um extensor e um apoio superior para a cravação de tubos de PVC, os quais são empregados no acondicionamento das amostras coletadas em campo. O equipamento foi testado em campo e apresentou resultados satisfatório para coleta de amostras indeformadas em solos de diferentes bacias petrolíferas no Rio Grande do Norte.

PALAVRAS-CHAVE: Amostragem, Estudo de fluidos não miscíveis em solos, Amostras indeformadas.

1 INTRODUÇÃO

Os produtos derivados do petróleo podem representar uma ameaça ao meio ambiente quando dispostos de maneira inadequada devido a alta toxicidade de seus constituintes.

Compostos como o BTEX, aceitos como cancerígenos, possuem alta mobilidade no solo, constituindo assim um grande risco de contaminação dos lençóis freáticos (Souza, 2012).

A motivação para o desenvolvimento do novo procedimento de amostragem foi um estudo de migração de fluidos não miscíveis em solos conduzido por pesquisadores da UFBA cujo objetivo é definir procedimentos de emergência para o caso de derramamentos de produtos derivados de petróleo na região da Bacia Potiguar.

Neste estudo serão realizados ensaios de

infiltração com amostras indeformadas e permeâmetros de parede rígida com carga constante. Ensaios de permeâmetro com paredes rígidas, desde que cuidados sejam envidados para evitar o aparecimento de fluxo preferencial, permitem avaliar o coeficiente de permeabilidade do solo para determinado fluido e consequentemente avaliar o comportamento de contaminantes nos solos de interesse (Carvalho, 2015).

A utilização de amostras deformadas para ensaios de infiltração não reproduzem fielmente o comportamento do solo. Características físicas como porosidade, densidade e estrutura do solo são modificadas durante a compactação (Hillel, 1982) resultando em diferenças significativas nas análises. Por este motivo, serão utilizadas amostras indeformadas neste estudo.

Normalmente, as amostras indeformadas são coletadas em formatos de blocos que são

cortados de modo que as características do solo não sejam alteradas. Entretanto, para os ensaios conduzidos no estudo citado acima foi necessário confeccionar um equipamento para a retirada de amostras cilíndricas com dimensões nominais de 200 mm de diâmetro e 400 mm de altura. Essas amostras serão utilizadas em ensaios de infiltração em colunas de grandes dimensões com aplicação da técnica de TDR (Time Domain Reflectometry) para o monitoramento da frente de umedecimento e indicação dos tempos de coleta de alíquotas de percolado.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Projeto

O projeto inicial tinha como objetivo conceber um equipamento que permitisse estabilizar a amostra durante a cravação para preservar a estrutura do solo local. Após avaliar algumas alternativas, foi decidido que o aparato desenvolvido para coleta de amostras indeformadas seria composto por uma mesa guia, a qual orientaria a descida de um tubo de PVC acoplado a uma cabeça cortante em sua base. A cabeça cortante possui um diâmetro interno cerca de 8 mm inferior que o diâmetro interno do tubo de PVC, o que cria uma folga interna que é preenchida por uma resina de endurecimento a frio que, por um lado, protege mecanicamente as amostras e por outro evita o aparecimento de fluxo preferencial durante os ensaios. Além disso é também utilizado um extensor e um apoio superior para a cravação de tubos de PVC. O tubo de PVC é utilizado posteriormente no acondicionamento para o transporte das amostras.

O equipamento foi projetado com auxílio do aplicativo CAD BricsCAD® e os detalhes do projeto são mostrados nas Figuras 1 e 2.

Para a execução das amostras indeformadas, a mesa guia é fixada no solo por 4 hastes maciças de aço inox com dimensões detalhadas na Figura 3.

As Figuras 4 e 5 ilustram as dimensões da cabeça cortante, também construídas em aço inox.

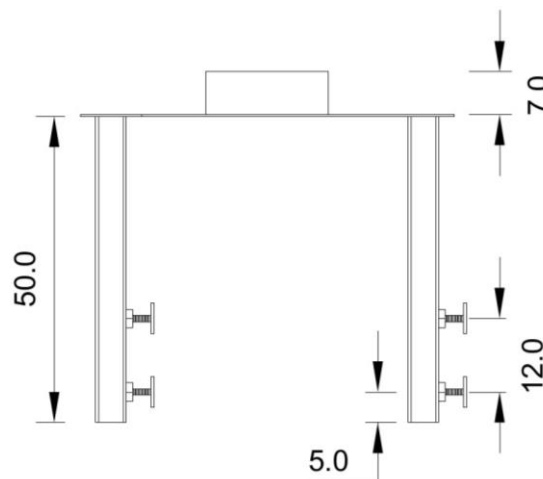


Figura 1. Detalhe da Mesa Guia (Corte).

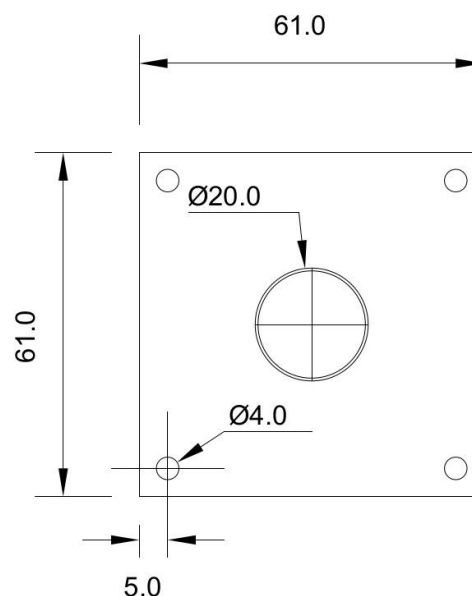


Figura 2. Detalhe da Mesa Guia (Planta).

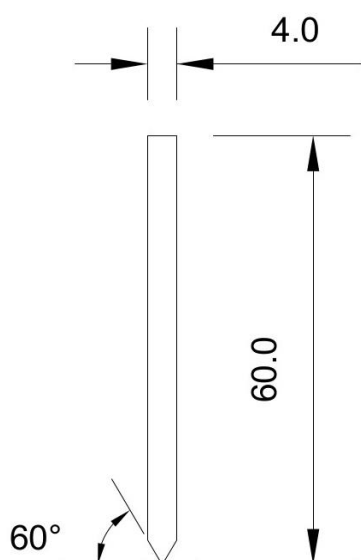


Figura 3. Detalhe da Haste de aço inox.

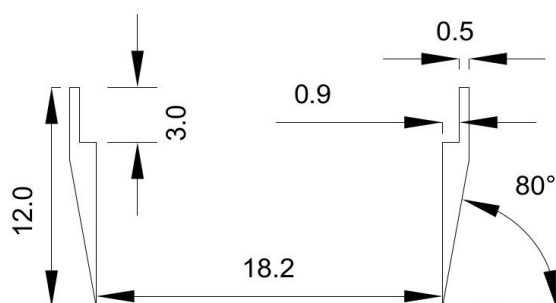


Figura 4. Detalhe Cabeça Cortante (Corte).

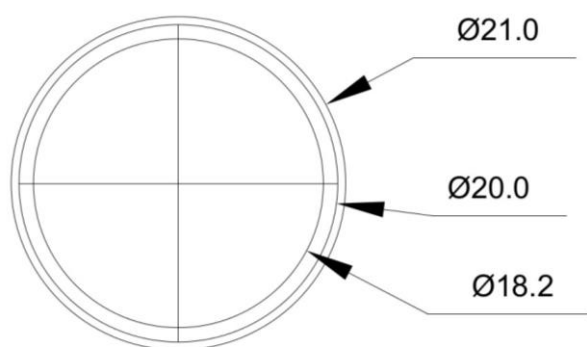


Figura 5. Detalhe Cabeça Cortante (Planta).

2.2 Desenvolvimento do equipamento

A mesa guia é constituída de uma placa de $\frac{1}{4}$ " de espessura em aço carbono com dois níveis

fixados em direções diferentes para garantir a sua horizontalidade, sendo apoiada por quatro hastes de aço inox com altura regulável a partir de parafusos tipo prensa. A mesa possui uma abertura com colarinho de aproximadamente 7 cm de altura, com diâmetro interno igual ao diâmetro externo dos tubos de PVC, a qual é utilizada para manter o tubo amostrador na posição vertical durante o processo de cravação no solo. A Figura 6 apresenta a mesa guia construída para a coleta de amostras indeformadas. A Figura 7 ilustra as hastes guias utilizadas.



Figura 6. Mesa guia.



Figura 7. Hastes de aço inox.

A cabeça cortante (Figura 8) foi confeccionada a partir de um tarugo de 9" de aço inox, de forma a permitir o seu encaixe externamente ao tubo de PVC. Esta possui uma

ponta em formato de bisel com inclinação de 80° que facilita a cravação no solo. Além disso, a ponteira foi projetada de forma que um espaço anelar de 4 mm entre a amostra e o tubo fosse formado após a cravação. Este espaço é preenchido com uma parafina de endurecimento a frio ainda em campo, logo após a cravação do amostrador, para permitir a melhor preservação das amostras e evitar a ocorrência de caminhos preferenciais para a água.



Figura 8. Cabeça Cortante com ponta em formato de bisel.

As Figuras 9 e 10 apresentam, respectivamente, o apoio superior, utilizado para empurrar o tubo de PVC e cabeça cortante contra o solo, e o tubo extensor, responsável por permitir a cravação dos últimos centímetros do tubo de PVC no solo.



Figura 9. Apoio superior utilizado para cravação do conjunto tubo de PVC e ponteira



Figura 10. Extensor utilizado para finalizar a cravação.

A medida que o o conjunto tubo PVC e ponteira penetra o solo, a porção de solo abaixo da cabeça cortante é talhada para facilitar a cravação. No momento em que o apoio superior atinge o colarinho da abertura da mesa, é fixado um extensor de 40,5 cm de altura e diâmetro externo igual ao tubo de PVC que permite finalizar a cravação.

2.3 Processo de Amostragem

Para realizar a amostragem, o solo foi escavado de maneira que permitisse a fixação da mesa guia ao redor do local de onde foi retirada a amostra, formando uma coluna de solo indeformado com dimensões de 25 x 25 x 70 cm aproximadamente. Após o nivelamento preliminar da mesa, ainda suspensa e mantida na posição manualmente, as hastes de aço inox são fixadas no solo com um martelo, dando estabilidade ao equipamento. Em seguida, a mesa guia, agora apoiada nas hastes inox, é nivelada em definitivo. O conjunto tubo de PVC e ponteira é então cravado no solo, com auxílio do apoio de topo. A Figura 11 ilustra a execução de um teste para avaliar o desempenho do equipamento, nos arredores da Escola Politécnica da UFBA.



Figura 11. Teste de amostragem realizado com o equipamento desenvolvido.

Em seguida, ainda em campo, o espaço anelar formado entre o tubo de PVC e a amostra indeformada é preenchido com resina para evitar a ocorrência de caminhos preferenciais para a água. O topo e a base da amostra também foram preenchidos com a mesma resina devido ao caráter friável e não coesivo de grande parte das amostras, de forma a permitir o seu transporte seguro.

Por último, as amostras de solo foram acondicionadas para transporte isoladas umas das outras e com o espaço entre si preenchido

com material compressível de baixa densidade, de forma a se evitar os efeitos deletérios de eventuais ondas de choque no solo (uso de colchonetes).

O conjunto amostra e tubo de PVC serão utilizados como permeâmetros de parede rígida para a realização de ensaios de coluna com análise do processo de infiltração a partir de instrumento TDR e coletas de efluente em estágios predeterminados dos ensaios. Para que isto seja possível, as paredes laterais de cada coluna serão trabalhadas de forma a permitir a inserção de sondas TDR e de coletores de amostras de água.

3 RESULTADOS

3.1 Coleta de Amostras em campo

O equipamento desenvolvido foi utilizado para a coleta de amostras indeformadas em diferentes bacias petrolíferas Potiguaras, apresentando resultado satisfatório para a maioria dos solos amostrados. As Figuras 12 e 13 apresentam o processo de amostragem em campo.



Figura 12. Amostragem de solo friável realizada com o equipamento desenvolvido.



Figura 13. Amostragem de solo compactado realizada com o equipamento desenvolvido.

A Tabela 1 apresenta o número de amostras coletadas e os tipos de solo encontrados nas áreas de interesse.

Tabela 1. Tabela resumo das amostras indeformadas coletadas.

Área	Solo local	Amostras indeformadas coletadas
1	Areia fina com presença de silte	3
1.1	Areia fina com presença de silte	3
2	Solo residual argiloso de pequena espessura	0
3	Perfil de solo sedimentar com presença de linha de seixos	3
4	Perfil de solo sedimentar com a presença de distintas camadas de solo	3
Total		12

Os ensaios de infiltração serão realizados em triplicatas e por isso foram coletadas 3 amostras para cada tipo de solo.

Apesar de diversas tentativas, não foi possível coletar amostras indeformadas na área 2 devido a baixa profundidade da rocha alterada, de cerca de 30 cm, e, em outro local, na mesma área 2, devido ao caráter argiloso do

solo que fez com que a amostra apresentasse diversas fissuras, sendo que seu estado rijo impedia o corte adequado do solo para a confecção das amostras. As Figuras 14 a 16 ilustram as dificuldades encontradas na amostragem da área 2.



Figura 14. Solo de caráter argiloso encontrado na área 2.



Figura 15. Solo de caráter argiloso encontrado na área 2.

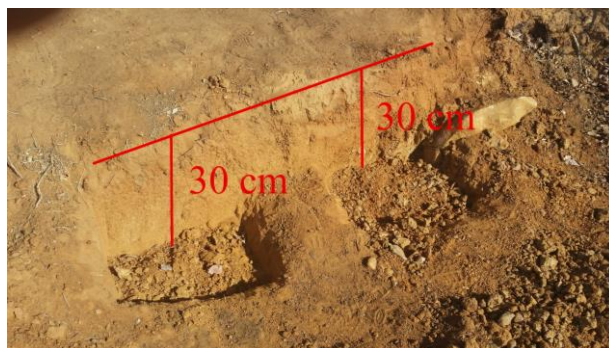


Figura 16. Solo de baixa profundidade encontrado na área 2.

3.2 Caracterização do solo

A coleta de amostras deformadas para a caracterização laboratorial foi feita simultaneamente ao processo de coleta de amostras indeformadas. Os resultados encontrados foram sintetizados na Tabela 2.

Tabela 2. Caracterização dos solos da área de estudo.

Identificação		Ensaio de Granulometria (%)						Ensaio de consistência			Massa esp. Grãos (g/cm³)	Ensaio compactação		Classificação	
												Wót. (%)	.p _d máx (g/cm³)		
Amostra	Prof.(m)	Ped	A.G	A.M	A.F	Silt	Arg	WL	WP	IP	(g/cm³)	(%)	(g/cm³)	SUCS	ABNT
P01 2ª camada	Próximo a Dutra	1	15	45	26	3	10	NL	NP	-	2,684	-	-	SM	Areia argilosa com vestígios de silte e de pedregulho
P01 – Areia escavada	Solo Arenoso sup.	2	13	43	25	2	15	NL	NP	-	2,674	-	-	SM	Areia argilosa com vestígios de silte e de pedregulho
P02	Solo vermelho	9	12	27	26	10	16	25	14	11	2,708	8,92	2,003	SC	Areia argilo-siltosa com pouco pedregulho
P02	Solo várzea – superior	1	4	18	28	14	35	48	22	26	2,728	13,59	1,812	SC	Areia argilo-siltosa com vestígios de pedregulho
P03	camada superior-única	2	3	37	34	7	17	NL	NP	-	2,679	-	-	SM	Areia argilo-siltosa com vestígios de pedregulho
P04 -areia solta	Horiz do meio	1	3	43	42	7	4	NL	NP	-	2,672	-	-	SP-SM	Areia siltosa com vestígios de argila e de pedregulho
P04	-	1	3	44	40	6	6	NL	NP	-	2,676	-	-		Areia argilo-siltosa com vestígios de pedregulho

4 CONCLUSÃO

O equipamento desenvolvido apresentou resultados satisfatórios para a maioria dos solos amostrados. As amostras indeformadas coletadas apresentaram as condições necessárias para realizar os ensaios de infiltração em colunas de grandes dimensões propostos no projeto de estudo de fluidos não miscíveis em solos.

AGRADECIMENTOS

A equipe envolvida no projeto gostaria de agradecer à PETROBRAS e ao CNPq pelo apoio concedido para o desenvolvimento do projeto.

REFERÊNCIAS

- Carvalho, Z. S. Comportamento de barreiras minerais com solo compactado na faixa granulométrica ótima para a contenção de líquidos orgânicos. 134 p., Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2015.
- Hillel, D. Environmental Soil Physics. Academic Press. 1998
- Sousa, R. P., (2012). Estudo dos fluxos de óleo diesel e água em solos não saturados: Desenvolvimento Experimental e Modelagem Matemática. Tese de Doutorado, PGENAM/UFBA, 282 p.