

DOI: 10.47094/COBRAMSEG2024/532

## Ensaio Contínuo de DMT Medusa em uma Argila Muito Mole

Graziella Maria Faquim Jannuzzi

Professora, UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil, jannuzzi@coc.ufrj.br

Fernando Artur Brasil Danziger

Professor, UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil, danziger@coc.ufrj.br

Jonas Antunes de Souza

Engenheiro Geotécnico, UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil, jonas.souza@coc.ufrj.br

Arthur Veiga Silverio Pinheiro

Engenheiro Geotécnico, UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil, arthur\_veiga@poli.ufrj.br

**RESUMO:** O ensaio de dilatômetro (DMT) tem se mostrado útil para fornecer uma série de parâmetros geotécnicos em diferentes tipos de solos. Esse ensaio é realizado regularmente a cada 20 cm, ou seja, é um ensaio descontínuo. Dessa forma sua capacidade de detectar variações no perfil geotécnico é condicionada pelo intervalo de realização de ensaios. O equipamento Medusa DMT, entretanto, é capaz de obter medições contínuas da leitura A, dessa maneira fornecendo um quadro melhor da estratigrafia do solo. Ensaios de Medusa DMT foram realizados no depósito de argila muito mole de Sarapuí II, próximo à Baía de Guanabara, no Rio de Janeiro, e um perfil detalhado do solo foi obtido. Uma comparação entre o ensaio de Medusa DMT e o ensaio de Piezocone foi realizada. A estratigrafia do depósito obtida por ambos os ensaios foi praticamente a mesma.

**PALAVRAS-CHAVE:** SDMT, SDMT Medusa, CPTU, Repetibilidade, Argila Mole

**ABSTRACT:** The dilatometer test (DMT) has been shown very useful in providing several geotechnical parameters, in different types of soils. The test is regularly carried out every 20 cm, i.e., it is a discontinuous test. Therefore, its capability of detecting variations in the geotechnical profile is conditioned by the test interval. The Medusa DMT, however, is able to obtain continuous measurements of the A reading, thus providing a much better picture of the soil stratigraphy. Medusa DMT tests have been carried out at Sarapuí II very soft clay deposit around Guanabara Bay, in Rio de Janeiro, and a detailed soil profile was obtained. A comparison was made with piezocone tests. The stratigraphy of the deposit obtained by both tests was almost the same.

**KEYWORDS:** SDMT, Medusa SDMT, CPTU, repeatability, soft clay

### 1 INTRODUÇÃO

O ensaio de dilatômetro (DMT) é realizado cravando-se inicialmente a lâmina do dilatômetro no solo, interrompendo a penetração na profundidade desejada e, sem demora, inflando a membrana por meio de gás pressurizado (Marchetti, 1980). São feitas duas leituras: A e B, em que A é a pressão aplicada do interior da membrana para expandi-la contra o solo a partir do contato com o sensor até a posição A (posição da membrana quando seu centro está a 0,05 mm de distância do sensor) e B é a pressão aplicada do interior da membrana para expandi-la contra o solo até a posição B (posição da membrana quando seu centro está a 1,10 mm de distância do sensor) (Marchetti et al., 2019, Mônaco, 2021). Uma terceira leitura C ("pressão de fechamento") também pode ser obtida opcionalmente esvaziando lentamente a membrana logo após B ser alcançado (Marchetti et al., 2001). A lâmina é então avançada para a próxima profundidade do ensaio, com um incremento de profundidade normalmente de 0,20 m. A velocidade de fluxo de gás para pressurizar a membrana deve ser regulada para obter a leitura da pressão A dentro de  $\approx 15$  s após atingir a profundidade de

ensaio e a leitura da pressão B dentro de  $\approx 15$  s após a leitura A (Marchetti et al., 2019). As leituras de pressão A, B (e C) são então corrigidas pelos valores  $\Delta A$ ,  $\Delta B$  determinados pela calibração para levar em conta a rigidez da membrana e convertidos em  $p_0$ ,  $p_1$  (e  $p_2$ ) (Marchetti et al., 2001).

O primeiro ensaio de dilatômetro (DMT) foi realizado no Brasil em 1985, por Tom Lunne (NGI) e Marcio Miranda Soares (COPPE/UFRJ) no depósito de Sarapuí I. Os ensaios foram conduzidos em um projeto de pesquisa conjunto a respeito de ensaios de campo em argilas muito moles entre o Instituto Norueguês de Geotecnia (NGI) e o Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (COPPE/UFRJ) (Soares et al., 1986, 1987, Danziger et al., 2015). Uma segunda série de ensaios foi realizada no mesmo depósito em 1992 (Vieira, 1994; Vieira et al., 1997).

Por razões de segurança, a área de pesquisa foi transferida para Sarapuí II, cerca de 1,5 km de Sarapuí I. O ensaio sísmico de dilatômetro (SDMT), conforme descrito por Marchetti et al. (2008), foi testado pela primeira vez na área em duas séries de ensaios em 2012. Os resultados desses ensaios foram relatados por Jannuzzi (2013) e Jannuzzi et al. (2014).

Uma análise da dispersão dos dados em séries anteriores de ensaios mostrou que, embora as leituras do ensaio de dilatômetro (DMT)  $p_0$  e  $p_1$  tenham fornecido uma repetibilidade razoável, uma dispersão inaceitável foi obtida para  $\Delta p = p_1 - p_0$  e para todos os parâmetros geotécnicos derivados dessa diferença (Danziger et al., 2015). Isso foi atribuído a dificuldade em manter a velocidade de aumento de pressão durante os ensaios, mesmo com operadores experientes. Na tentativa de reduzir a dispersão, foram realizados ensaios com uma membrana de espessura reduzida (0,15 mm) em relação à membrana original (0,2 mm de espessura). De fato, a dispersão foi reduzida e os resultados correspondentes ainda serão publicados.

Uma alternativa para melhorar a repetibilidade foi realizar ensaios com o equipamento Medusa DMT, que utiliza óleo em vez de gás e é capaz de controlar o aumento de pressão durante os ensaios (Marchetti et al., 2019). Os ensaios com o Medusa DMT em Sarapuí II, realizados em 2018, apresentaram uma repetibilidade muito melhor, mostrando efetivamente o papel do aumento de pressão durante os ensaios (Marchetti et al., 2021).

Mais recentemente, o novo equipamento Medusa SDMT - com pequenas modificações em relação ao anterior, testado em 2018, também com o módulo sísmico - foi usado para realizar duas séries de ensaios em Sarapuí II, a primeira em dezembro de 2023 e a segunda em janeiro de 2024. Essa última série de ensaios teve como objetivo realizar ensaios contínuos de DMT. Um resumo de todos os ensaios realizados em Sarapuí I e II, incluindo os ensaios recentes realizados, está apresentado na Tabela 1.

O presente artigo tem como objetivo analisar a acurácia e a repetibilidade do Medusa DMT nos ensaios realizados em 2018 e 2023-2024, com diferentes equipamentos, bem como discutir o ensaio contínuo do DMT Medusa.

Tabela 1. Ensaios DMT realizados em Sarapuí.

Séries	Data	Local	Nº de sondagens	Equipamento	Proprietário do equipamento
1	Out. 1985	Sarapuí I	4	DMT	NGI
2	Julho 1992	Sarapuí I	5	DMT	Geomecânica
3	Junho 2012	Sarapuí II	2	SDMT	COPPE/UFRJ
4	Dez. 2012	Sarapuí II	2	SDMT	COPPE/UFRJ
5	Julho 2019	Sarapuí II	2	SDMT	COPPE/UFRJ
6	Set. 2018	Sarapuí II	2	Medusa DMT	Marchetti inc.
7	Dez. 2023	Sarapuí II	1	Medusa DMT	COPPE/UFRJ
8	Jan. 2024	Sarapuí II	3	Medusa DMT	COPPE/UFRJ

## 2 MEDUSA DMT

Apesar do Medusa DMT ter sido descrito em publicações anteriores (por exemplo, Marchetti, 2018; Marchetti et al., 2019, 2021), foi considerado importante, para fins de clareza, incluí-lo no presente artigo.

O Medusa DMT é um aprimoramento do DMT, é a combinação entre uma lâmina dilatométrica e uma haste instrumentada conectada atrás dela. A haste contém uma placa eletrônica, baterias recarregáveis, um transdutor de pressão e uma seringa motorizada, composta por um motor, um pistão e um cilindro (Figura 1).

A seringa motorizada injeta óleo sob pressão diretamente dentro da lâmina, para expandir hidráulicamente a membrana do dilatômetro. O dispositivo é capaz de realizar automaticamente ensaios de DMT para obter as leituras padrões do dilatômetro ( $p_0$ ,  $p_1$  e  $p_2$ ; Marchetti, 1980, 2015).

Comparado ao equipamento tradicional de DMT pneumático (Marchetti, 1980), o Medusa DMT não requer: i) um tanque de gás; ii) uma unidade de controle com válvulas de pressão; iii) cabos pneumáticos para transmitir a pressão da unidade de controle para a lâmina em profundidade (Marchetti et al., 2021).

Com o equipamento tradicional, a pressão é gerada e medida na superfície, embora opere na membrana da lâmina em profundidade. Qualquer diferença de equalização de pressão nas extremidades opostas do cabo introduz um erro nas leituras do ensaio. O Medusa DMT gera e mede a pressão diretamente em profundidade, eliminando qualquer possível problema de equalização de pressão (Marchetti et al., 2021).

A seringa motorizada do Medusa DMT aplica pressão com óleo, que é incompressível. Por esse motivo, é possível calcular e impor a velocidade de injeção de óleo com a seringa motorizada de modo a obter alta acurácia nas leituras de pressão do dilatômetro.

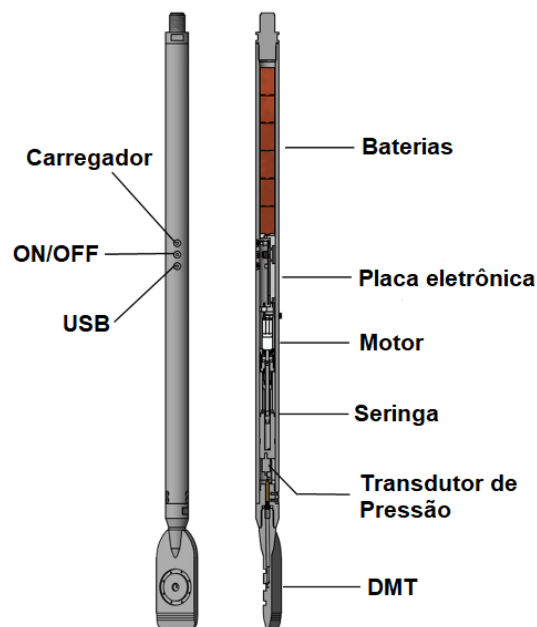


Figura 1. DMT Medusa (Adaptado de Marchetti, 2018).

### 3 ENSAIOS REALIZADOS NO DEPÓSITO DE ARGILA MUITO MOLE DE SARAPUÍ II

Nos últimos vinte e cinco anos, razões de segurança têm impedido o uso do local de ensaio Sarapuí I, cujas características foram relatadas em vários artigos (por exemplo, Lacerda et al., 1977, Werneck et al., 1977, Almeida e Marques, 2003). Uma nova área (denominada Sarapuí II) no mesmo depósito, a 1,5 km da área anterior e dentro de uma instalação da Marinha, tem sido utilizada desde então. Vários estudos (por exemplo, Alves, 2004, Francisco, 2004, Alves et al., 2009, Porto et al., 2010, Jannuzzi et al., 2012, 2021, Fernandes et al., 2022) foram realizados nesta nova área, que está sendo utilizada pelo Centro de Pesquisas, Desenvolvimento e Inovação Leopoldo Américo Miguez de Mello da Empresa Brasileira de Petróleo (CENPES/PETROBRAS) e pela Universidade Federal do Rio de Janeiro como um local de ensaios em argila orgânica muito mole. A argila muito mole na área de ensaio tem uma espessura média de 8 m, e uma camada de silte argiloso abaixo da argila muito mole. Um estudo abrangente sobre o depósito Sarapuí II foi realizado por Jannuzzi (2009, 2013), Jannuzzi et al. (2015) e Danziger et al. (2019). O depósito está levemente sobreadensado, abaixo da profundidade de aproximadamente 3 m, com OCR em torno de 2, devido ao adensamento secundário (Danziger et al., 2019). A permeabilidade in situ diminui com a profundidade, de  $7 \times 10^{-9}$  para  $6 \times 10^{-10}$  m/s (Vargas et al., 2023).

#### 4 ENSAIOS DE DMT MEDUSA REALIZADOS NO DEPÓSITO DE ARGILA MUITO MOLE DE SARAPUÍ II

Conforme mencionado anteriormente, três séries de ensaios Medusa DMT (séries 6, 7, 8 na Tabela 1) foram realizadas na área de ensaios de SarapuÍ II, com duas versões diferentes do equipamento. A Figura 2 ilustra o início de um ensaio durante a série 8. A máquina de cravação da COPPE/UFRJ foi utilizada nas séries de ensaio 1 a 6 e uma máquina de cravação da Paganí nas séries de ensaio 7 e 8. Em todos os ensaios, utilizou-se a velocidade de 20 mm/s, tanto para o ensaio tradicional de DMT quanto para o ensaio contínuo.

O ensaio contínuo não é realizado com o procedimento regular, mas é executado no modo de dissipação, ou seja, um ensaio de dissipação é simulado durante a cravação. A velocidade de cravação é calculada a partir dos resultados do ensaio. A leitura A é medida durante a penetração a cada 0,15 - 0,20 s aproximadamente, portanto, as leituras são obtidas a cada 3-4 mm. O perfil de A versus profundidade é obtido a partir do ensaio. Nos ensaios aqui descritos, todas as leituras A, B e C foram medidas a cada metro, antes de trocar as hastes.



Figura 2. Ilustração do início de um ensaio DMT Medusa durante a série 8.

#### 5 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os resultados dos ensaios da série 6 foram descritos por Marchetti et al. (2021). Os ensaios da série 7 foram realizados com uma versão atualizada do equipamento, portanto, foi considerado importante verificar as diferenças entre os resultados obtidos nessas duas séries. Os valores registrados de A e  $p_0$  são apresentados na Figura 3. Os gráficos foram limitados a 300 kPa, a fim de focar os resultados na camada de argila mole, a uma profundidade de aproximadamente 8 m. Pode ser observado que, apesar das diferenças nos valores de A, devido às diferenças nas espessuras e rigidezes da membrana, os valores de  $p_0$  apresentam excelente repetibilidade.

Pode-se concluir através da Figura 3 a importância da velocidade de pressurização da membrana. Desde que seja devidamente controlada, os valores de  $p_0$  podem ser obtidos com acurácia. Deve-se lembrar que, no caso do equipamento Medusa DMT, esse procedimento é independente do operador.

Deve-se enfatizar uma vantagem do DMT Medusa em relação ao DMT pressurizado com gás no caso de argila extremamente mole. Nesse caso, quando a lâmina é cravada no solo, a tensão horizontal do solo é tão baixa que não é capaz de levar a membrana à posição zero. Como consequência, por não haver contato com o sensor, nenhum sinal sonoro é ouvido durante a penetração, e sempre há dúvida se o equipamento tem algum problema, como, por exemplo, aterramento ineficaz. Se as condições de ensaio forem satisfatórias, a solução para realizar o ensaio é usar a seringa do equipamento e aplicar uma pressão negativa (ou seja, sucção), para levar a membrana à posição zero. No caso do Medusa, esse procedimento não é necessário, e o equipamento

aplica automaticamente a sucção. Isso é ilustrado em alguns ensaios realizados em profundidades inferiores a 1 m, mostrados na Figura 3. O mesmo ocorre no ensaio contínuo, como será apresentado a seguir.

Se os valores de  $p_0$  do equipamento pneumático forem incluídos na comparação, os resultados correspondentes são mostrados na Figura 4 (a). Embora a dispersão de  $p_0$  possa ser considerada satisfatória no caso do DMT pneumático, a repetibilidade no caso do Medusa DMT é melhor, considerando o número de ensaios realizados. Os valores correspondentes aos ensaios contínuos na figura são, na verdade, ensaios regulares realizados a cada metro, como mencionado anteriormente. Além disso, os valores de  $p_0$  do DMT pneumático são ligeiramente maiores do que os do Medusa DMT.

Em relação aos ensaios contínuos, os valores de  $A$  dos 3 ensaios realizadas são apresentados na Figura 4 (b). Uma repetibilidade notável pode ser observada na argila muito mole, sendo difícil distinguir os resultados entre as três sondagens, exceto nos primeiros 0,7 m do perfil, influenciados pela presença de raízes. As diferenças das profundidades dos ensaios são devidas às heterogeneidades locais.

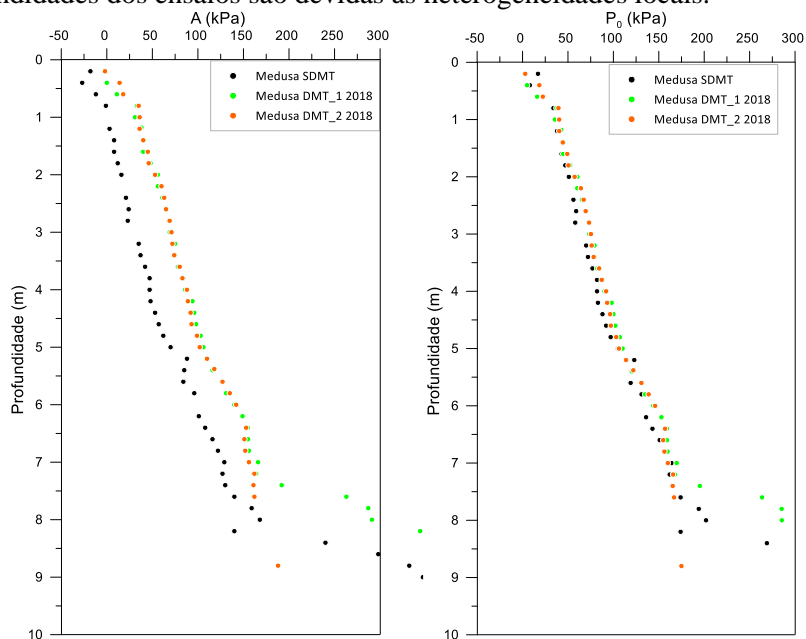


Figura 3.  $A$  e  $p_0$  versus profundidade, series de ensaios 6 e 7, dois equipamentos DMT Medusa.

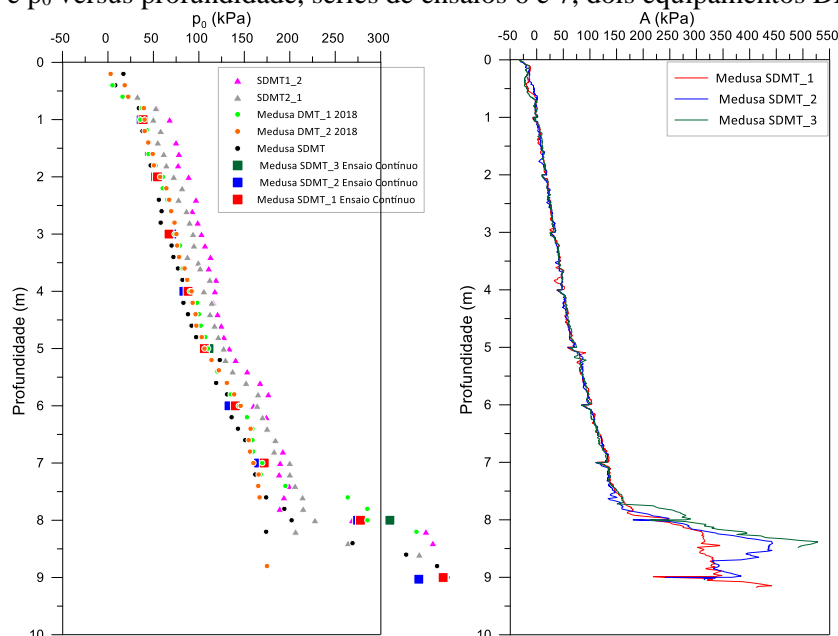


Figura 4. (a)  $p_0$  versus profundidade, series de ensaios 3, 4, 6, 7 e 8; (b)  $A$  versus profundidade, 3 ensaios contínuos do Medusa.



Para verificar se os valores de  $A$  medidos pelos ensaios contínuos são consistentes com os valores de  $A$  obtidos nos ensaios realizados em um procedimento regular, ou seja, cada 0,2 m, efetuou-se uma comparação entre os resultados dos dois procedimentos que são apresentados na Figura 5 (a). Os valores obtidos apresentam novamente uma notável repetibilidade, demonstrando a eficácia das leituras de  $A$  durante os ensaios contínuos. Os dados da Figura 5 (a) são apresentados em uma escala ampliada na Figura 5 (b). Pode-se observar que o ensaio contínuo é capaz de fornecer um detalhamento da estratigrafia melhor do que os ensaios regulares.

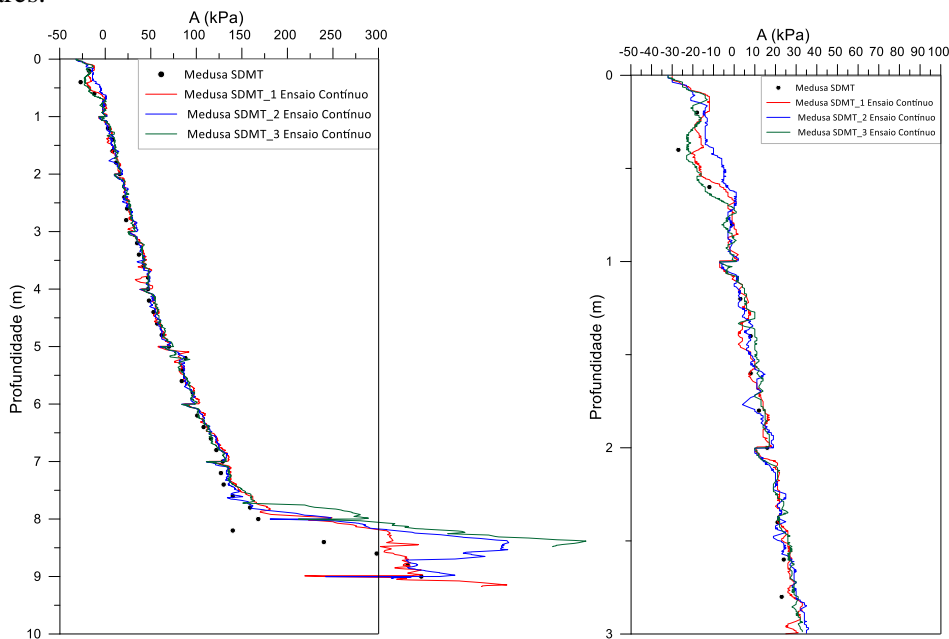


Figura 5. (a)  $A$  versus profundidade, comparação entre os ensaios contínuos e o procedimento regular, mesmo equipamento Medusa; (b)  $A$  versus profundidade, ensaios contínuos do Medusa, escala ampliada.

A Figura 6 compara os ensaios contínuos de Medusa DMT com os ensaios de piezocone, nos quais os traços de troca de hastes não foram removidos. A estratigrafia fornecida por ambos os tipos de ensaios é aproximadamente a mesma, com 3 subcamadas da argila mole, indicadas na figura. As diferenças no primeiro 1 m de profundidade foram atribuídas à presença de raízes grossas na área onde os ensaios de piezocone foram realizados.

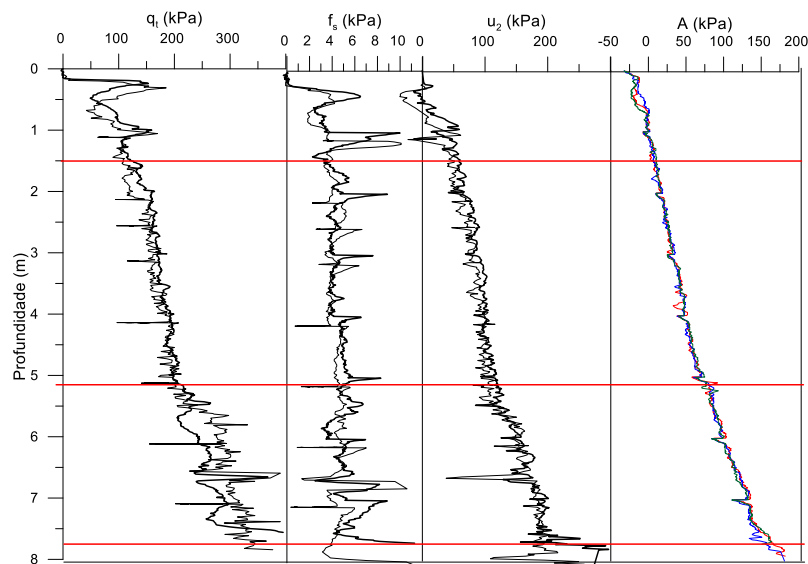


Figura 6. Resistência do cone  $q_t$ , atrito  $f_s$ , poro pressão  $u_2$ , dos ensaios de piezocone,  $A$  dos ensaios contínuos do DMT Medusa.

## 6 CONCLUSÃO

Ensaaios contínuos de Medusa DMT foram realizados no depósito de argila muito mole de Sarapuú II. As três séries de ensaios realizados proporcionaram uma notável repetibilidade dos resultados. Os valores de  $A$  medidos durante os ensaios contínuos foram comparados com aqueles obtidos em ensaios realizados em um procedimento regular, ou seja, realizados após interromper a penetração da haste a cada 0,2 m. Os valores obtidos também apresentaram uma notável repetibilidade, demonstrando a eficácia das leituras de  $A$  durante os ensaios contínuos.

Ensaaios regulares (ou seja, a cada 0,2 m) foram realizados com dois equipamentos Medusa, tendo diferentes espessuras e rigidezes de membrana. Embora tenham sido obtidos valores de  $A$  diferentes, os valores de  $p_0$  forneceram excelente repetibilidade, melhor do que o DMT pneumático. Portanto, foi demonstrado a importância da velocidade de pressurização da membrana, ou seja, desde que seja controlada adequadamente, os valores de  $p_0$  podem ser obtidos com acurácia.

Os ensaios contínuos de Medusa DMT indicaram uma ótima definição da estratigrafia, quase a mesma obtida pelos ensaios de piezocone.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à equipe do Laboratório de Ensaaios de Campo e Instrumentação Professor Marcio Miranda Soares, um dos Laboratórios de Geotecnia Professor Jacques de Medina da COPPE/UFRJ pela ajuda e realização dos ensaios; ao Diego Marchetti e Cătălin Constantin Diaconu pela realização dos ensaios da série 6 e ao Simone Goracci pela assistência na realização do ensaio da série 7 com o Medusa DMT.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, M.S.S. e Marques, M.E.S., 2003. *The behaviour of Sarapuú soft clay*. in: Tan, et al. (Eds.), *Characterisation and Engineering Properties of Natural Soils* vol. 1. Swets & Zeitlinger, Lisse, 477–504.
- Alves, A.M.L., Lopes, F.R., Randolph, M.F. e Danziger, B.R. 2009. *Investigations on the dynamic behaviour of a small-diameter pile driven in soft clay*. *Canadian Geotechnical Journal*, 46, no. 12: 1418-1430.
- Danziger, F.A.B., Januzzi, G.M.F, Toniazzi, M.V.C.M.V. e Lunne, T. 2015. *DMT Tests at Sarapuú Soft Clay Deposit: from 1985 to 2012*, In 3rd Int. Conf. on the Flat Dilatometer DMT'15. Rome, Italy, paper 119.
- Danziger, F.A.B, Jannuzzi, G.M.F. e Martins, I.S.M. 2019. *The relationship between sea-level change, soil formation and stress history of a very soft clay deposit*. *AIMS Geosciences*, no. 5: 461-479, <https://doi.org/10.3934/geosci.2019.3.461>.
- Fernandes, B.B.L., Pinheiro, A.V.S., Guimarães, J.H.D., Dias, R., Cutrim, F.S., Gonçalves, C.J.C. e Danziger, F.A.B. 2022. *A Test Rig for Jetted Conductors in Soft Clays*. In *Offshore Technology Conference*, paper OTC-31965-MS. <https://doi.org/10.4043/31965-MS>.
- Francisco, G.M. 2004. *Estudo dos efeitos do tempo em estacas de fundação em solos argilosos*. Tese de doutorado, COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- Jannuzzi, G.M.F. 2009. *Caracterização do depósito de solo mole de Sarapuú II através de ensaios de campo*. Tese de Mestrado, COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- Jannuzzi, G.M.F. 2013. *Inovadoras, modernas e tradicionais metodologias para a caracterização geológico-geotécnica da argila mole de Sarapuú II*. Tese de Doutorado, COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- Jannuzzi, G.M.F., Danziger, F.A.B. e Martins, I.S.M. 2012. *Cyclic T-Bar Tests to Evaluate the Remoulded Undrained Shear Strength of the Sarapuú II Soft Clay*. *Soils & Rocks* no. 35: 279-294. <https://doi.org/10.28927/SR.353279>
- Jannuzzi, G.M.F., Danziger, F.A.B. e Martins, I.S.M. 2014. *Seismic DMT in a very soft organic clay*. In 5th Int. Workshop CPTU and DMT in Soft Clays and Organic Soils, Poznan, 1: 119-136.

- Jannuzzi, G.M.F., Danziger, F.A.B. e Martins, I.S.M. 2015. *Geological-geotechnical characterisation of Sarapuú II clay*. Engineering Geology, no 190: 77–86. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enggeo.2015.03.001>
- Jannuzzi, G.M.F., Danziger, F.A.B., Martins, I.S.M. e Lunne, T. 2021. *Penetration and retrieval forces during sampling in a very soft clay*. Soils and Foundations 61: 303–317. <https://doi.org/10.1016/j.sandf.2020.09.012>
- Lacerda, W.A., Costa Filho, L.M., Coutinho, R.Q. e Duarte, E.R. 1977. *Consolidation characteristics of Rio de Janeiro soft clay*. In: Conf. Geotech. Aspects of Soft Clays, Bangkok: 231-243.
- Marchetti, S. 1980. *In Situ Tests by Flat Dilatometer*. Journal of the Geotechnical Engineering Division, ASCE, 106, GT3: 299- 321.
- Marchetti, S. 2015. *Some 2015 Updates to the TC16 DMT Report 2001* In. 3rd Int. Conf. on the Flat Dilatometer DMT'15. Rome, Italy, 43-65.
- Marchetti, D. 2018. *Dilatometer and Seismic Dilatometer Testing Offshore: Available Experience and New Developments*. Geotechnical Testing Journal 41, no. 5: 967–977.
- Marchetti, S., Monaco, P., Totani, G. e Marchetti, D. 2008. *In situ tests by seismic dilatometer (SDMT)*. In ASCE Geotechnical Special Publication honoring Dr. John H. Schmertmann. From Research to Practice in Geotechnical Engineering, GSP (170).
- Marchetti, D., Monaco P., Amoroso S. e Minarelli, L. 2019. *In situ tests by Medusa DMT*. In XVII European Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering. Reykjavik, Iceland.
- Marchetti, D., Danziger, F.A.B. e Jannuzzi, G.M.F. 2021. *Comparison of DMT results using traditional pneumatic equipment and the Medusa DMT in the Sarapuú II soft clay deposit in Brazil*. In ISC'6, 6th International Conf. On Geotechnical And Geophysical Site Investigations, Budapest, paper 2020-350.
- Porto, E.C., Medeiros Jr., C.J., Henriques Jr., P.R.D., Foppa, D., Ferreira, A.C.P., Costa, R.G.B., Fernandes, J.V.V., Danziger, F.A.B., Jannuzzi, G.M.F., Guimarães, G.V.M., Silva Jr., S.P. e Alves, A.M.L. 2010. *The development of the torpedo-piezocone*. In 29th Int. Conf. Ocean, Offshore and Arctic Engineering, OMAE 2010, ASME, New York.
- Soares, M.M., Lunne, T., Almeida, M.S.S. e Danziger, F.A.B. 1986. *Ensaio de Dilatômetro em argilas moles*. In VIII Braz. Conf. Soil Mech. and Found. Eng., Porto Alegre, 1: 89-98.
- Soares, M.M., Lunne, T., Almeida, M.S.S. e Danziger, F.A.B. 1987. *Piezocone and Dilatometer Tests in a Very Soft Rio de Janeiro Clay*. In: International Symposium on Geotechnical Engineering of Soft Soils, Mexico, v. 2.
- Vargas, J.W.S., Danziger, F.A.B., Lopes, F.R., Lunne, T. 2023. *Inflow and outflow permeability tests in a very soft clay under low stresses*. Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering. <https://doi.org/10.1016/j.jrmge.2023.11.009>
- Vieira, M.V.C.M. 1994. *Ensaio de Dilatômetro na Argila Muito Mole do Sarapuú*. Tese de Mestrado, COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- Vieira, M.V.C.M., Danziger, F.A.B., Almeida, M.S.S. e Lopes, P.C.C. 1997. *Dilatometer tests at Sarapuú soft clay site*. In XIV Int. Conf. Soil Mechanics Found. Eng., Hamburg, 1: 161- 162.
- Werneck, M.L.G., Costa Filho, L.M. e França, H. 1977. *In-situ permeability and hydraulic fracture tests in Guanabara Bay clay*. In. Conf. Geotech. Aspects of Soft Clays, Bangkok: 399-416.