

DOI: 10.47094/COBRAMSEG2024/627

Estudo Sobre a Eficiência no Armazenamento de Amostras para Ensaios de Laboratório

Clarisse Tamanqueira do Couto
Mestranda COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil, clarisse.couto@coc.ufrj.br

George Lício Vieira Teles
Pesquisador, Fundação COPPETEC, Rio de Janeiro, Brasil, george.teles@poli.ufrj.br

Graziella Maria Faquim Jannuzzi
Professora Adjunta, Escola Politécnica UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil, jannuzzi@poli.ufrj.br

RESUMO: Na realização dos ensaios de laboratório é imprescindível obter amostras representativas ou indeformadas de qualidade e armazená-las de forma adequada, em câmara climática para preservar o teor de umidade. Visando avaliar a melhor forma de armazenar as amostras foi realizado um experimento na câmara climática acondicionando amostras de 3 formas distintas: apenas envolvidas por filme de PVC (Método A), envolvidas em filme de PVC e armazenadas em recipiente plástico furado (Método B) e envolvidas em filme de PVC e armazenadas em recipiente plástico fechado (Método C). Foram realizados ensaios de longa duração em uma amostra do Campo Experimental de Sarapuú II e ensaios curta duração, com dois materiais de diferentes teores de umidade que foram amolgados, homogeneizados e armazenados na câmara climática, das 3 formas descritas. A determinação da umidade foi feita para tempos variados de armazenamento. O estudo avalia quanto tempo cada uma das formas preserva satisfatoriamente a umidade natural e a partir de quando a perda de umidade é significativa. Conclui-se que a maneira mais indicada para preservar a umidade é envolvendo a amostra em filme PVC e colocando-as em recipiente plástico furado, para até 30 dias; e em plástico fechado, para 280 dias.

PALAVRAS-CHAVE: Ensaios de laboratório, câmara climática, solos moles, armazenamento de amostras.

ABSTRACT: For performing laboratory tests, it is essential obtain representative or intact quality samples and storage it properly in climate chamber in order to preserve the sample moisture. Aiming to evaluate the best manner for storing the samples it was carried out an experiment in a climate chamber where samples were stored in 3 different manners: only wrapped in PVC film (Method A), wrapped in PVC film and stored in a perforated plastic container (Method B) and wrapped in PVC film and stored in a closed plastic container (Method C). Long term tests were performed in Sarapuú II test site sample and short term tests, with two different moisture materials, which were remolded, homogenized and stored in the climatic chamber by the 3 described manners. The moisture determination was realized for varying storage times. This study evaluates how much time each method preserve the natural moisture properly and from when moisture loss is significant. It was concluded that the best method to preserve moisture is by wrapping the sample in PVC film and placing them in a plastic container with holes, for up to 30 days; and in closed plastic, for 280 days.

KEYWORDS: Laboratory tests, climate chamber, soft soils, sample storage.

1 INTRODUÇÃO

A propriedade que a argila possui, após sofrer amolgamento, de recuperar toda ou parte de sua resistência ao cisalhamento, tixotropia, foi estudada por diversos pesquisadores, como Burgers e Scott Blair (1948) e Skempton e Northey (1953). Casos de aterro construídos sobre argilas sensíveis ou de estacas pré-moldadas tornam evidente a importância de se conhecer o efeito tixotrópico e como ele pode ser útil na prática da Engenharia Geotécnica (Braga *et al.*, 2006). Para a realização dos ensaios de laboratório é imprescindível

obter amostras de qualidade e armazená-las de forma adequada, em câmara climática (com controle de temperatura e umidade relativa do ar) a fim de garantir a preservação das condições da amostra *in situ* e obter resultados que sejam, de fato, representativos do solo. Este tema é especialmente importante na avaliação de ganho de resistência do solo devido à tixotropia e da razão de resistência tixotrópica. No que diz respeito aos ensaios de tixotropia, que têm longa duração, manter a umidade do corpo de prova é um requisito do ensaio. O presente trabalho aborda o estudo de distintas maneiras de acondicionar a amostra visando a determinação da melhor forma de armazená-las.

2 MATERIAIS E METODOLOGIA

2.1 Metodologia

Foram realizados ensaios de curta e longa duração na câmara climática, com controle de temperatura e umidade, com o objetivo de se determinar a melhor forma de armazenar a amostra para preservar a umidade natural.

A metodologia aplicada para avaliar a melhor maneira de armazenar as amostras, consiste em realizar ensaios de determinação de umidade, acondicionando as amostras de 3 maneiras distintas: apenas envolvidas por papel filme de PVC (Método A), envolvidas em papel filme de PVC e armazenadas em um recipiente plástico furado (Método B) e envolvidas em papel filme de PVC e armazenadas em um recipiente plástico fechado (Método C). A Figura 1, a seguir, mostra a preparação de amostras de cada um dos três métodos.



Figura 1. Métodos de armazenamento das amostras: a) envoltas em plástico filme PVC; b) envoltas em plástico filme PVC e armazenadas em um recipiente plástico furado; c) envoltas em plástico filme PVC e armazenadas em um recipiente plástico fechado.

A câmara climática utilizada foi configurada para manter temperatura constante de 20°C e a umidade relativa do ar dentro câmara foi mantida acima de 90% ao longo de todo o ensaio.

Para avaliar os três métodos de armazenamento propostos, a umidade higroscópica foi determinada ao longo do tempo de armazenamento das amostras na câmara climática. Todas as determinações de umidade higroscópica foram realizadas de acordo com a norma NBR 6457:2024 (ABNT, 2024).

Realizou-se um ensaio de longa duração com a argila mole de Sarapuú II. Comparou-se a umidade natural medida na data de preparação das amostras (dia zero) com a umidade das amostras após um armazenamento em câmara climática de 9 meses.

No segundo ensaio realizado, os materiais ensaiados foram a argila mole de Sarapuú II, Figura 2a, e argila do pré-sal da Bacia de Santos, Figura 2b. Comparou-se a umidade de referência obtida no dia zero com as umidades obtidas entre 1 e 30 dias de armazenamento. Cabe salientar que, a fim de garantir a homogeneidade do solo, foram realizados amolgamentos manuais de 30 min em ambos os materiais (Figura 3a) e, por conseguinte, o armazenamento em câmara climática, pelos três métodos descritos (3b).

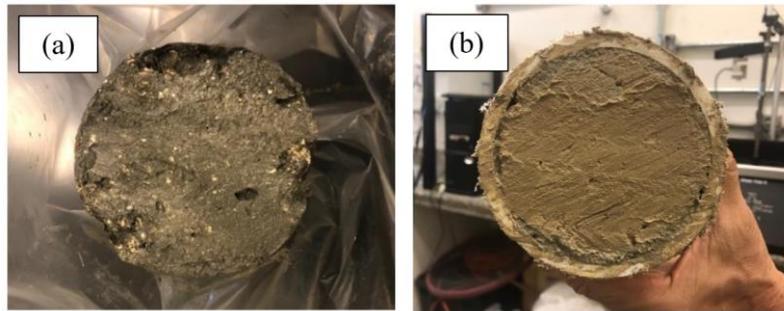


Figura 2. Materiais utilizados no segundo ensaio de avaliação de armazenamento em câmara climática:
a) Argila mole de Sarapuí II; b) Argila da Bacia de Santos.



Figura 3. (a) Amostras após processo de amolgamento manual para posterior condicionamento por diferentes métodos de armazenamento: Bacia de Santos (à esquerda) e Sarapuí II (à direita); (b) Armazenamento das amostras na câmara climática pelos métodos abordados.

2.2 Características dos materiais ensaiados

Na região do Campo Experimental de Sarapuí II, o solo é, predominantemente, uma camada espessa de argila mole sedimentar orgânica. O material desta região foi utilizado tanto nos ensaios de longa quanto nos de curta duração. As características geotécnicas deste depósito foram abordadas em detalhes nos trabalhos, por exemplo, de Jannuzzi (2009, 2013) e Jannuzzi *et al.* (2015).

No ensaio de longa duração foi utilizada amostra de Sarapuí II da profundidade nominal de 3 m e a caracterização do material desta região foi feita por Jannuzzi *et al.* (2015). Já no ensaio de curta duração foram ensaiadas amostras superficiais, profundidade nominal de 1 m, tendo sido feita também a caracterização completa do material. A Figura 4 mostra a curva granulométrica do solo de Sarapuí II, profundidade de 1 m, e da Bacia de Santos, profundidade de 1 m.

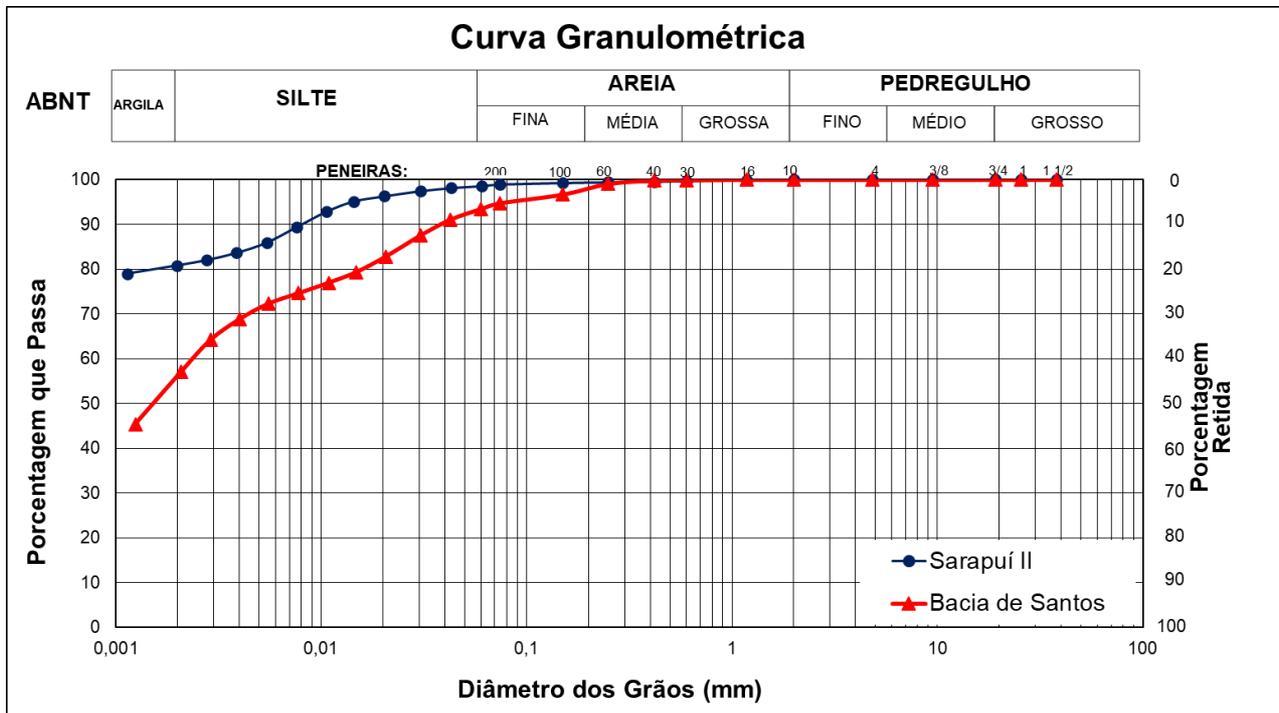


Figura 4. Curva granulométrica das argilas utilizadas nos testes de curta duração.

O material coletado na Bacia de Santos trata-se de uma amostra superficial (profundidade nominal de 1 m) onde, em uma análise preliminar tátil-visual, identificou-se uma argila silto-arenosa de coloração marrom claro. Também foi feita caracterização completa do material, donde foi obtida a curva granulométrica (em vermelha) da Figura 4.

Através dos ensaios de caracterização realizados para os ensaios de curta duração, concluiu-se que tanto o material de Sarapuí II quanto o da Bacia de Santos são classificados como argilas de alta compressibilidade (CH) pelo Sistema Unificado de Classificação de Solos (SUCS), o que de fato pôde ser constatado pela consistência mole de ambos os solos. Os resultados de caracterização dos materiais utilizados neste trabalho apresentam-se resumidos na Tabela 1 a seguir:

Tabela 1. Dados de caracterização obtidos com os materiais utilizados no presente trabalho.

Tipo de ensaio	Curta duração		Longa duração
Local do depósito de argila	Sarapuí II (1m)	Bacia de Santos	Sarapuí II (3m)
Referência	Presente trabalho	Presente trabalho	Jannuzzi <i>et al</i> (2015)
Limite de Plasticidade (%)	54	34	40
Limite de Liquidez (%)	171	90	200
Índice de Plasticidade (%)	117	56	160
Densidade real dos Grãos	2,584	2,639	2,550
Fração argila (%)	81	56	72
Fração silte (%)	18	37	27
Fração areia (%)	1	7	1

3 ANÁLISE E APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

3.1 Ensaios de Longa Duração

Os resultados do ensaio de longa duração, apresentados na Tabela 2, mostram que acondicionar as amostras pelo Método C (envolvidas com papel filme de PVC armazenadas em um recipiente plástico fechado) é a maneira que melhor preservou a umidade natural do solo. No entanto, é importante ressaltar que a perda percentual de umidade para este teste é de 19%.

Acondicionar as amostras apenas com papel filme PVC (Método A) e com papel filme de PVC armazenadas em um recipiente plástico furado (Método B), tratando-se de ensaios de longa duração, apresentam as maiores perda de umidade higroscópica.

Tabela 2. Umidade e perda percentual de umidade em cada uma das três distintas maneiras de acondicionar as amostras em câmara climática.

Tempo de Armazenamento (dias)	Umidade (%)		
	Método A	Método B	Método C
0	185	185	185
280	100	85	149
Perda percentual (%)	46	54	19

3.2 Ensaios de curta duração

Os ensaios de curta duração, tanto solo mole de Sarapuí II quanto da amostra de solo do pré-sal da Bacia de Santos apresentaram a mesma tendência nos resultados. Em ambos os materiais, acondicionar as amostras envolvidas em papel filme de PVC armazenadas em um recipiente plástico furado (Método B) e envolvidas em papel filme de PVC armazenadas em um recipiente plástico fechado (Método C) apresentaram os melhores resultados. Já as amostras armazenadas apenas com filme PVC (Método A) apresentaram as maiores perdas de umidade.

A Figura 5 mostra o gráfico da umidade higroscópica medida ao longo do tempo de armazenamento do solo mole de Sarapuí II. Já a Figura 6 mostra a umidade higroscópica ao longo do tempo de armazenamento para a argila da Bacia de Santos.

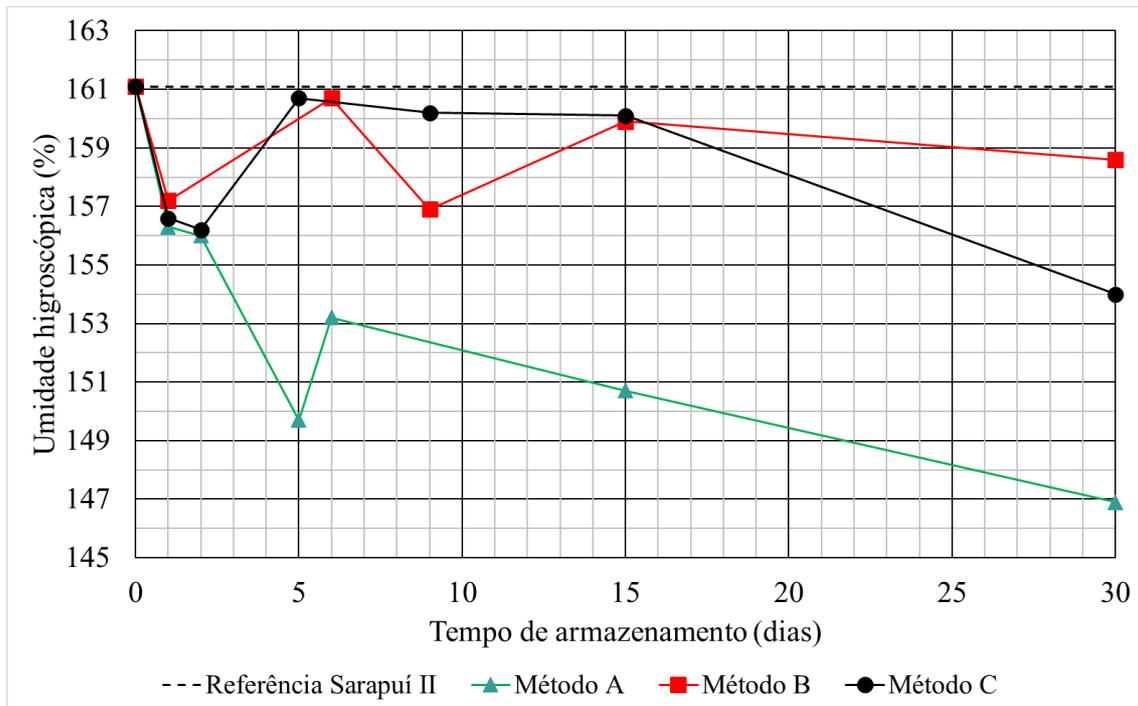


Figura 5. Umidade higroscópica *versus* tempo de armazenamento para a argila mole do Depósito de Sarapuí II.

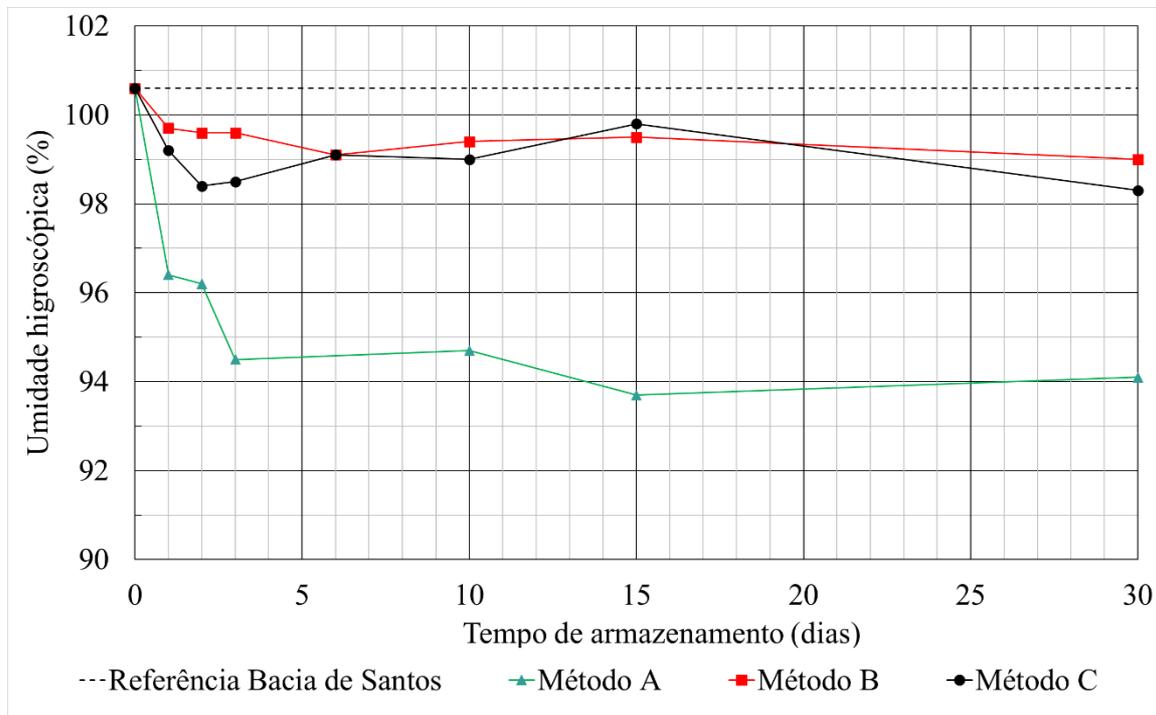


Figura 6. Umidade higroscópica *versus* tempo de armazenamento para a argila da Baía de Santos.

O comportamento esperado era a manutenção da umidade ao longo do tempo. Como pode ser visto nas Figura 5 e Figura 6, houve oscilações nos valores medidos ao longo do tempo. No caso de Sarapuí II, é possível que a oscilação nas determinações de umidade tenha sido provocada pela alta incidência de fragmentos de conchas no material. Alguns pontos foram descartados por estarem nitidamente divergentes do comportamento global observado com o conjunto de dados. Por outro lado, de modo geral, os gráficos também mostram tendência de queda no valor medido da umidade ao longo do tempo, de modo que as pequenas oscilações observadas não comprometeram a avaliação do desempenho dos Métodos A, B e C.

A Figura 5, considerando o método B, pode-se observar, no caso de Sarapuí II, a variação da umidade atingiu uma queda da ordem de 2,6% (de 161,1%, no dia zero; até 158,6% após os 30 dias). Pela Figura 6 observa-se que, para a Bacia de Santos, essa queda se restringiu a cerca de 1,6% (de 100,6%, no dia zero, até 99%, após os 30 dias). Este comportamento está de acordo com o esperado, tendo em vista que a umidade de referência (dia zero) da argila de Sarapuí II ($w=161,1\%$) é consideravelmente maior que a da Bacia de Santos ($w=100,6\%$), de modo que o primeiro solo tende a perder umidade mais facilmente.

Na Figura 7 é apresentada a perda percentual da umidade (módulo da variação de umidade medida dividida pela respectiva umidade de referência) para ambos os materiais. Observa-se que os resultados obtidos são similares para os dois solos estudados, ou seja, conclui-se que independentemente do teor de umidade inicial, Sarapuí II de 161,1% ou Bacia de Santos de 100,6%, a perda percentual da umidade é da mesma ordem de grandeza.

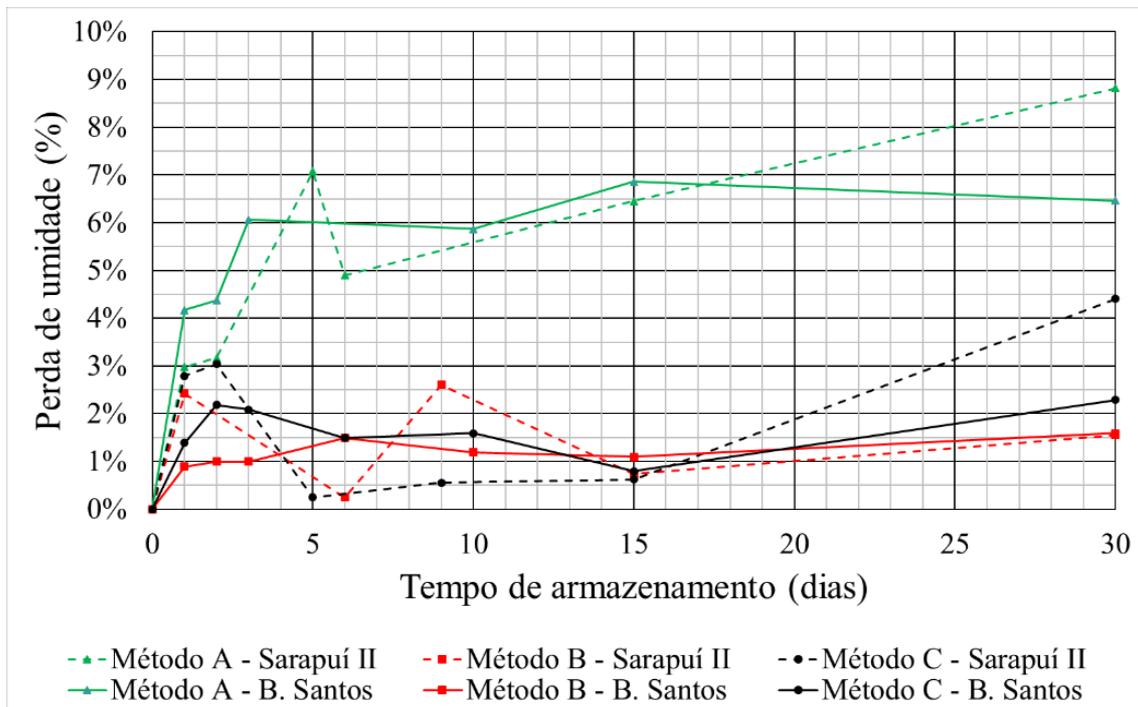


Figura 7. Perda de umidade *versus* tempo de armazenamento para Sarapuí II e Bacia de Santos.

Nos dois casos, o Método A apresentou perdas percentuais da ordem de 6 a 9%, mostrando que armazenar amostras apenas envolvendo-a em filme de PVC é a maneira mais inadequada dentre os métodos analisados. Já os Métodos B e C apresentaram perdas percentuais da ordem de 1 a 2%, até 15 dias, para os dois materiais ensaiados, donde conclui-se que acondicionar as amostras envolvidas em papel filme de PVC armazenadas em um recipiente plástico furado (Método B) ou fechado (Método C) constituem os procedimentos mais adequados para o armazenamento do solo em câmara climática. Já entre 15 e 30 dias, a perda percentual do Método B manteve-se entre 1% e 2% para os dois materiais, já o Método C teve aumento da perda percentual para até 4,5% no solo de Sarapuí II. Pode-se concluir que o Método B foi o mais eficiente para preservar a umidade da amostra. O Instituto Norueguês de Geotecnia (NGI) adota, para os ensaios de tixotropia, uma variação do teor de umidade de no máximo 2% (SHAOLI, 2019). Pode-se concluir que o Método B foi o que atendeu ao requisito de ensaio prescrito pelo NGI de variação máxima da umidade de 2% para o caso do solo da Bacia de Santos.

4 CONCLUSÃO

Foram realizados ensaios em câmara climática para avaliação do desempenho de três métodos de armazenamento de amostras: apenas envolvidas por papel filme de PVC (Método A), envolvidas em papel filme de PVC e armazenadas em um recipiente plástico furado (Método B) e envolvidas em papel filme de

PVC e armazenadas em um recipiente plástico fechado (Método C). Foram avaliadas as eficiências dos métodos, com material argiloso, a curto prazo (até 30 dias) com dois materiais, e a longo prazo (280 dias) em um material.

Observou-se que, quanto maior a umidade higroscópica do solo, maior a perda medida ao longo do tempo, o que de fato era esperado. Já ao analisar a perda percentual das medições ao longo do tempo em relação à umidade de referência, observou-se que os valores nos dois materiais foram similares, apesar de Sarapuí II apresentar umidade de referência consideravelmente maior que a da Bacia de Santos.

No caso dos ensaios de curta duração, acondicionar as amostras envolvidas em papel filme de PVC armazenadas em um recipiente plástico furado (Método B) ou fechado (Método C), mostraram ser os mais adequados para tempo de armazenamento de até 15 dias. Já para tempo entre 15 e 30 dias, o Método B apresentou melhor desempenho. Pode-se concluir que o Método B foi o mais eficiente para preservar a umidade da amostra. Este resultado é especialmente relevante no que diz respeito à realização de ensaios de tixotropia cujo requisito do ensaio é a manutenção do teor de umidade ao longo do tempo.

Em relação aos ensaios de longa duração, cujo período de armazenamento atingiu 9 meses, o Método C apresentou melhor resultado.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a todos os colaboradores que contribuíram para a realização deste trabalho, em especial ao Luís Carlos de Oliveira, técnico da COPPE, pela realização dos ensaios de caracterização e à Petrobras por todo o suporte e confiança desenvolvidas na parceria com o LACI.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2024). *Solos – Preparação de amostras para ensaios de compactação, caracterização e determinação do teor de umidade*. Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- Braga, R.M.Q.L., Pinto, C.S., & Boscov, M.E.G. (2006). *Tixotropia em solos remoldados*. *Solos e Rochas*, 29(2):247-257.
- Burgers, J. M.; Scott Blair, G. W. *Report on the principles of rheological nomenclature*. Joint Committee on Rheology of the International Council of Scientific Unions. Proc. Int. Rheol. Coug. Amsterdam, 1948.
- Jannuzzi, G.M.F. (2009), *Caracterização do depósito de solo mole de Sarapuí II através de ensaios de campo*. Tese de M.Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- Jannuzzi, G. M. F. (2013) *Inovadoras, modernas e tradicionais metodologias para a caracterização geológico- geotécnica da argila mole de Sarapuí II*. Tese de Doutorado, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro.
- Jannuzzi, G.M.F., Danziger, F.A.B. & Martins, I.S.M. (2015). *Geological-geotechnical characterization of Sarapuí II clay*. *Engineering Geology*, 190, 77–86.
- Shaoli, Y. (2019). Comunicação pessoal à Jannuzzi, G. M. F. durante visita técnica ao Instituto Norueguês de Geotecnia.
- Skempton, A.W.; Northey, R.D. *The sensitivity of clays*. *Géotechnique* v.3 n. 1, pp. 30-53, London, 1953.