



## Banco de dados: solos de encostas da Formação Barreiras no Nordeste do Brasil

Larissa Ferreira Gomes de Araújo

Doutoranda, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil, larissa.ferreira@ufpe.br

Luiz Fillipe da Silva Oliveira

Mestrando, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil, luizfillipe.oliveira@ufpe.br

Silvio Romero de Melo Ferreira

Professor, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil, silvio.mferreira@ufpe.br

**RESUMO:** A fim de caracterizar geotecnicaamente solos de encostas da Formação Barreiras no Nordeste brasileiro, este estudo reuniu informações de 70 amostras coletadas em taludes localizados na Paraíba, Pernambuco e Rio Grande do Norte, armazenadas no Banco de Dados de Solos da Formação Barreiras (BANDASF), desenvolvido pelo Grupo de Solos Não Saturados (GÑSat) da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) a partir de uma atividade de pesquisa bibliográfica realizada em diversas classes de documentos acadêmicos. A análise, baseada em estatística descritiva, indicou predominância de solos arenosos (75%) em relação aos argilosos (25%). O peso específico médio foi de 17,02 kN/m<sup>3</sup> e a densidade real dos grãos, 2,66, próxima à do quartzo e da caulinita. Os solos apresentam baixa compressibilidade, com limites de liquidez entre 10% e 50% e IP inferior a 40%. A fração de argila é menor que 60%, cuja atividade varia de baixa a alta. Em termos de resistência ao cisalhamento, a coesão variou entre 4,3 kPa e 384,1 kPa (natural) e 0 a 110 kPa (saturada), enquanto o ângulo de atrito variou de 28° a 44,2° (natural) e de 12,1° a 36° (saturada). Houve significativa redução de coesão com a saturação, com menor impacto sobre o ângulo de atrito.

**PALAVRAS-CHAVE:** BANDASF, Caracterização Geotécnica, Encostas, Solo Não Saturado, Estatística Descritiva, Saturação.

**ABSTRACT:** In order to characterize geotechnically soils from slopes of the Barreiras Formation in Northeastern Brazil, this study gathered information from 70 samples collected from slopes located in Paraíba, Pernambuco and Rio Grande do Norte, stored in the Barreiras Formation Soil Database (BANDASF), developed by the Unsaturated Soils Group (GÑSat) of the Federal University of Pernambuco (UFPE) from a bibliographic research activity carried out in several classes of academic documents. The analysis, based on descriptive statistics, indicated a predominance of sandy soils (75 %) in relation to clayey soils (25%). The average specific gravity was 17.02 kN/m<sup>3</sup> and the real density of the grains was 2.66, close to that of quartz and kaolinite. The soils present low compressibility, with liquidity limits between 10% and 50% and IP below 40%. The clay fraction is less than 60%, whose activity varies from low to high. In terms of shear strength, cohesion varied between 4.3 kPa and 384.1 kPa (natural) and 0 to 110 kPa (saturated), while the friction angle varied from 28° to 44.2° (natural) and from 12.1° to 36° (saturated). There was a significant reduction in cohesion with saturation, with less impact on the friction angle.

**KEYWORDS:** BANDASF, Geotechnical Characterization, Slopes, Unsaturated Soil, Descriptive Statistics, Saturation.

### 1 INTRODUÇÃO

A Formação Barreiras consiste em uma cobertura sedimentar, com camadas intercaladas de argilitos, siltitos, arenitos, com diferentes teores de silte e argila e arenitos conglomeráticos. Ocorre com frequência a presença de camadas enrijecidas com cimentação ferruginosa. Os sedimentos da Formação Barreiras apresentam tonalidades com coloração viva e que variam desde vermelhas, amarelas até brancas. Aflora em uma faixa ao longo de aproximadamente 4000 km no litoral Brasileiro, do Amapá até o Rio de Janeiro, nas



falésias erodidas ao longo das praias, nas vertentes íngremes dos vales e em taludes de cortes de rodovias (Santos Júnior *et al.*, 2015).

Na geotecnia, os solos da Formação Barreiras apresentam características altamente heterogêneas e suscetíveis a processos erosivos e de instabilidade, em contextos urbanos e litorâneos. Sua composição estratificada, com variação de granulometria e grau de cimentação, influencia diretamente no comportamento mecânico dos taludes que os compõem. Na região Nordeste, a vulnerabilidade das áreas ocupadas sobre essa formação é agravada pela combinação entre fatores naturais, como o regime pluviométrico e a ação marinha, e antrópicos, como desmatamento e drenagem inadequada, reforçando a necessidade de estudos geotécnicos detalhados para garantir a segurança da ocupação e a conservação ambiental dessas áreas.

O potencial turístico da região litorânea do Nordeste brasileiro tem passado por uma crescente valorização, com a presença cada vez maior de empreendimentos turísticos e imobiliários nas regiões costeiras e aumento da densidade populacional, principalmente no topo de falésias. No estado do Rio Grande do Norte, por exemplo, encontram-se afloramentos da Formação Barreiras sobre os quais se desenvolvem cidades e obras de infraestrutura, como é o caso de Baía Formosa, Nísia Floresta, Parnamirim e Tibau do Sul, que apresentam tabuleiros costeiros instáveis, onde a ocupação pela indústria turístico-imobiliária intensifica processos erosivos e deslizamentos (Moraes, 2020).

De forma semelhante, o processo de urbanização desordenada tem avançado também sobre as encostas localizadas em áreas urbanas, especialmente em cidades como João Pessoa, capital da Paraíba, e Recife e sua Região Metropolitana, em Pernambuco. Nessas áreas, a ocupação irregular sobre solos da Formação Barreiras contribui para a intensificação dos riscos geotécnicos, uma vez que tais solos, quando submetidos à perda de cobertura vegetal, à alteração do regime de drenagem e à sobrecarga de construções, tendem a apresentar instabilidade e deslizamentos, principalmente durante os períodos chuvosos (Lima, 2002; Silva, 2007).

Diante do exposto, o presente estudo tem como objetivo reunir de forma estruturada a caracterização geotécnica dos solos da Formação Barreiras em encostas localizadas na região Nordeste do Brasil, com ênfase nos estados da Paraíba, Pernambuco e Rio Grande do Norte. Para isso, foram reunidos e analisados dados de 70 amostras armazenadas no Banco de Dados de Solos da Formação Barreiras (BANDASF), a fim de identificar os tipos predominantes de solos em termos de classificação granulométrica, física, parâmetros geotécnicos e avaliar o comportamento desses materiais frente à saturação, visando compreender sua influência nos processos de instabilidade.

## 2 METODOLOGIA

A confecção do Banco de Dados de Solos da Formação Barreiras (BANDASF) é resultante de uma atividade de pesquisa bibliográfica desenvolvida pelo Grupo de Solos Não Saturados (GNSat) da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), a partir da análise de diversas fontes acadêmicas, como artigos científicos, monografias, dissertações, teses, livros, relatórios técnicos e anais de eventos. A busca foi realizada em portais especializados de publicações científicas e acadêmicas, incluindo ResearchGate, SciELO, Google Acadêmico, Periódicos CAPES/MEC, Sistema Integrado de Bibliotecas da UFPE e Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD).

O BANDASF corresponde a um arquivo do *Google Planilhas* armazenado no *Google Drive* (onde também foram organizados e sincronizados os documentos utilizados), que possui informações geotécnicas de solos de encostas da Formação Barreiras, sendo constituído por registros (linhas) e campos (colunas), que correspondem às ocorrências extraídas da literatura existente e às características associadas, tais como: identificação, localização, distribuição granulométrica, índices físicos, limites de consistência e parâmetros de resistência ao cisalhamento. Após a identificação de cada publicação relevante no respectivo portal, os arquivos foram obtidos e armazenados em nuvem, com posterior extração das informações para preenchimento da planilha.

Atualmente, o banco de dados dispõe de 114 registros de solos de encostas situadas na abrangência da Formação Barreiras (regiões Norte, Nordeste e Sudeste), cuja distribuição temporal varia de 2002 a 2024. Para fins deste estudo, foram selecionadas 70 amostras coletadas em taludes localizados na região Nordeste (estados da Paraíba, Pernambuco e Rio Grande do Norte). As informações geotécnicas foram obtidas individualmente, considerando como amostras distintas cada combinação de profundidade (topo, meio e base da encosta) e condição dos ensaios de resistência ao cisalhamento (natural ou inundada), mesmo quando as amostras foram coletadas na mesma localização geográfica.



2 0 2 5

A partir das informações inseridas no BANDASF, oriundas de resultados experimentais disponíveis na literatura, foram aplicadas técnicas de estatística descritiva, como medidas de tendência central e de dispersão, com o objetivo de organizar, sintetizar e interpretar os dados de forma sistemática. Essa abordagem permitiu identificar padrões e variabilidades nos solos analisados, considerando aspectos como composição granulométrica, plasticidade, densidade real dos grãos e resistência ao cisalhamento, além de compreender o comportamento desses materiais frente às condições naturais e de saturação. Tal caracterização representa uma etapa fundamental para subsidiar estudos de estabilidade de encostas, principalmente em áreas urbanas e litorâneas.

Destaca-se que o banco de dados encontra-se em processo contínuo de alimentação e atualização pelo GNSat/UFPE, com a inserção progressiva de novos dados. Embora atualmente restrito ao grupo de pesquisa responsável, almeja-se, em médio prazo, disponibilizá-lo publicamente à comunidade acadêmica por meio de repositórios institucionais e plataformas de ciência aberta. Essa iniciativa tem como objetivo ampliar o acesso às informações compiladas e fomentar pesquisas voltadas à caracterização geotécnica dos solos da Formação Barreiras, especialmente em regiões suscetíveis a processos de instabilidade.

### 3 RESULTADOS E ANÁLISES

O repositório de dados geotécnicos de solos de encostas da Formação Barreiras no Nordeste do Brasil, que compõem este estudo, é formado por 70 amostras que correspondem à 12 referências bibliográficas, 3 estados (Paraíba – PB, Pernambuco – PE e Rio Grande do Norte – RN) e 7 cidades (João Pessoa – PB, Camaragibe – PE, Recife – PE, Baía Formosa – RN, Barra de Tabatinga – RN, Parnamirim – RN, Tibau do Sul – RN). Cada amostra está associada a um par de coesão e ângulo de atrito (parâmetros de resistência ao cisalhamento). A tabela 1 apresenta o quantitativo de amostras por estado e as referências utilizadas.

Tabela 1. Quantitativo de amostras por estado e referências utilizadas.

Estado	Nº de amostras	Referência
Paraíba	10	Bezerra (2018)
Pernambuco	38	Lima (2002); Silva (2007); Souza (2014); Santos (2016); Santos (2018); Guimarães <i>et al.</i> (2024)
Rio Grande do Norte	22	Barbosa (2007); Santos Júnior <i>et al.</i> (2008); Severo (2011); Souza Júnior (2013); Morais (2020)

De acordo com o Sistema Unificado de Classificação dos Solos (SUCS), as amostras analisadas apresentam a seguinte distribuição: 34,02% são classificadas como SC (areia argilosa); 25% como CL (argila inorgânica de baixa compressibilidade); 13,93% como SM (areia siltosa); 12,30% como SM-SC (areia siltosa com argila); 7,38% como SP (areia mal graduada); 4,92% como SW-SM (areia bem graduada com silte) e 2,46% como SC-SM (areia argilosa com silte).

Nas camadas de topo das encostas, predominam os solos SC e CL, ambos com 26,37%. Já nas camadas intermediárias e de base, observa-se o predomínio de areia argilosa (SC), que representa 48,15% e 27,78% das amostras, respectivamente. Considerando a distribuição por estado, na Paraíba há equilíbrio entre as classes SC-SM (33,33%), SM (33,33%) e SM-SC (33,33%). Em Pernambuco, a maioria das amostras é SC (51,39%), seguida por CL (39,58%) e SM (9,03%). No Rio Grande do Norte, destacam-se as classes SP (28,12%) e SM-SC (28,12%), seguidas por SM (14,06%), SC (14,06%) e CL (6,25%).

De um modo geral, identificou-se uma predominância de solos de textura arenosa (75%) em relação aos argilosos (25%), indicando uma composição da Formação Barreiras essencialmente areno-argilosa para a região estudada, onde as camadas mais arenosas são suscetíveis à erosão pronunciada e aquelas mais argilosas são passíveis de deslizamentos. A Figura 1a apresenta a faixa granulométrica dos solos analisados. Observa-se no estado da Paraíba (Figura 1b) uma textura predominantemente granular, enquanto nos estados de Pernambuco e Rio Grande do Norte (Figura 1c e 1d) a textura varia de granular a fina.

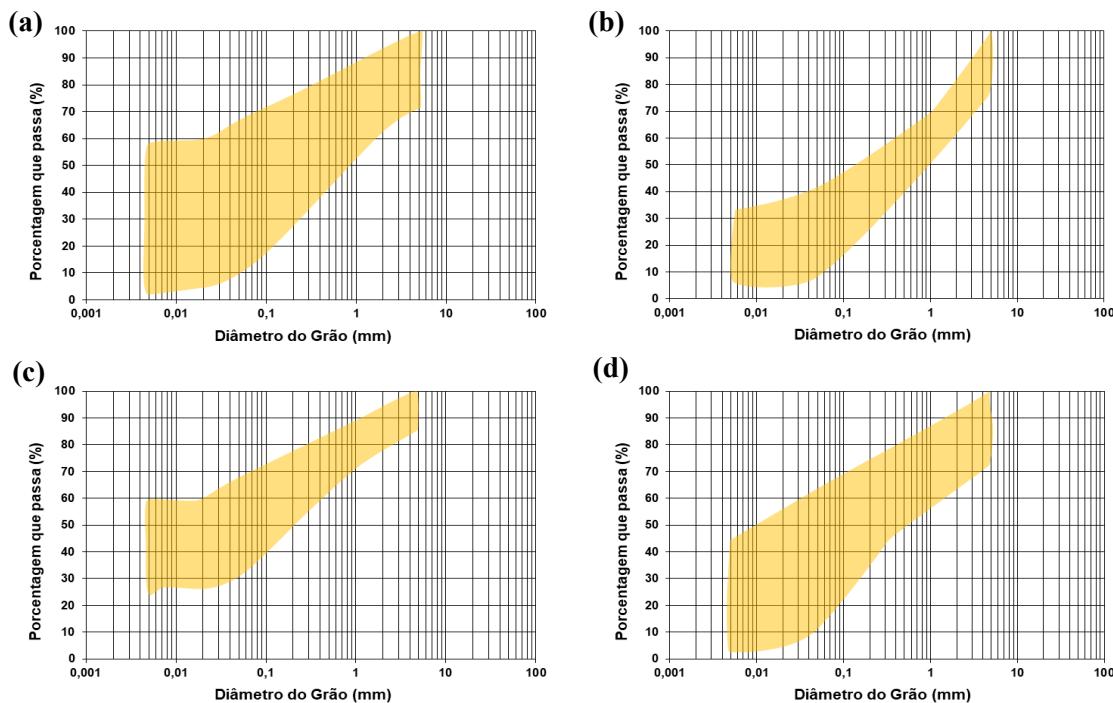


Figura 1. Faixa granulométrica de solos de encostas da Formação Barreiras no Nordeste do Brasil: (a) Todos os estados analisados; (b) Paraíba; (c) Pernambuco; (d) Rio Grande do Norte.

A Tabela 2 apresenta a estatística descritiva de índices físicos dos solos da Formação Barreiras do Nordeste por posição na encosta. Considerando o universo de todas as amostras (posição “Geral”), o peso específico médio ( $\gamma_{nat}$ ) verificado foi de  $17,02 \text{ kN/m}^3$ , com uma densidade real dos grãos média ( $G_s$ ) de 2,66, próxima a do quartzo (2,65) e da caulinita ( $2,65 \pm 0,02$ ). O índice de vazios médio ( $e$ ) foi de 0,67 e a umidade média ( $w$ ) observada foi de 11,80%, variando de 0,44% a 32,10%, o que evidencia a heterogeneidade de condições de umidade nas amostras analisadas. A baixa variabilidade da densidade real dos grãos (desvio-padrão de 0,02) confirma a predominância de minerais de composição semelhante, enquanto a maior dispersão observada na umidade e no índice de vazios reflete a influência de fatores como profundidade, grau de intemperismo e condições locais de drenagem. Ressalta-se ainda que a umidade está diretamente relacionada ao período em que a amostra foi coletada.

Analizando a distribuição dos índices físicos ao longo do perfil da encosta (base, meio e topo), observa-se que o peso específico natural médio diminui da base ( $17,80 \text{ kN/m}^3$ ) para o topo ( $16,20 \text{ kN/m}^3$ ), acompanhado pelo aumento do índice de vazios (de 0,50 na base para 0,84 no topo). Essa tendência indica solos mais sujeitos ao intemperismo nas camadas superiores. A umidade também se eleva em direção ao topo, passando de 9,31% na base para 13,50% no topo, o que pode estar associado a uma maior permeabilidade. Por outro lado, a densidade real dos grãos permanece praticamente constante em todas as posições (média de 2,66), reforçando a uniformidade mineralógica dos maciços. Esses resultados evidenciam a importância de se considerar a variação vertical dos índices físicos em estudos de estabilidade de encostas na Formação Barreiras.



Tabela 2. Estatística descritiva de índices físicos dos solos da Formação Barreiras do Nordeste por posição na encosta.

Medida estatística	Posição	Índices físicos			
		$\gamma_{nat}$ (kN/m <sup>3</sup> )	e	Gs	w (%)
Média	Geral	17,00	0,67	2,66	11,80
	Base	17,80	0,50	2,66	9,31
	Meio	16,90	0,65	2,68	12,60
	Topo	16,20	0,84	2,66	13,50
	Geral	1,14	0,24	0,02	7,46
Desvio-padrão	Base	1,13	0,09	0,02	6,59
	Meio	0,67	0,16	0,01	7,89
	Topo	1,02	0,26	0,02	7,30
	Geral	14,60	0,27	2,60	0,44
	Base	14,60	0,27	2,60	1,02
Mínimo	Meio	16,00	0,41	2,66	0,44
	Topo	14,60	0,32	2,64	0,53
	Geral	20,00	2,01	2,69	32,10
	Base	20,00	0,67	2,69	22,80
	Meio	19,20	0,93	2,69	32,10
Máximo	Topo	18,00	2,01	2,68	27,40

Os solos de encostas da Formação Barreiras analisados possuem fração de argila inferior a 60% (Figura 2a), cuja atividade varia de baixa a alta, de acordo com Skempton (1953), indicando predominância de materiais silto-argilosos com grau variável de intemperismo. Os valores de limite de liquidez (LL) e índice de plasticidade (IP) das amostras estão situados no entorno da Linha A e à esquerda da Linha B da Carta de Plasticidade, onde  $IP < 40\%$  e  $10\% < LL < 50\%$ , apresentando baixa compressibilidade (Figura 2b).

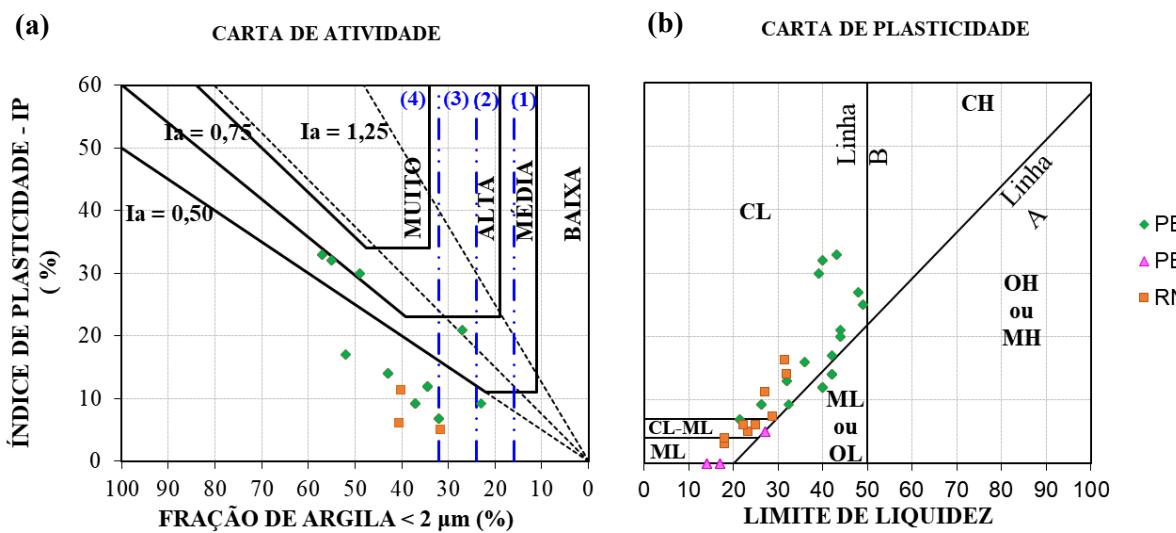


Figura 2. (a) Carta de atividade. (b) Carta de plasticidade.

A análise discriminada por estado evidencia as diferenças entre as amostras. Em Pernambuco, os solos apresentam maior variabilidade, com a atividade variando de baixa a alta, onde  $10\% < IP < 40\%$  e  $20\% < LL < 50\%$ , sendo os finos dos solos classificados principalmente como CL, ML e CL-ML. No Rio Grande do



Norte, a fração fina enquadra-se nas mesmas classes, porém com  $IP < 20\%$ ,  $15\% < LL < 35\%$ , apresentando atividade baixa. Já na Paraíba, os finos concentram-se nas classes ML, CL-ML, com índices de plasticidade muito baixos ( $IP < 10\%$ ) e  $10\% < LL < 30\%$ , além de atividade muito baixa ou nula. Essas diferenças estão associadas a distintos graus de intemperismo e à natureza dos materiais de origem.

A análise geral dos parâmetros de resistência ao cisalhamento, a partir de resultados de ensaios de cisalhamento direto nas condições natural e inundada, indicou que os valores de coesão ( $c$ ) apresentaram ampla variação, destacando a influência da umidade (Figura 3a). Na condição natural, a coesão média foi de 37,1 kPa, com mínimo de 4,3 kPa, máximo de 384,1 kPa e desvio-padrão de 51,2 kPa, onde a ocorrência de pontos com valores muito elevados possivelmente estão associados a materiais lateríticos ou cimentação residual ainda preservada. Essa amplitude também é explicada pelos diferentes teores de água observados nas próprias amostras no estado natural. Na condição inundada, a coesão média caiu para 9,43 kPa (mínimo de 0 kPa, máximo de 110 kPa e desvio-padrão de 13,4 kPa), evidenciando a perda expressiva em função da redução da sucção matricial.

Em relação ao ângulo de atrito ( $\phi$ ), Figura 3b, os valores médios foram relativamente estáveis entre as condições:  $33,8^\circ$  (natural) e  $31,0^\circ$  (inundada). O valor máximo do ângulo de atrito ( $44,2^\circ$ ) ocorreu em amostras naturais, enquanto em condição inundada o máximo foi  $36^\circ$ , mostrando leve redução nos valores extremos. O valor mínimo também decaiu de  $28^\circ$  (natural) para  $12,1^\circ$  (inundada). Os desvios-padrão para as condições natural e inundada, foram  $4,24^\circ$  e  $4,06^\circ$ , respectivamente. Dessa forma, houve significativa redução de coesão com a saturação, com menor impacto sobre o ângulo de atrito, confirmando menor sensibilidade desse parâmetro às variações de umidade.

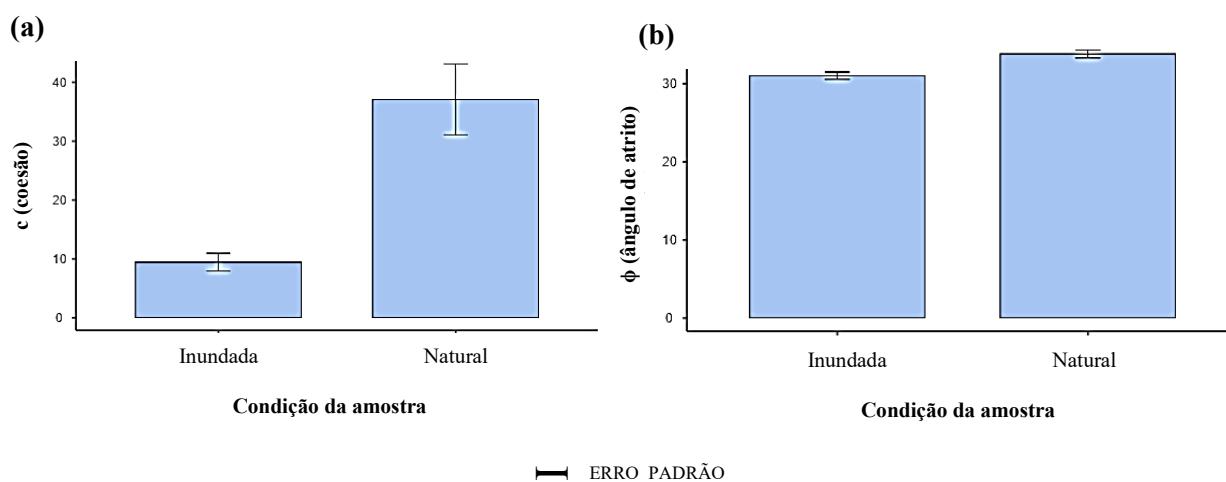


Figura 3. Parâmetros de resistência ao cisalhamento do solo em diferentes condições da amostra (inundada e natural): (a) Valores médios de coesão ( $c$ ); (b) Valores médios do ângulo de atrito ( $\phi$ ).

As barras de erro apresentadas na Figura 3 representam o erro padrão da média, o que permite visualizar a variabilidade da estimativa da média para cada condição, dada pela razão entre o desvio-padrão e a raiz do número de amostras. Apesar da grande dispersão dos dados brutos, especialmente nos valores de coesão na condição natural, a estimativa da média apresenta menor incerteza, refletida nas barras de erro relativamente estreitas. Isso indica que, mesmo com variabilidade individual elevada, as médias calculadas são estatisticamente representativas, reforçando a tendência de queda acentuada da coesão em condição inundada e a estabilidade relativa do ângulo de atrito.

A posição da amostra na encosta também influenciou os resultados: tanto na base quanto no meio e topo, a coesão média foi substancialmente menor na condição inundada (Figura 4a). Para a base da encosta, a coesão média foi de 44,9 kPa (natural) a 12,9 kPa (inundada); no meio, de 37,2 kPa (natural) a 5,18 kPa (inundada); e no topo, de 31,3 kPa (natural) a 9,42 kPa (inundada). Assim, há redução de 60% a 80% na coesão média quando a amostra se encontra saturada. O gráfico referente ao ângulo de atrito ( $\phi$ ), Figura 4b, mostra que os valores médios foram semelhantes entre as condições de umidade (mínimo de  $30,2^\circ$  para a base, na condição inundada; máximo de  $36^\circ$  para o meio, na condição natural).

A dispersão dos dados, expressa pelo desvio-padrão, foi mais acentuada para a coesão natural, chegando a 84,1 kPa na base, com variação significativa entre as posições na encosta, evidenciando a



heterogeneidade das camadas dos solos. Para o ângulo de atrito, os desvios-padrão foram modestos, inferiores a  $6,1^\circ$  para amostras inundadas e a  $5,6^\circ$  para naturais, apresentando variações menos claras em função da posição e refletindo que a resistência por atrito interno depende mais da estrutura granular e menos da succção, mantendo-se relativamente estável mesmo sob saturação. Observa-se ainda maior erro padrão na coesão da base em condição natural, refletindo alta variabilidade dos dados, possivelmente associada à presença de materiais mais heterogêneos, como solos lateríticos ou blocos parcialmente cimentados. Para o ângulo de atrito, os erros foram baixos e relativamente constantes entre as condições.

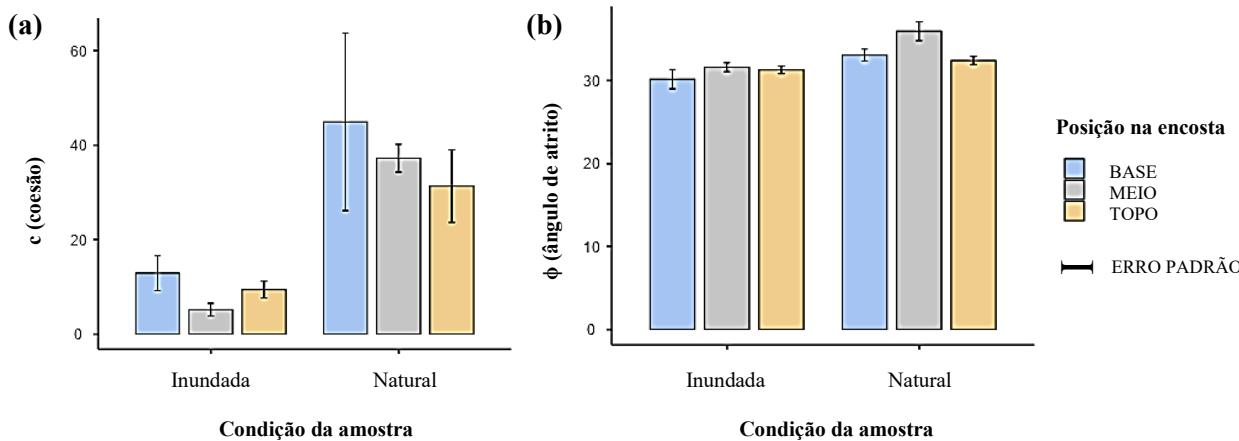


Figura 4. Parâmetros de resistência ao cisalhamento do solo em diferentes condições da amostra (inundada e natural) e posições na encosta (base, meio e topo): (a) Valores médios de coesão (c); (b) Valores médios do ângulo de atrito ( $\phi$ ).

#### 4 CONCLUSÃO

A partir da organização e análise dos dados reunidos no Banco de Dados de Solos da Formação Barreiras (BANDASF), este estudo permitiu caracterizar os principais índices físicos e parâmetros de resistência ao cisalhamento de solos de encostas da Formação Barreiras na região Nordeste do Brasil, localizados nos estados da Paraíba, Pernambuco e Rio Grande do Norte.

Verificou-se predominância de solos arenosos (75%) em relação aos argilosos (25%), com classificações principais SC (34,02%), CL (25%), SM (13,93%) e SM-SC (12,30%), de acordo com o Sistema Unificado de Classificação dos Solos (SUCS). Os índices físicos médios mostraram peso específico natural ( $\gamma_{nat}$ ) de  $17,02 \text{ kN/m}^3$ , índice de vazios (e) de 0,67, umidade natural (w) de 11,80% e densidade real dos grãos (Gs) de 2,66. A variação vertical, considerando os valores médios ao longo do perfil da encosta, revelou solos com estrutura mais compacta na base ( $\gamma_{nat} = 17,80 \text{ kN/m}^3$ ; e = 0,50) e com mais vazios no topo ( $\gamma_{nat} = 16,20 \text{ kN/m}^3$ ; e = 0,84).

Os finos dos solos apresentaram plasticidade e atividade variáveis, refletindo o grau de intemperismo e a diversidade litológica típica da Formação Barreiras. A fração de argila inferior a 60% apresentou atividade entre baixa e alta, com limites de liquidez variando de 10% a 50% e índice de plasticidade inferior a 40%, indicando solos de baixa compressibilidade. Em termos de resistência ao cisalhamento, a coesão variou amplamente: de 4,3 kPa a 384,1 kPa na condição natural (média de 37,1 kPa) e de 0 a 110 kPa na condição inundada (média de 9,43 kPa), com redução de 60% a 80% devido a saturação. Já o ângulo de atrito manteve-se mais estável, com uma variação de  $28^\circ$  a  $44,2^\circ$  (média de  $33,8^\circ$ ) na condição natural e de  $12,1^\circ$  a  $36^\circ$  (média de  $31,0^\circ$ ) na condição saturada.

Esses resultados ressaltam a influência significativa da saturação sobre a coesão, enquanto o ângulo de atrito mostrou-se menos sensível às variações de umidade. A heterogeneidade observada entre as camadas do perfil das encostas (base, meio e topo) evidencia a importância de se considerar a variação vertical de parâmetros geotécnicos em estudos de estabilidade, visto que a posição da amostra teve impacto nos valores obtidos. Assim, o banco de dados apresentado mostra-se como ferramenta de suporte para projetos de engenharia, planejamento urbano e estratégias de mitigação de riscos em áreas ocupadas sobre a Formação Barreiras, especialmente em encostas costeiras e urbanas sujeitas a fortes regimes pluviométricos e ocupações irregulares.



## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio ao projeto com processo nº 408102/2023-3.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barbosa, N. M. (2007) *Estabilidade das Falésias da Barreira do Inferno - RN*. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 131 p.
- Bezerra, J. M. B. (2018) *Caracterização da Formação Barreiras da cidade de João Pessoa com base em sondagens SPT e estudo geotécnico de uma encosta com alto risco de deslizamento*. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, 169 p.
- Guimarães, L. J. N. et al. (2024) *Geotecnia: Avaliar a influência da infiltração de água no perfil do solo e suas consequências na estabilidade das encostas, probabilidade de deslizamento e de risco*. Seminário de acompanhamento final do Edital FACEPE/SECTI nº21/2022 – Apoio a Projetos de Prevenção, Preparação e Mitigação de Desastres Decorrentes de Precipitações Intensas. Recife, p. 100-133.
- Lima, A. F. (2002) *Comportamento geomecânico e análise de estabilidade de uma encosta da Formação Barreiras na área urbana da cidade do Recife*. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, 204 p.
- Morais, A. D. (2020) *Propriedades geotécnicas de sedimentos da formação barreiras e análise de estabilidade de falésias considerando a condição não saturada: estudo de caso em Barra de Tabatinga/RN*. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 155 p.
- Santos, Y. R. P. (2016) *Comportamento e melhoramento de solos compactados para aplicação em obras de engenharia civil*. Trabalho de Conclusão de Curso, Centro Acadêmico do Agreste, Núcleo de Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, 78 p.
- Santos, A. N. (2018) *Estudos geotécnicos e análise de estabilidade de duas encostas localizadas no Ibura no município de Recife-PE*. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, 164 p.
- Santos Júnior, O. F. et al. (2008) Processo de instabilização em falésias: estudo de um caso no Nordeste do Brasil. *Revista Luso-Brasileira de Geotecnia*, 114 (8), p.71-90.
- Santos Júnior, O. F. et al. (2015) Propriedades Geotécnicas dos Sedimentos da Formação Barreiras no Litoral do Rio Grande do Norte. *Geotecnia (Lisboa)*, v. 134, p. 87-108.
- Severo, R. N. F. (2011) *Caracterização geotécnica da falésia da Ponta do Pirambu em Tibau do Sul-RN, considerando a influência do comportamento dos solos nos estados indeformado e cimentado artificialmente*. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, 228 p.
- Silva, M. M. (2007) *Estudo geológico - geotécnico de uma encosta com problemas de instabilidade no município de Camaragibe - PE*. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, 436 p.
- Souza, A. P. (2014) *Estudos geotécnicos e de estabilidade de taludes da encosta do Alto do Padre Cícero no município de Camaragibe-PE*. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, 177 p.
- Souza Júnior, C. (2013) *Análise de estabilidade de falésias na zona costeira de Baía Formosa - RN*. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 141 p.