

# REVISÃO SOBRE CARACTERÍSTICAS E COMPORTAMENTO DE SOLOS EXPANSIVOS EM RODOVIAS

**Luiza Santos Giron Margalho**<sup>1</sup>; Felipe Costa Albuquerque<sup>2</sup>, Paulo César Burgos<sup>3</sup>, Leonardo Borges Macahado<sup>4</sup>, Marianna Luna Sousa Rivetti<sup>5</sup>, Larissa da Silva Paes Cardoso<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Graduanda em Engenharia Civil; Iniciação científica – EMBRAPAII; luizamargalho@gmail.com

<sup>2</sup> Engenheiro Civil; Bolsista; PD&I – Nível 3 – EMBRAPAII; felipe.albuquerque@fbter.org.br

<sup>3</sup> Engenheiro Civil; Bolsista; Especialista visitante (EV) – Nível 2 – EMBRAPAII; paulo.burgos@fbter.org.br

<sup>4</sup> Engenheiro Civil; VIABAHIA; Salvador-BA; leonardo.borges@viabahiasa.com.br

<sup>5</sup> Engenheira Civil; Centro Universitário SENAI CIMATEC; Salvador-BA; marianna.rivetti@fiieb.org.br

<sup>6</sup> Engenheira Civil; Centro Universitário SENAI CIMATEC; Salvador-BA; larissa.paes@fiieb.org.br

## RESUMO

Solos expansivos ocasionam diversos problemas técnicos durante a implantação e operação de pavimentos rodoviários, devido a sua grande instabilidade frente à variação de umidade. Nesse contexto, esse trabalho apresenta uma revisão bibliográfica sobre o estudo do comportamento e características dos solos expansivos em rodovias com o objetivo de compreender os fatores que contribuem para o fenômeno de expansividade destes, a fim de subsidiar a tomada de ações remediadoras. A revisão foi realizada através plataforma Derwent Innovation, utilizando, para tal, palavras-chave e conectores booleanos como descritores. A maioria dos artigos encontrados trata sobre o monitoramento do comportamento desses solos em rodovias, no entanto, há poucos estudos que proponham um modelo reduzido que possa auxiliar na compreensão desse comportamento.

**PALAVRAS-CHAVE:** Solos expansivos; Rodovias; Características; Comportamento.

## 1. INTRODUÇÃO

Os solos expansivos têm um comportamento bem característico devido ao ciclo de expansão e retração que ocorre com a variação da presença de água. Segundo Simões (2006) *apud* Borges (2017), o fenômeno de expansão dos solos é muito complexo, envolvendo um conjunto de fatores que influenciam e interagem entre si, tais como composição dos argilominerais e fatores ambientais, como clima da região, natureza do fluido, grau de saturação do solo, etc.<sup>1</sup> Nesse contexto, solos expansivos ocasionam sérios problemas técnicos durante a implantação e operação de obras de engenharia, em especial em pavimentos rodoviários, devido a sua grande instabilidade frente a variação de umidade. No Brasil existe uma bacia sedimentar importante, chamada Bacia do Recôncavo, que é constituída por solos altamente expansivos chamados popularmente de massapê. A presença de solos expansivos em obras rodoviárias está intimamente ligada a deformações, provocando diversos danos à pista e aos taludes de corte e aterro, estabelecendo redução do nível de conforto e significativo aumento de necessidade de manutenção, o qual demanda maiores investimentos. Conforme Miller (1992) *apud* Borges (2017), no mundo, os gastos com essa série de problemas chegam à ordem de bilhões de dólares.<sup>1</sup> Portanto, a compreensão dos fatores que contribuem para o fenômeno de expansividade destes solos é de grande importância a fim de subsidiar a tomada de ações remediadoras. Existe também a necessidade do desenvolvimento de tecnologias que possibilitem melhorias na manutenção das estradas apoiadas sobre esses solos.

Este trabalho visa realizar uma revisão bibliográfica dos trabalhos relacionados às características e comportamento de solos expansivos aplicados em obras rodoviárias, a fim de melhor compreender os fatores que contribuem para o fenômeno de expansividade destes.

## 2. METODOLOGIA

Visando a identificação dos trabalhos relacionados às características e comportamento de solos expansivos aplicados em obras rodoviárias, foi realizada uma prospecção, nos últimos 45 anos, através plataforma Derwent Innovation. O descritor de busca adotado para o levantamento de dados foi o “Expansive soil” AND Behaviour AND Moisture AND Pavement. Isso foi feito com o objetivo de direcionar mais os resultados para o objeto de estudo. O operador lógico AND proporciona resultados que obrigatoriamente contenham esses descritores no mesmo documento, independentemente da quantidade de palavras que possam existir entre elas. Foi utilizado as aspas (“ ”) para a busca de palavras da forma exata como está escrita (“Expansive soil”), sem que possam existir outras palavras entre elas em qualquer campo. Após a leitura dos títulos e resumos, os arquivos que tinham um maior direcionamento com o tema de pesquisa foram identificados, sendo realizado o download

e leitura completa. A importação das informações e análise dos títulos e resumos foi realizada através plataforma Derwent Innovation.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com a realização da prospecção de trabalhos descrita na metodologia, a quantidade de artigos encontrados com o descritor informado foi de 38. Destes artigos, após a exclusão dos que não tinham haver com o objetivo do trabalho, os 10 artigos mais relevantes foram destacados na Tabela 1.

Tabela 1 – Pesquisas sobre características e comportamento de solos expansivos aplicados em obras rodoviárias.

Ensaio geotécnicos realizados	Parâmetros para avaliação do desempenho	Abordagem metodológica	Resultados Principais	*Ref.
Caracterização, Limites de Consistência e Pressão de Expansão	Irregularidade Longitudinal de Pavimento (IRI), Deflexão Característica (Dc)	Ensaio geotécnicos e dados de monitoramento da condição do pavimento	Necessidade de novos padrões de desempenho que possam ser cumpridos para o caso em que a rodovia está assentada sob solos expansivos.	2
Radar de penetração no solo ou georadar (GPR), Deflectômetro de queda de peso (FWD), trincheiras, cone de penetração dinâmica (DCP)	Irregularidade Longitudinal de Pavimento (IRI), Relação atual de manutenção (PSR)	Ensaio geotécnicos destrutivos e não destrutivos	Propostas de soluções para os problemas encontrados na rodovia.	3
Caracterização, limites de consistência e ensaios de compactação proctor normal	Limites de Atterberg, Optimum lime content (OLC), máxima densidade seca (Mdd)	Ensaio geotécnicos com amostras antes e após a estabilização com cal e para verificação do efeito da estabilização sob condições cíclicas	Análise do comportamento das amostras estabilizadas de acordo com a porcentagem de cal.	4
Caracterização e limites de consistência, pressão de expansão e expansão livre	Limites de Atterberg	Estudo das características dos solos expansivos e revisão de ensaios e métodos de estabilização e métodos construtivos existentes.	Necessidade de adequação de alguns métodos já utilizados para melhor desempenho das rodovias em solos expansivos.	5
Caracterização e limites de consistência, pressão de expansão e expansão livre e Deflectômetro de queda de peso (FWD)	Irregularidade Longitudinal de Pavimento (IRI), Deflexão Característica (Dc)	Estudo dos os efeitos do massapê na rodovia BR-324, avaliando-se os impactos no parâmetro funcional de irregularidade longitudinal através do IRI e no parâmetro estrutural da deflexão característica	Necessidade de um aprofundamento nos estudos dos solos expansivos para a sua maior compreensão e a fim de buscar soluções econômicas viáveis para a sua manutenção.	1
Caracterização, compactação, CBR, compressão simples e tensão de expansão	Índice de plasticidade, limite de liquidez, Índice de suporte Califórnia (ISC ou CBR) e ph	Ensaio laboratoriais com diferentes porcentagens de cal para estabilização e avaliação do desempenho de cada mistura	Melhoria na capacidade de suporte do solo e redução do seu potencial de expansão e possibilidade de utilização da cal para estabilização do massapê.	6

Ensaio geotécnicos realizados	Parâmetros para avaliação do desempenho	Abordagem metodológica	Resultados Principais	*Ref.
Sucção do solo através de psicrômetros termopares, tensiômetros, papel filtro, limites de consistência, limites de retração, difratometria de raio X, ensaios de expansão e medidas de sucção.	Limites de Atterberg e Curva característica dos solos	Análise dos ensaios realizados para a caracterização dos solos, assim como dos principais problemas ocasionados	Necessidade da compreensão do comportamento dos solos expansivos.	7
Psicrômetros termopares e papel filtro	Índice de sucção	Análise da pressão de sucção do solo e cálculo da expansão do solo	Necessidade de simplificação de métodos para análise de sucção do solo.	8
Caracterização (peneiramento e sedimentação), ph, fotômetro de chama, espectroscopia de absorção atômica, difratometria de raio x	COLE (coeficiente de extensibilidade linear), soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica total (CTC), saturação por bases (V%) e percentagem de saturação por sódio (PST)	Caracterização morfológica, física, química, mineralógica e micromorfológicamente e de Vertissolos da região nordeste do Brasil	Os solos classificados possuem distintos potenciais de expansão e contração, a mineralogia foi influenciada pelo material de origem.	9
Adsorção de azul de metileno	Superfície específica, classificação MCT (miniatura, compactado e tropical)	Ensaio de adsorção de azul de metileno para a determinação da superfície específica e caracterização do solo utilizando diversas amostras	Necessidade de especificações para uma melhor caracterização dos solos tropicais através da adsorção de azul de metileno.	10

Fonte: Própria.

A partir dos trabalhos selecionados mais relacionados com o tema da pesquisa, observa-se que a análise do comportamento dos solos expansivos é realizada através de diversos ensaios e parâmetros, dentre os quais é possível destacar os ensaios de caracterização e de limites de liquidez e os parâmetros de Irregularidade Longitudinal de Pavimento (IRI) e de Deflexão Característica (DC), que são essenciais para a análise dos solos e das rodovias. Apesar do desenvolvimento crescente de pesquisas acerca desses temas, ainda há necessidade de compreender melhor os solos expansivos e seus impactos na pavimentação, assim como a necessidade de parâmetros e especificações mais adequados ao comportamento desse material e de modelos reduzidos para auxiliar na compreensão desse comportamento.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após a análise dos trabalhos obtidos através dessa pesquisa é possível verificar que ainda há a necessidade do aprofundamento dos estudos em relação ao comportamento e características dos solos expansivos. Também há necessidade de identificação de parâmetros mais adequados e modelos reduzidos para auxiliar na compreensão do comportamento desses solos peculiares.

#### Agradecimentos

Agradeço ao SENAI CIMATEC e a VIABAHIA pelo apoio financeiro por meio do Programa de Recursos EMBRAPPII.

Ao Núcleo de Propriedade Intelectual (NPI) do SENAI CIMATEC pelo auxílio durante a pesquisa de anterioridade.

A Leonardo Machado Borges pelo fornecimento de materiais para a pesquisa.

A orientadora Larissa da Silva Paes Cardoso e a Marianna Luna Souza Rivetti pela oportunidade de participar do desenvolvimento deste projeto e ao professor Paulo César Burgos e a Felipe Costa Albuquerque por todo o apoio e auxílio durante o desenvolvimento deste estudo.

## 5. REFERÊNCIAS

- <sup>1</sup> BORGES, Leonardo Machado. **Massapê: Impactos nas Condições Funcionais e Estruturais do Pavimento da BR-324, Trecho entre Salvador e Feira de Santana.** 2017. Monografia (Especialização em Pavimentação) — Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2017.
- <sup>2</sup> CUERVO, J. C. et.al. **Massapê: item de desequilíbrio na manutenção rodoviária: o caso da rodovia BR-324/BA.** Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento, São Paulo, ano 02, v. 15, p. 149-162, fev. 2017.
- <sup>3</sup> CHEN, D. H.; SCULLION, T.; HONG, F.; LEE, J. L. Pavement Swelling and Heaving at State Highway 6. **Journal Of Performance Of Constructed Facilities**, Reston, v. 26, n. 3, p. 335-344, jun. 2012. Disponível em: <https://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%29CF.1943-5509.0000237>. Acesso em: 14 fev. 2020.
- <sup>4</sup> AL-TAIE, A. et al. Swell-shrink Cycles of Lime Stabilized Expansive Subgrade. **Procedia Engineering**, [s. l.], v. 143, p. 615-622, 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705816305239>. Acesso em: 14 fev. 2020.
- <sup>5</sup> SNETHEN, D. R. et al. **A review of engineering experiences with expansive soils in highway subgrades.** Washington: Federal Highway Administration, 1975.
- <sup>6</sup> PAIVA, S. C. de. et al. Propriedades geotécnicas de um solo expansivo tratado com cal. **Matéria**, Rio de Janeiro, v. 21, n. 2, p. 437-449, 2016.
- <sup>7</sup> JONES, L. D.; JEFERSON, I. Chapter C5 – Expansive soils. **Institution of Civil Engineers Manuals Series**, Londres, 2012.
- <sup>8</sup> MCKEEN, R. G.; HAMBERG, D. J. Characterization of Expansive Soils. **Transportation Research Record**, Washington, n. 790, p. 73-78, 1981.
- <sup>9</sup> LIMA, G. K. **Caracterização de vertissolos do nordeste brasileiro.** 2014. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) — Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2014.
- <sup>10</sup> Fabbri, G. T. P. **Caracterização da fração fina de solos tropicais através da adsorção de azul de metileno.** 1994. Tese (Doutorado em Transportes) — Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.