



DOCUMENTO TÉCNICO

EMITENTE

PREFEITURA MUNICIPAL DA ESTÂNCIA DE SOCORRO - SP

EMPREENDIMENTO

ESTRADA MUNICIPAL DO BAIRRO DOS MOQUENS/MORAES - SCR-188

TRECHO

km 0,000 ao km 8,421

TÍTULO

RELATÓRIO GEOLÓGICO COMO SUPORTE PARA AS FUNDAÇÕES DAS GALERIAS

ELABORAÇÃO	RESP. TÉCNICO	VERIFICAÇÃO	LIBERAÇÃO DO DER	APROVAÇÃO DER
Viviane M. A. da Silva	Viviane M. A. da Silva			

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

DOCUMENTOS RESULTANTES

OBSERVAÇÕES

REVISÃO	DATA	RESP. TÉCNICO	VERIFICAÇÃO	LIBERAÇÃO	APROVAÇÃO
A1	20/01/2026	Viviane M. A. da Silva			



DOCUMENTO TÉCNICO

**ÍNDICE**

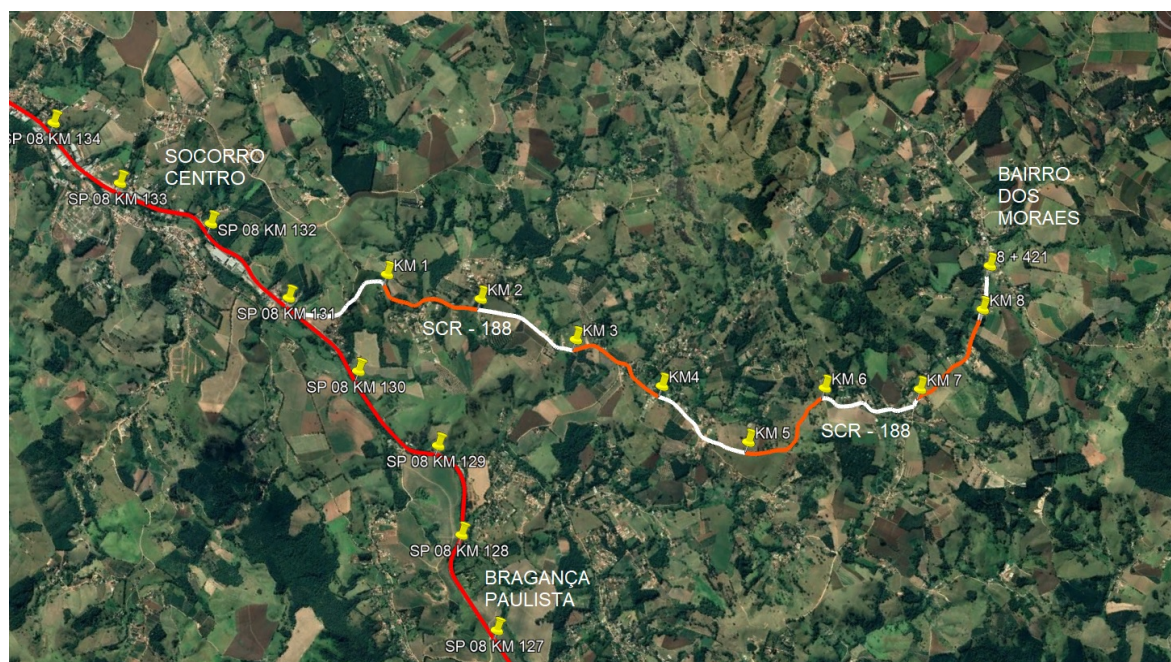
1	INTRODUÇÃO .....	3
2	BREVE CARACTERIZAÇÃO GERAL .....	4
2.1	USO E OCUPAÇÃO ANTRÓPICO DA ÁREA .....	5
2.2	CLIMA E VEGETAÇÃO .....	6
2.3	RELEVO .....	7
2.4	MAPEAMENTO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO .....	8
2.5	CARACTERIZAÇÃO GEOMORFOLÓGICA .....	10
2.6	COMPOSIÇÃO PEDOLÓGICA E PEDOGÊNESE .....	11
2.7	CONDIÇÕES DE NÍVEIS FREÁTICOS .....	12
2.8	DIAGNÓSTICO E PROGNÓSTICO .....	13



## DOCUMENTO TÉCNICO

### 1 INTRODUÇÃO

O presente documento tem por objetivo apresentar ao Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo – DER/SP o Memorial de Cálculo de Geotecnia – Verificação das Fundações das Galerias, para a da Estrada Municipal do Bairro dos Moquens/Moraes - SCR-188, do km 0,000 ao km 8,421, no município de Socorro no Estado de São Paulo.



**Figura 1 – Mapa de Localização – SCR 188 – Socorro**

A elaboração deste relatório baseia-se em informações bibliográficas consolidadas, dados de mapeamentos geológicos e geomorfológicos regionais, cartas pedológicas, estudos climáticos e na experiência técnica acumulada em obras lineares implantadas em terrenos de relevo acidentado e geologia cristalina similar.

Nos próprios subitens diagnósticos e prognósticos específicos são tecidos, com consolidação em subitem final.



DOCUMENTO TÉCNICO

## 2 BREVE CARACTERIZAÇÃO GERAL

O município de Socorro localiza-se no nordeste do estado de São Paulo, inserido no domínio geomorfológico da Serra da Mantiqueira, apresentando relevo fortemente ondulado a montanhoso. A região é marcada por vales encaixados, encostas íngremes e drenagens de médio e pequeno porte, características que exercem influência direta sobre o comportamento geotécnico dos terrenos.

Do ponto de vista geológico, a área é dominada por rochas cristalinas pré-cambrianas, intensamente deformadas e intemperizadas, sobre as quais se desenvolvem perfis de alteração espessos e heterogêneos. Esses materiais governam o desempenho das fundações rasas e profundas, bem como a estabilidade das escavações associadas a obras de drenagem e galerias.







## DOCUMENTO TÉCNICO

### 2.2 CLIMA E VEGETAÇÃO

O clima da região é classificado como tropical de altitude, com verões quentes e chuvosos e invernos mais amenos e relativamente secos. A precipitação média anual é elevada, concentrando-se entre os meses de outubro e março, período crítico para a ocorrência de processos geotécnicos adversos, como escorregamentos, erosões e elevação do nível freático.

A vegetação original corresponde à Mata Atlântica, atualmente bastante fragmentada, mas ainda presente em encostas mais íngremes e áreas protegidas. Em regiões antropizadas, a cobertura vegetal é substituída por pastagens e culturas agrícolas, o que reduz a proteção superficial do solo e aumenta a suscetibilidade à erosão hídrica.

Para obras rodoviárias, o regime climático impõe a necessidade de sistemas de drenagem eficientes, tanto superficiais quanto subterrâneos, especialmente nas proximidades de galerias, onde a concentração de fluxo pode comprometer a estabilidade das fundações, sendo, portanto, importante a previsão de camada de berço em material granular grosseiro (como rachão) para mitigação de problemas.



## DOCUMENTO TÉCNICO

### 2.3 RELEVO

O relevo do município de Socorro é predominantemente ondulado a montanhoso, com altitudes variando significativamente em curtas distâncias horizontais. As encostas apresentam declividades médias a elevadas, intercaladas por fundos de vale estreitos e alongados.

Essa configuração geomorfológica resulta em espessuras variáveis de solo residual, frequentemente menores nos topos e maiores nas meias-encostas e baixadas. Em projetos de galerias rodoviárias, essa variabilidade reflete-se em mudanças bruscas nas condições de fundação ao longo de pequenos trechos, exigindo soluções flexíveis e adaptações locais de projeto, obtidos genericamente com apoio em camadas de rachão para uniformização do comportamento.

A Figura a seguir mostra os padrões de relevo da região



Figura 2. Padrões de relevo (geoportal.sgb.gov.br).



DOCUMENTO TÉCNICO

## 2.4 MAPEAMENTO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO

Do ponto de vista geológico, o município de Socorro insere-se na unidade granitóides tipo I, sinorogênicos do Orógeno Socorro-Guaxupé foram agrupados dezoito conjuntos graníticos que ocorrem encaixados em rochas metamórficas do Complexo Varginha-Guaxupé, unidade granulítica basal (NPvg), unidade ortognáissica migmatítica intermediária (NPvog) e unidade paragnáissica migmatítica superior (NPvm), das formações Estrada dos Romeiros (NP3srer), Boturuna (NP3srbt) e Piragibu (NP3srpi) e do Grupo Serra do Itaberaba (MP2si). São eles, os granitos Serra do Barro Branco (NP3sy1Ibb), Campos do Jordão (NP3sy1Icj), Cantareira (NP3sy1Icr), Cantagalo (NP3sy1Ict), Itaqui (NP3sy1Iit), Jaguariúna (NP3sy1Ijg), Mairiporã (NP3sy1Ima), Morro do Pão (NP3sy1Imp), Mato Mole (NP3sy1Imt), Serra dos Coelhos (NP3sy1Isc), Serra Preta (NP3sy1Isp), São Roque (NP3sy1Isr), Taipas (NP3sy1Ita), Complexo Socorro: Suíte Bragança Paulista (NP3sy1Ibp) e Suíte Salmão (NP3sy1Ism) além do Batólito Pinhal-Ipuiúna (NP3sy1Ipi).

Os granitóides desta unidade apresentam, na sua grande maioria, tendência calcialcalina potássica e caráter metaluminoso a fracamente peraluminoso. Predominam as composições monzogranítica, granodiorítica, monzodiorítica e diorítica com alguns termos monzoníticos, sieníticos e tonalíticos. Uma foliação bem desenvolvida é dada, principalmente, pela orientação planar de micas e/ou anfibólios (Artur 1988, Janasi e Ulbrich 1992, Andrade 1993, Haddad 1995, Ragatky 1997, Janasi 1999).

Essas litologias encontram-se submetidas a processos intempéricos químicos profundos, típicos de clima tropical úmido, resultando em perfis de alteração espessos e complexos. A transição entre rocha sã e solo residual é, em geral, gradual e irregular, não havendo interfaces nítidas, o que dificulta a interpretação estratigráfica e geotécnica a partir de sondagens pontuais. Em áreas de relevo mais elevado, os perfis tendem a ser mais delgados, enquanto em meias-encostas e fundos de vale observa-se maior espessura de material intemperizado.

Sob o ponto de vista geológico-geotécnico, o maciço pode ser subdividido, de forma simplificada, em unidades com comportamento mecânico distinto, a saber:

**Solo residual maduro:** material resultante do intemperismo avançado das rochas cristalinas, com perda quase total da estrutura original. Apresenta textura predominantemente argilo-siltosa, elevada porosidade, plasticidade variável e resistência ao cisalhamento fortemente dependente do teor de umidade. Em condição não saturada, pode apresentar comportamento satisfatório para fundações rasas; entretanto, quando saturado, é comum a redução significativa da resistência e o aumento da deformabilidade.

**Solo residual jovem ou saprolítico:** corresponde a estágios intermediários do intemperismo, nos quais ainda se preservam estruturas relictas da rocha matriz, como foliação, bandamento ou fraturas. Possui comportamento altamente anisotrópico, com propriedades mecânicas distintas conforme a orientação das descontinuidades. Esse material é particularmente crítico para escavações e fundações de galerias, pois pode apresentar colapsos localizados, planos preferenciais de ruptura e variações bruscas de resistência em curtas distâncias.





## DOCUMENTO TÉCNICO

**Rocha alterada a rocha sã:** inclui desde rocha parcialmente alterada até rocha intacta, geralmente intensamente fraturada. O fraturamento controla tanto a resistência do maciço quanto o fluxo de água subterrânea, sendo comum a presença de descontinuidades abertas ou preenchidas por material argiloso. Para fundações profundas, essa unidade pode representar um horizonte de apoio adequado, desde que corretamente caracterizada quanto ao grau de alteração e espaçamento das fraturas.

Do ponto de vista do mapeamento geológico-geotécnico aplicado, a região apresenta elevada heterogeneidade lateral e vertical, típica de terrenos cristalinos intemperizados. Pequenas variações topográficas, estruturais ou de drenagem resultam em mudanças significativas na espessura do solo, no grau de alteração da rocha e nas condições de saturação.

Adicionalmente, o mapeamento geológico-geotécnico indica a presença local de depósitos coluvionares e aluvionares associados aos fundos de vale e bases de encosta, constituídos por solos retrabalhados, pouco compactados e de baixa resistência. Esses materiais, quando não devidamente identificados e tratados, podem comprometer o desempenho das fundações de galerias, favorecendo recalques diferenciais e instabilidades.

Em síntese, o mapeamento geológico-geotécnico da região de Socorro/SP evidencia um contexto de alta complexidade geotécnica, no qual a correta interpretação da geologia, do intemperismo e das estruturas do maciço é fundamental para a definição segura do tipo, profundidade e método construtivo das fundações de galerias rodoviárias..

Para obras lineares, como rodovias e suas estruturas associadas (bueiros e galerias), essa heterogeneidade implica que condições favoráveis de fundação podem se alternar rapidamente com setores desfavoráveis, exigindo investigações geotécnicas contínuas e bem distribuídas ao longo do traçado, e não apenas em pontos isolados. Tais investigações podem ser realizadas in loco no momento da obra, após limpeza e regularização do terreno. Ainda, pode ser interessante o projeto conceber e prever uma solução de uniformiza do apoio, por exemplo, empregando rachão na base das galerias/bueiros de forma a evitar problemas e intervenções no momento da obra.



## DOCUMENTO TÉCNICO

### 2.5 CARACTERIZAÇÃO GEOMORFOLÓGICA

A geomorfologia local é marcada por processos de dissecação fluvial, com vales encaixados e encostas modeladas por erosão hídrica. Observam-se feições como ravinhas, sulcos erosivos e depósitos coluvionares nas bases das encostas.

Esses depósitos coluvionares, quando presentes, constituem materiais de baixa consistência e alta compressibilidade, representando um condicionante desfavorável para fundações rasas. Em obras de galerias, sua identificação é essencial para evitar recalques diferenciais e problemas estruturais, bem como a previsão de uso de base de camada competente (como rachão) na etapa de projeto podem minimizar riscos associados na obra.

A Figura abaixo apresenta a litoestratigrafia da região.

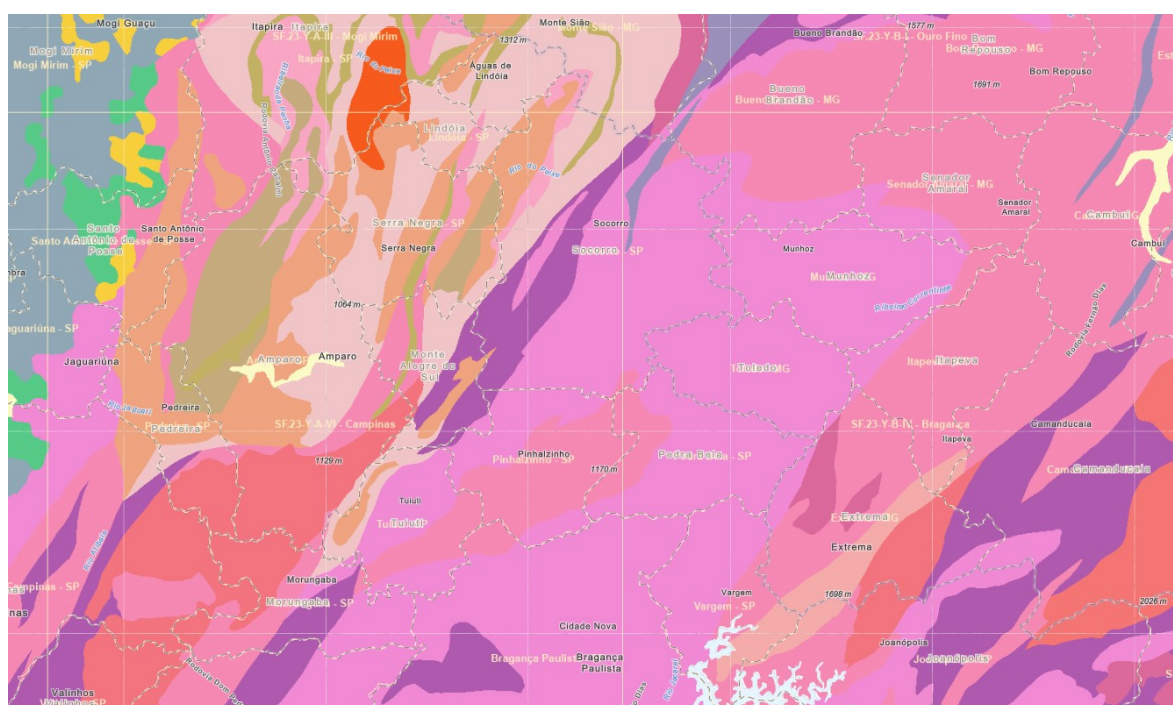


Figura 3. Litoestratigrafia da região (geoportal.sgb.gov.br).



DOCUMENTO TÉCNICO

## 2.6 COMPOSIÇÃO PEDOLÓGICA E PEDOGÊNESE

Os solos predominantes são Latossolos e Argissolos desenvolvidos a partir do intemperismo químico intenso das rochas cristalinas. Esses solos apresentam estrutura granular e de blocos, elevada porosidade e comportamento mecânico fortemente dependente do teor de umidade.

A pedogênese avançada resulta em perfis espessos, com transições graduais entre horizontes, dificultando a definição de interfaces nítidas para fins de projeto.

Adicionalmente, ocorrem na área materiais coluvionares e aluvionares, associados, respectivamente, às bases de encostas e aos fundos de vale. Os depósitos coluvionares são constituídos por solos retrabalhados por ação gravitacional, geralmente heterogêneos, pouco estruturados e com elevada variabilidade de resistência e deformabilidade. Já os depósitos aluvionares resultam da dinâmica fluvial recente, sendo compostos por sedimentos inconsolidados de granulometria variável, frequentemente saturados e com nível freático raso.

A pedogênese avançada resulta em perfis espessos, com transições graduais entre horizontes, dificultando a definição de interfaces nítidas para fins de projeto. Em condições saturadas, esses solos podem apresentar redução significativa da resistência ao cisalhamento, aspecto crítico para escavações de galerias, bem como capacidade de carga no apoio, além de elevada erodibilidade, podendo ser previsto berços de material granular de maior resistência (rachão).



## DOCUMENTO TÉCNICO

### 2.7 CONDIÇÕES DE NÍVEIS FREÁTICOS

O nível freático na região é fortemente controlado pelo relevo e pela rede de drenagem. Em fundos de vale, o lençol freático é raso e responde rapidamente às variações pluviométricas. Em encostas, o fluxo subterrâneo ocorre predominantemente de forma subsuperficial, associado a descontinuidades do maciço rochoso e contatos solo-rocha.

Para galerias rodoviárias implantadas em vales ou travessias hidráulicas, é comum a interceptação do nível freático, exigindo soluções de rebaixamento temporário, drenagem permanente ou fundações submersas, devidamente dimensionadas. Para este último caso, o emprego de materiais granulares pouco sensíveis ao teor de umidade (como rachão) podem minimizar riscos de projeto, na implantação e operação da obra ao longo de sua vida útil.

A Figura a seguir apresenta os rios da região, indicando as bacias de drenagem.

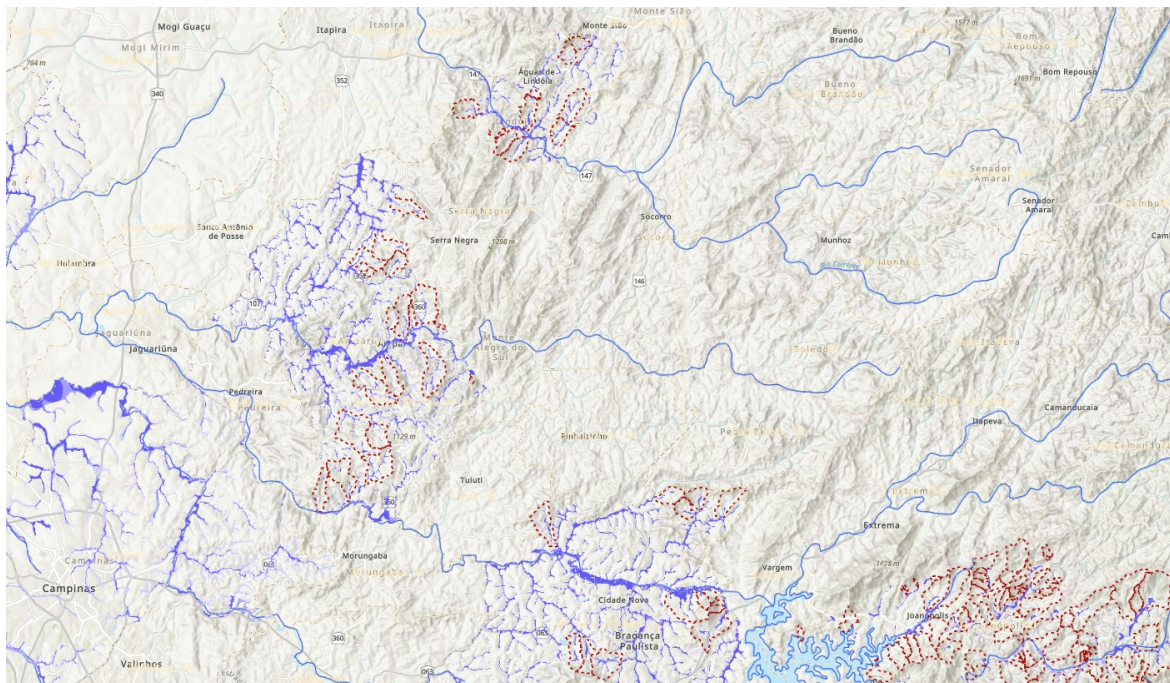


Figura 4. Localização das bacias de drenagem (geoportal.sgb.gov.br).





## DOCUMENTO TÉCNICO

### 2.8 DIAGNÓSTICO E PROGNÓSTICO

O diagnóstico geológico-geotécnico da região do município de Socorro/SP indica que os principais riscos associados à implantação de fundações de galerias rodoviárias estão relacionados à heterogeneidade dos solos residuais, à presença recorrente de materiais coluvionares e aluvionares, à saturação dos solos argilosos durante períodos chuvosos e à ocorrência de níveis freáticos rasos, especialmente em fundos de vale e travessias de cursos d'água.

As áreas com maior potencial de risco concentram-se nas encostas e meias-encostas da Serra da Mantiqueira, bem como em setores de vale onde se desenvolvem depósitos aluvionares recentes. Nesses ambientes, as condições de fundação podem variar significativamente em curtas distâncias, alternando solos residuais mais competentes com camadas de materiais inconsolidados, compressíveis e de baixa resistência ao cisalhamento.

Entre os principais fatores de risco geotécnico identificados destacam-se:

- Solos residuais argilosos e saprolíticos, com resistência fortemente dependente do teor de umidade, suscetíveis à perda de capacidade de carga quando saturados;
- Depósitos coluvionares heterogêneos, pouco estruturados e com comportamento mecânico irregular, localizados principalmente em bases de encosta;
- Depósitos aluvionares inconsolidados, frequentemente saturados, com ocorrência de solos moles, elevada compressibilidade e baixa capacidade de suporte;
- Níveis freáticos rasos e variações rápidas do regime de saturação em função do regime pluviométrico;

Os danos potenciais associados a essas condições incluem recalques diferenciais, instabilidade de escavações (em caso de maiores profundidades de instalação da drenagem), dificuldades construtivas em fundações diretas, processos erosivos por percolação ao redor das estruturas e, em casos mais críticos, comprometimento do desempenho estrutural das galerias ao longo da vida útil da rodovia.

Diante desse cenário, o prognóstico para intervenções de engenharia na região indica a necessidade de planejamento geotécnico criterioso, com investigações adequadas e adoção de soluções construtivas capazes de lidar com a elevada variabilidade dos solos locais. Nesse contexto, destaca-se como solução particularmente favorável o emprego de um berço de material granular grosseiro (rachão) na base das fundações das galerias.

A utilização de rachão como camada de apoio apresenta vantagens técnicas relevantes, tais como:

- Uniformização do comportamento mecânico da fundação, reduzindo os efeitos da variabilidade lateral e vertical dos solos naturais;
- Aumento da capacidade de carga do sistema de fundação, por redistribuição mais eficiente das tensões;



## DOCUMENTO TÉCNICO

- Melhor desempenho em condições saturadas, situação comum em travessias de rios e córregos;
- Redução do risco de erosão interna e piping, ao dificultar a percolação concentrada de água entre a galeria e o solo de fundação;
- Maior segurança construtiva, com diminuição da sensibilidade a imprevistos geotécnicos durante a execução;
- Melhoria do desempenho estrutural ao longo da vida útil, com mitigação de recalques diferenciais e patologias associadas.