

NOVA SERRA DA TAMOIOS

Uma obra de desafios e conquistas



“Com organização e tempo, acha-se o segredo de fazer tudo e bem feito”.
(Pitágoras – filósofo e matemático grego)





Pelo apoio com informações, por acreditar, por incentivar... um agradecimento especial:

Adauto Machado (Engenheiro Civil), Alan Patrick (Auxiliar de Engenharia), Alceu Santin Júnior (Engenheiro Civil), Aldinei Martins (Engenheiro de Segurança do Trabalho), Cláudia Pereira (Técnica de Meio Ambiente), Eduardo Martins (Assistente Administrativo), Elias Granja (Encarregado da Sala Técnica), Euzair Siqueira Júnior (Engenheiro Mecânico), Fanny Aria (Técnica de Planejamento), Genadir de Moura (Engenheiro de Segurança do Trabalho), Guilherme Hallack (Engenheiro Civil), Hugo Arrunategui (Engenheiro Mecânico), Jorge França (Auxiliar de Engenharia), Kátia Maísa (Engenheira Civil), Luiz Henrique Costa (Auxiliar Técnico), Luiz Lacaz Filho (Coordenador de Medicina do Trabalho), Nadson Mota (Técnico em Geologia), Paulo Motta (Biólogo), Pedro Paulo dos Anjos (Engenheiro Civil), Rodolfo Barbosa (Engenheiro Eletricista), Tiago Borges (Geólogo), Vitor Borges (Engenheiro Civil) e Wernek Chaves (Encarregado de Laboratório).

Editoração Eletrônica: Leandro Oliveira Silva

Apoio em pesquisa: Emerson Gomes

Fotos aéreas: Alan Morais (Planejamento – Obra Rodovia dos Tamoios)

Coordenação Editorial/ Roteiro: Alceu Santin Júnior

Coordenação Geral/ Textos: Patrícia Lombardi

Gerência do Contrato: Fábio Figueiredo Silva

Diretoria de Operações: Bergson Araújo Cajueiro

Presidência: Agostinho Serafim Júnior

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Nova Serra da Tamoios - Uma obra de desafios e conquistas - Álya Construtora S.A.
1. ed. -- Santo André, SP: Ipsis, 2022

Vários colaboradores
ISBN 978-65-86219-41-8

1. Empreendimentos 2. Engenharia 3. Infraestrutura
- Brasil 4. Litoral Norte - São Paulo (SP) 5.
Rodovias - Brasil 6. Vale do Paraíba - Descrição

22-112974

CDD-620

Índices para catálogo sistemático:

1. Engenharia 620

Aline Grazielle Benitez - Bibliotecária - CRB-1/3129



Sumário

Um marco da engenharia	6	Planejamento diferenciado	86
Transpor a serra	10	Investigação do solo	87
A região	12	Disciplinar as águas	88
Cenário que desafiou a engenharia	22	Tratar encostas	91
O maior túnel rodoviário do Brasil	24	Inovar mais uma vez	94
Tecnologia	33	Sistemas Eletromecânicos	95
Tradição e fé	37	Legado para a Ciência	106
A obra lança caminhos e preserva a mata	44	Seminários e congressos	109
Cable Crane: o auge do desafio	50	Visitas: laboratório a céu aberto	111
Obras de Arte Especiais	75	Respeito às pessoas, respeito à vida	113
Conformidade ambiental	76	Publicações especiais	123
A busca pelo melhor	80	Repercussão sobre a entrega da obra	124
Pavimento com alta tecnologia	81	Nova identidade institucional	126
Principais grandezas do empreendimento	84	Até a próxima!	127



“A exitosa conclusão da duplicação do trecho de serra da Rodovia dos Tamoios coroa a trajetória de grandes realizações do Grupo Queiroz Galvão ao longo dos seus quase 70 anos de atividades empresariais.

Trata-se de uma das maiores obras de infraestrutura rodoviária da América Latina. E, por sua complexidade, exigiu soluções de engenharia inovadoras que foram implementadas com competência por um time de colaboradores habituado a enfrentar e a vencer desafios.

Como resultado, podem ser observadas verdadeiras 'obras de arte' de caráter monumental harmoniosamente erguidas em meio a uma paisagem fascinante. A construção também representa um marco pelo modo como, inserida em uma área de proteção ambiental, respeita a natureza e preserva a biodiversidade.

O Grupo segue ainda com a missão, através da Concessionária Tamoios, de continuar operando a rodovia a partir do uso de tecnologias de ponta que garantem ao usuário, além de sensível redução do tempo de viagem, as melhores condições de segurança e assistência.

Esse é mais um empreendimento em que Trabalho, Lealdade, Confiabilidade e Qualidade – valores do nosso Grupo – podem ser notados de forma distinta, o que nos enche de especial satisfação”.

Marcos de Queiroz Galvão

Presidente do Conselho de Administração

Grupo Queiroz Galvão





Um marco da engenharia

Uma história de expectativas, de entregas memoráveis, de intenso trabalho.

Uma história de motivação e comprometimento de profissionais que se debruçaram na busca pelas melhores estratégias; que encararam adversidades, determinados a cumprir os desafios que um projeto deste nível impunha; entre eles, a preservação da reserva de Mata Atlântica da região.

Permeando cenários complexos; condições climáticas, topográficas e geológicas nem sempre animadoras, na maioria das vezes desfavoráveis... Porém, confiar e acreditar que seria possível os movia adiante.

Pode-se afirmar que este tempo das obras da duplicação do trecho de serra da Tamoios – desde a concepção, projeto, planejamento até a execução - entrou para a história recente da engenharia brasileira como um dos períodos que mais demandaram estudos, inovação, soluções e esforços em várias perspectivas. De fato, uma proeza.

Um empreendimento com os dois maiores túneis rodoviários do país e que celebrou marcas significativas de Segurança do Trabalho. O foco da gestão em conciliar o aprimoramento contínuo das soluções técnicas com o bem-estar dos trabalhadores.

Os pilares da Sustentabilidade, a capacidade técnica e a qualidade de execução da obra se entrelaçaram desde o princípio; e assim permaneceu.

Foram vários os receios, os encantos, as conquistas, os aprendizados que precederam o conforto e a harmonia entre o verde e o concreto que hoje o usuário da Rodovia dos Tamoios consegue apreciar.

Bem-vindos às memórias, aos desafios e às conquistas da obra considerada um marco da engenharia brasileira.

Fábio Figueiredo

Gerente do Contrato



8

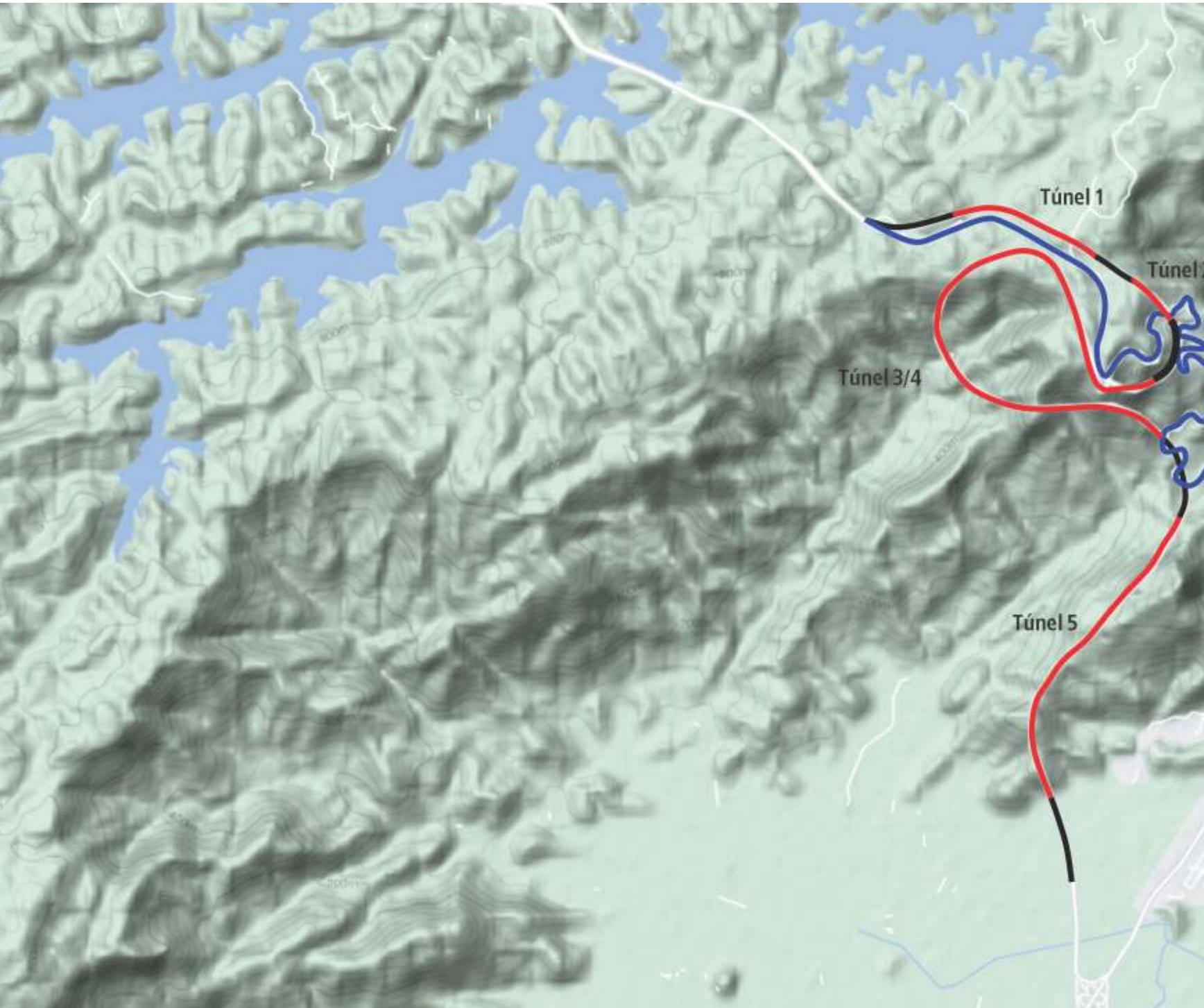


Brasil



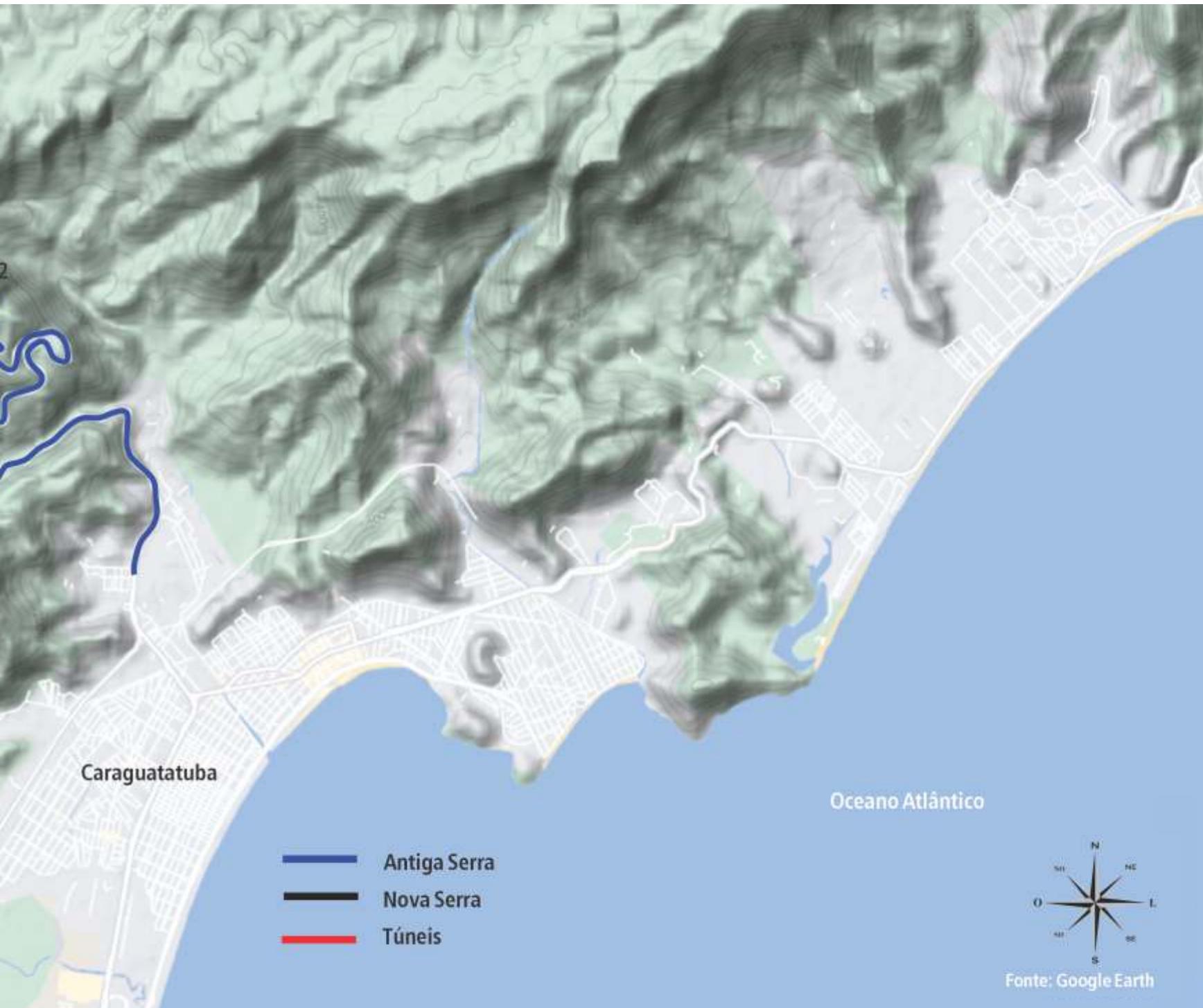
8

São Paulo





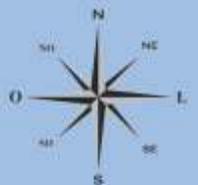
Litoral Norte



Caraguatatuba

Oceano Atlântico

-  Antiga Serra
-  Nova Serra
-  Túneis



Fonte: Google Earth

Transpor a serra

Um feito. Um legado. Estas são algumas das possíveis definições para a obra de duplicação do trecho de serra da Tamoios, que teve início em dezembro de 2015. A dimensão e a grandiosidade do empreendimento demandaram 2 mil dias e noites de intenso trabalho, para entregar ao país uma das mais complexas obras de infraestrutura, reconhecida nacional e internacionalmente.

O desafio era transpor a escarpa da serra em um desnível de 800 m com greide limitado a 5%. Para isso, seria necessário superar topografias extremamente acidentadas, vencer fatores climáticos adversos e a inacessibilidade de equipamentos e insumos dentro da mata fechada; além de adaptar-se a outras especificidades inerentes à região da Serra do Mar.

O projeto transcendeu obstáculos e reformulou conceitos da engenharia considerados, até então, com grau elevado de dificuldade executiva, alterando estes níveis para outro patamar.





Em dezembro de 2015, movimentação inicial na região do Canteiro Central



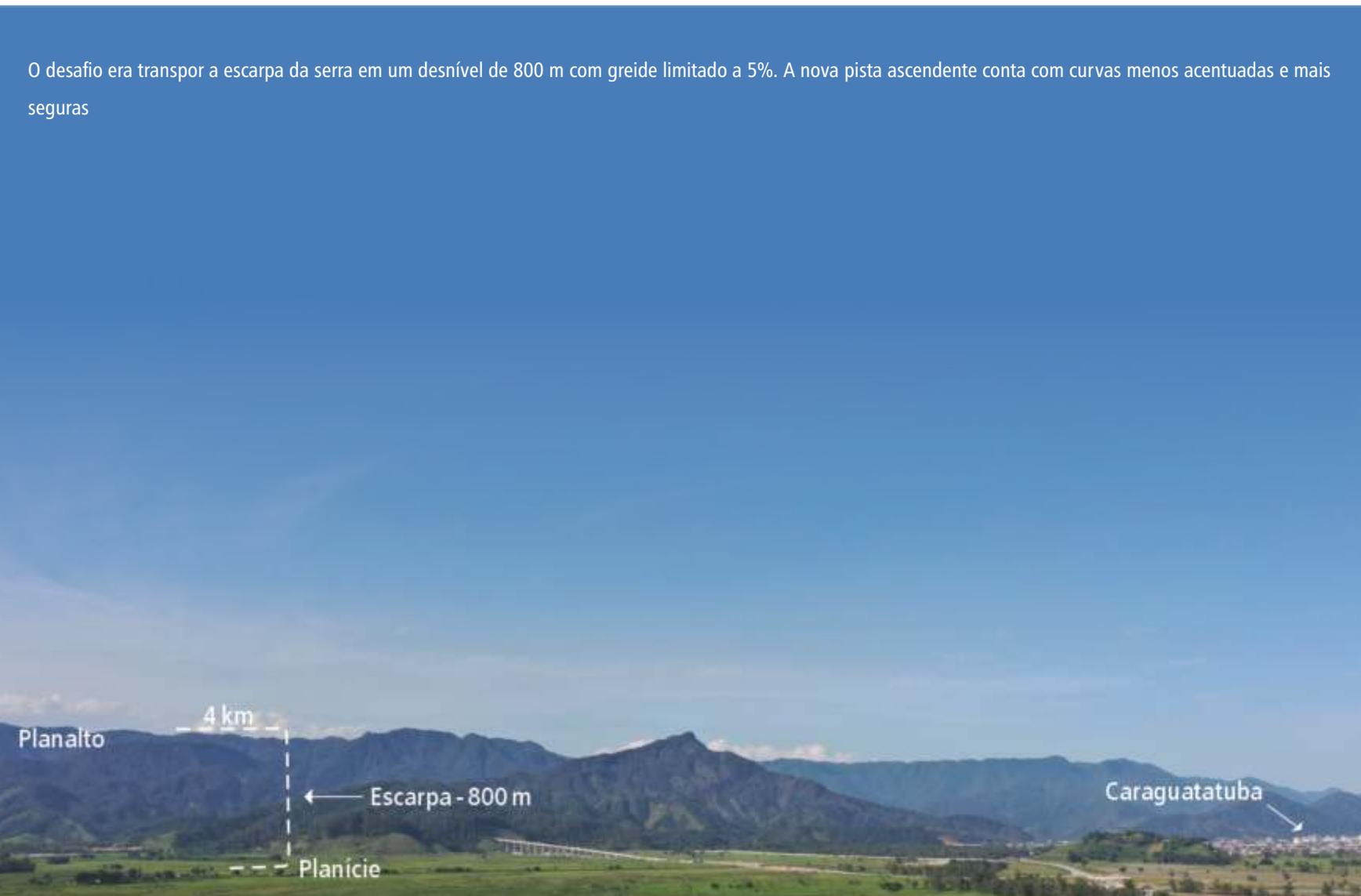
Primeira detonação na região da serra da Tamoios, em junho de 2016

A região

A maior parte do projeto de duplicação da serra - 85% - está inserida dentro de um dos últimos fragmentos de Mata Atlântica do país, sob a gestão da Unidade de Conservação Parque Estadual da Serra do Mar - Núcleo Caraguatatuba, no litoral de São Paulo. A Mata Atlântica abrange cerca de 15% do território nacional e, atualmente, restam apenas 12,4% da floresta que existia originalmente.

O projeto de duplicação se preocupou em causar o mínimo possível de intervenções à mata. São cerca de 22 quilômetros de novas pistas, em áreas dos municípios de Caraguatatuba, Natividade da Serra e Paraibuna; praticamente 72% formados por túneis (12,8 quilômetros), pontes e viadutos (2,6 quilômetros).

O desafio era transpor a escarpa da serra em um desnível de 800 m com greide limitado a 5%. A nova pista ascendente conta com curvas menos acentuadas e mais seguras



"A engenharia é a arte de dirigir as grandes fontes de poder da natureza para o uso e conveniência do homem".

(Thomas Iregold - engenheiro)



A Serra

A Serra do Mar é uma feição que transpõe as regiões Sudeste e Sul do Brasil; formada por uma cadeia montanhosa que se estende entre os estados do Espírito Santo e Rio Grande do Sul. Apresenta complexas características físicas e geológicas; a mais marcante é o relevo escarpado que separa a região do planalto, em altitudes com centenas ou milhares de metros, e a baixada litorânea.

A Rodovia dos Tamoios está situada entre as cidades de São José dos Campos, no planalto paulista, e Caraguatatuba, na planície litorânea. A combinação entre o traçado original na meia encosta, com camadas de solos naturalmente instáveis e chuvas constantes em volumes significativos, resultou em um histórico de grandes escorregamentos que, no passado, causaram diversos transtornos.

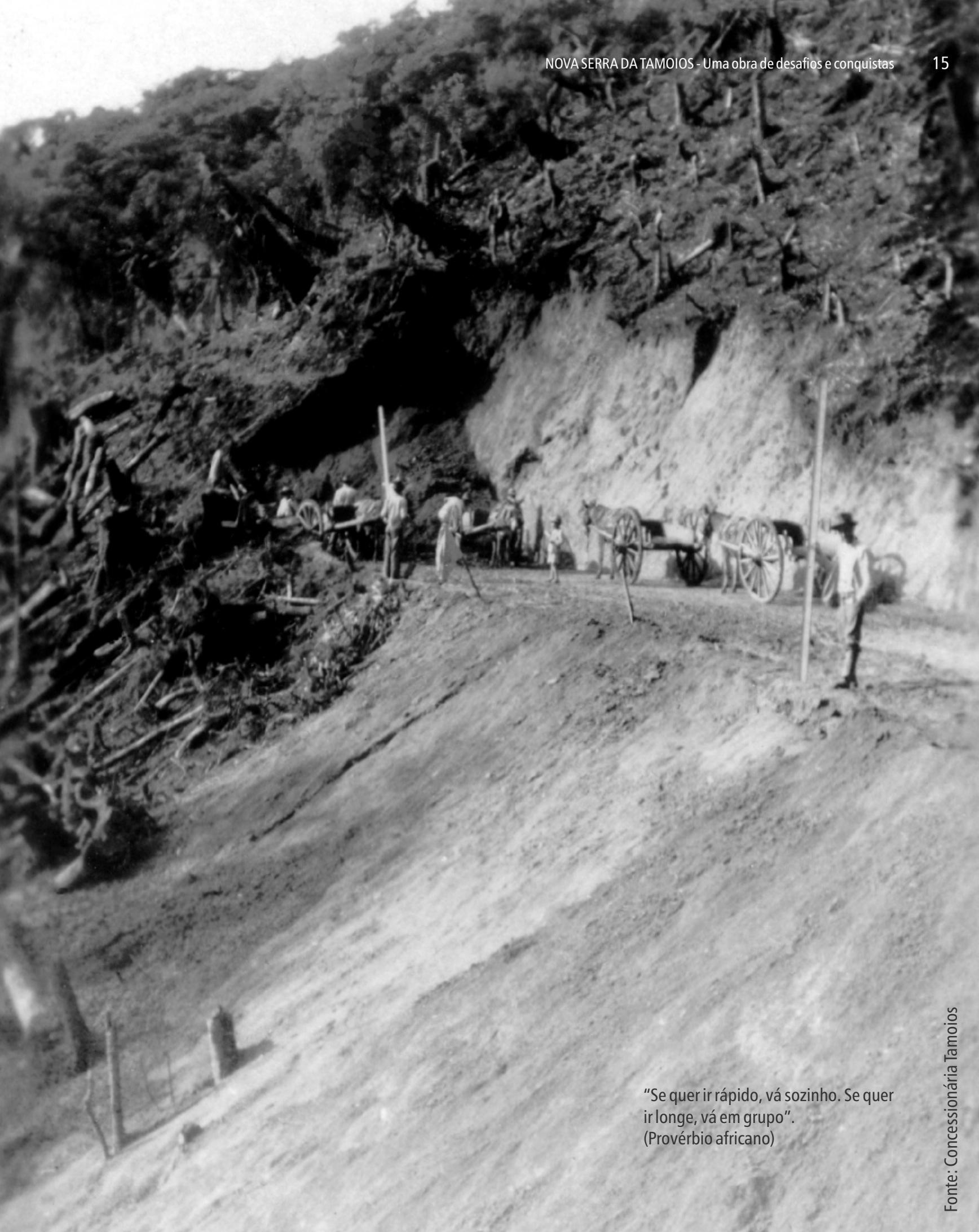
Daí também a importância da manutenção, em maior parte possível, da cobertura florestal ali existente, o que caracterizou a magnitude do grande desafio do empreendimento, desde sua concepção, planejamento até sua execução.

A rodovia antes

A rodovia foi inicialmente aberta na década de 1930 sobre antigos caminhos de cavalos cargueiros e posteriormente pavimentada pelo Departamento de Estradas e Rodagem (DER-SP); sua inauguração aconteceu em 1957.

Em março de 1967, parte da Serra do Mar deslizou sobre a cidade de Caraguatatuba. A tragédia é considerada um dos maiores desastres naturais do país. Segundo registros oficiais, morreram cerca de 450 pessoas; mais de 10 bairros foram atingidos.

Em 1970, o traçado entre São José dos Campos e Paraibuna foi melhorado. No mesmo período, com a inundação provocada pelo transbordamento da Barragem Paraibuna - Paraitinga, e o consequente prejuízo ao trecho de Paraibuna até o alto da Serra, foi necessária uma nova reconstrução de trecho da rodovia para que ela voltasse a ficar transitável.



“Se quer ir rápido, vá sozinho. Se quer
ir longe, vá em grupo”.
(Provérbio africano)

Novo rumo

A obra de duplicação permitirá a redução dos custos logísticos para o comércio nacional e internacional, fundamental para a competitividade dos produtos brasileiros; geração de empregos e dinamização econômica da região. Além disso, a duplicação representa uma significativa mudança na mobilidade e na vida dos cerca de 22 milhões de usuários por ano que vivem, trabalham e usufruem do turismo na região.



“O conjunto da obra e da Concessionária Tamoios me proporciona um prazeroso sentimento de realização. A duplicação do trecho da serra é indubitavelmente uma entrega à sociedade de uma rodovia com alta tecnologia construtiva e um exemplar cuidado com o meio ambiente.

Meus sinceros agradecimentos a todos que se doaram a este empreendimento”.

André Cândia

Presidente do Grupo Queiroz Galvão



“É com enorme satisfação e orgulho que escrevemos mais um capítulo na história da engenharia brasileira. A Construtora Queiroz Galvão, em quase sete décadas de serviços prestados para a sociedade, se mantém moderna e preparada para o futuro alicerçada por sólidos valores.

Passamos por diversas transformações ao longo desses anos e, em busca dos melhores resultados, investimos em tecnologia de ponta, capacitação profissional, otimização dos processos e incrementamos nossas práticas pautados nos conceitos da inovação e da sustentabilidade.

A Rodovia dos Tamoios, podemos assim dizer “uma mega obra com a assinatura da CQG”, simboliza o que temos de melhor: equipe especializada, competência técnica, trabalho, dedicação e compromisso com a qualidade.

Neste momento entregamos um legado para o Brasil, deixamos uma referência técnica para o mundo e exaltamos nosso sentimento de missão cumprida.

Em especial, registro meus agradecimentos a todos os colaboradores, parceiros, fornecedores e cliente pela confiança e pelo trabalho. Este sonho se torna realidade graças ao empenho de cada um de vocês.

Por aqui, seguimos tocando em frente, firmes, com nosso propósito de continuar trabalhando para sermos referência e para inovar naquilo que nos propomos a fazer. Percorreremos o caminho que acreditamos pautados na ética, na transparência e no respeito, mantendo o compromisso de construir um mundo melhor”.

Sinceros cumprimentos e felicitações,

Agostinho Serafim Júnior

Diretor-Presidente

Construtora Queiroz Galvão

"A mais bela coragem é a confiança
que devemos ter na capacidade de
nosso esforço".
(Coelho Netto, escritor)



A importância do Parque

O Parque Estadual Serra do Mar, administrado pela Fundação Florestal do Estado de São Paulo e dividido em 10 Núcleos administrativos (Itariru, Curucutu, Itutinga-Pilões, Bertioga, Padre Dória, São Sebastião, Caraguatatuba, Picinguaba, Santa Virgínia e Cunha) é o maior corredor biológico da Mata Atlântica no Brasil.

Destina-se à preservação, à valorização da cultura local, à pesquisa científica e à educação ambiental, permanentemente incentivando a população na busca pela conservação de seus recursos naturais, históricos e culturais. Entre as 1.361 espécies de animais e cerca de 1.200 tipos de plantas registradas por sua extensão, segundo o Ibama, encontram-se protegidos alguns dos principais animais em risco de extinção no país, como o muriqui-do-sul, a onça-pintada e a anta (ou tapir).

Também fazem parte do ecossistema local espécies ameaçadas da flora nacional, entre elas o palmito-juçara. É clara a sua contribuição para a sustentabilidade, principalmente nos núcleos urbanos localizados em seu entorno. Suas florestas, além de constituírem belos cenários e paisagens notáveis, preservam nascentes e cabeceiras de rios formadores das bacias hidrográficas do Paraíba do Sul e Tietê, bem como mananciais que abastecem diversos municípios por onde passam, como as regiões da Baixada Santista, Litoral Norte e Litoral Sul, beneficiando milhões de habitantes.

Além disso, o Parque Estadual Serra do Mar possui grande importância nos esforços para amenizar o clima e estabilizar as encostas, o que garante melhor proteção aos moradores de áreas críticas.

Por sua extrema importância e riquíssima biodiversidade, o parque é considerado um polo de concentração das atenções da comunidade científica, ONGs, governos, empresas privadas e demais setores da sociedade, em função da preocupação com a preservação da Mata Atlântica e da necessidade de aprofundamento dos conhecimentos sobre a fauna e a flora da região.

Para saber mais sobre o Parque, acesse:

<https://guiadeareasprotegidas.sp.gov.br/ap/parque-estadual-serra-do-mar-nucleo-caraguatatuba/>

“Acompanhar uma obra desse porte e tecnologia no interior de uma das áreas protegidas de maior importância e biodiversidade do nosso país, sem dúvida, foi um desafio enorme. A sensibilidade dos ambientes afetados pela obra, a topografia acidentada da Serra do Mar, a quantidade de frentes de trabalho e de colaboradores atuando no interior da Unidade, entre outros, foram os fatores que nos desafiaram a buscar alternativas para uma fiscalização efetiva dos trabalhos.

Eu não imaginava o que estava por vir. Somente analisando os processos, não tínhamos ideia da magnitude e complexidade dessa obra.

No transcorrer do empreendimento, investimos na educação ambiental dos colaboradores e prestadores de serviço por meio de integrações executadas pelos Monitores Ambientais. O intuito era formar "agentes ambientais" que nos ajudassem no combate indireto de possíveis crimes e infrações contra o meio ambiente, além de promover a conscientização sobre a importância do local em que iriam trabalhar, deveres enquanto estivessem trabalhando, consequências dos desvios de conduta, entre outros assuntos.

As intervenções foram muito pontuais e bem administradas em sua maioria. Como toda obra desse tipo, já esperava que os impactos ocorreriam.

A empresa Queiroz Galvão, por meio dos técnicos, principalmente do setor de Meio Ambiente, sempre esteve alinhada e disposta a atender os apontamentos da gestão, quando identificados impactos ambientais à Unidade de Conservação.

Inclusive cabe destacar a parceria formalizada entre a Queiroz Galvão e a Fundação Florestal nos termos da Portaria Normativa FF/DE Nº306/2019, através da doação da reforma, ampliação e adequação à acessibilidade do "Mesão", um rancho utilizado para atender visitantes na sede do Núcleo Caraguatatuba. Tenho esperança que, juntos, vamos seguir lutando pela conservação”.

Miguel Nema Neto

Gestor do Núcleo Caraguatatuba do Parque Estadual Serra do Mar

Cenário que desafiou a engenharia

Uma cadeia montanhosa, com extensão de 1.500 km e desnível médio de 800 m, é um relevo que apresenta um cenário hostil à execução de uma rodovia. Esta é a Serra do Mar, região que exige tecnicamente, em sua grande parte, um traçado que a transponha por intermédio de túneis.

A execução de túneis é sempre desafiadora e complexa. As condições geológicas, favoráveis ou não, alteram as metodologias de escavação e, conseqüentemente, os prazos. No projeto da duplicação da serra da Rodovia dos Tamoios estes fatores foram potencializados por variáveis como a declividade, dificuldade de acesso, extensões não convencionais e a necessidade de transpor um desnível de 680 m em um trecho de 16 km.

O projeto, que contempla 12,8 km de túneis, incrustados na Mata Atlântica, tornou-se referência na engenharia de túneis, reconhecido pelo Comitê Brasileiro de Túneis (CBT), além de possuir os dois túneis rodoviários mais extensos do país: um com 5,5 km e o outro com 3,7 km.

Frente aos obstáculos encontrados, vale ressaltar a dificuldade que se teve para mapear topograficamente a serra e gerar um modelo digital do terreno. Modelo este gerado a partir de um equipamento a laser embarcado em uma aeronave, somado a levantamentos terrestres dentro da mata. Obteve-se, então, dados topográficos satisfatórios para o detalhamento do projeto executivo.

A construtora não poupou esforços para adquirir os melhores e mais modernos equipamentos de perfuração e tecnologias disponíveis no mercado mundial. Equipamentos cruciais para que se tivesse maior confiabilidade e precisão no método empregado, o New Austrian Tunnelling Method (NATM). Basicamente, esta metodologia trabalha com as seguintes etapas: elaboração do plano de fogo, furação, carregamento do material explosivo, detonação e retirada do material detonado.

A complexidade das escavações subterrâneas e a adversidade do maciço rochoso encontrada levaram à utilização de todos os tipos de tratamentos geotécnicos previstos no processo NATM, além de tratamentos especiais.

A experiência, a disciplina e o comprometimento dos líderes envolvidos nas escavações subterrâneas subsidiaram a desafiadora missão de cumprir os prazos sem comprometer a segurança dos profissionais.



O maior túnel rodoviário do Brasil

No Túnel 3/4, não somente sua extensão de 5.555 m foi um desafio, mas a sua declividade, que atinge um desnível de 275 m.

Outros fatores relevantes foram a ventilação da cabeceira, as redes de ar comprimido e elétricas mais longas; além de redes de água com maiores pressurizações e necessidades de bombas de recalque conforme o sentido da escavação.

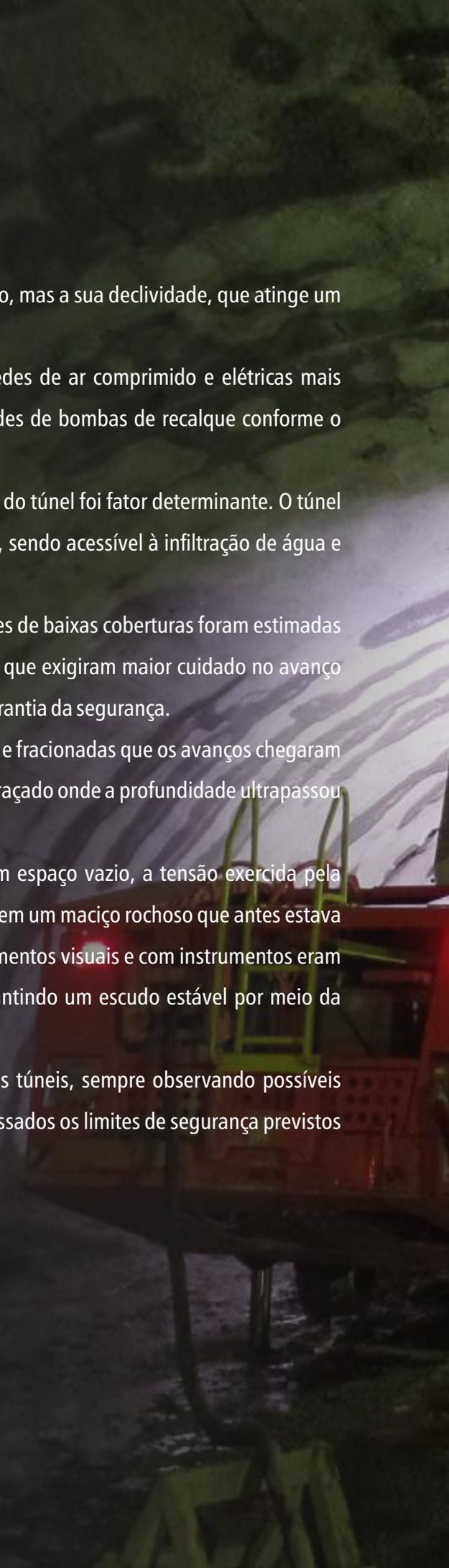
Além das variações existentes no maciço rochoso, a profundidade do túnel foi fator determinante. O túnel com maciço raso está mais sujeito às intempéries existentes na superfície, sendo acessível à infiltração de água e com a existência de mais fraturas.

Desta forma, em alguns locais, como no Túnel 1 e Túnel 3/4, regiões de baixas coberturas foram estimadas e, posteriormente confirmadas, como maciços rochosos menos estáveis e que exigiram maior cuidado no avanço das escavações, aplicando soluções mais robustas de engenharia para a garantia da segurança.

Em determinados momentos, as escavações foram tão cuidadosas e fracionadas que os avanços chegaram em 30 cm por dia. Por outro lado, ainda no Túnel 3/4, houve um trecho do traçado onde a profundidade ultrapassou os 400 m de cobertura de rocha/solo.

Em alguns casos, durante a escavação do túnel e geração de um espaço vazio, a tensão exercida pela montanha é maior que a resistência da rocha e pode causar novas fraturas em um maciço rochoso que antes estava intacto. Para evitar qualquer risco, durante este trecho do túnel, monitoramentos visuais e com instrumentos eram consultados e novas camadas de revestimento foram incorporadas, garantindo um escudo estável por meio da distribuição das tensões.

Os monitoramentos, em conjunto, foram constantes em todos os túneis, sempre observando possíveis deformações na geometria escavada e garantindo que não fossem ultrapassados os limites de segurança previstos em projeto.





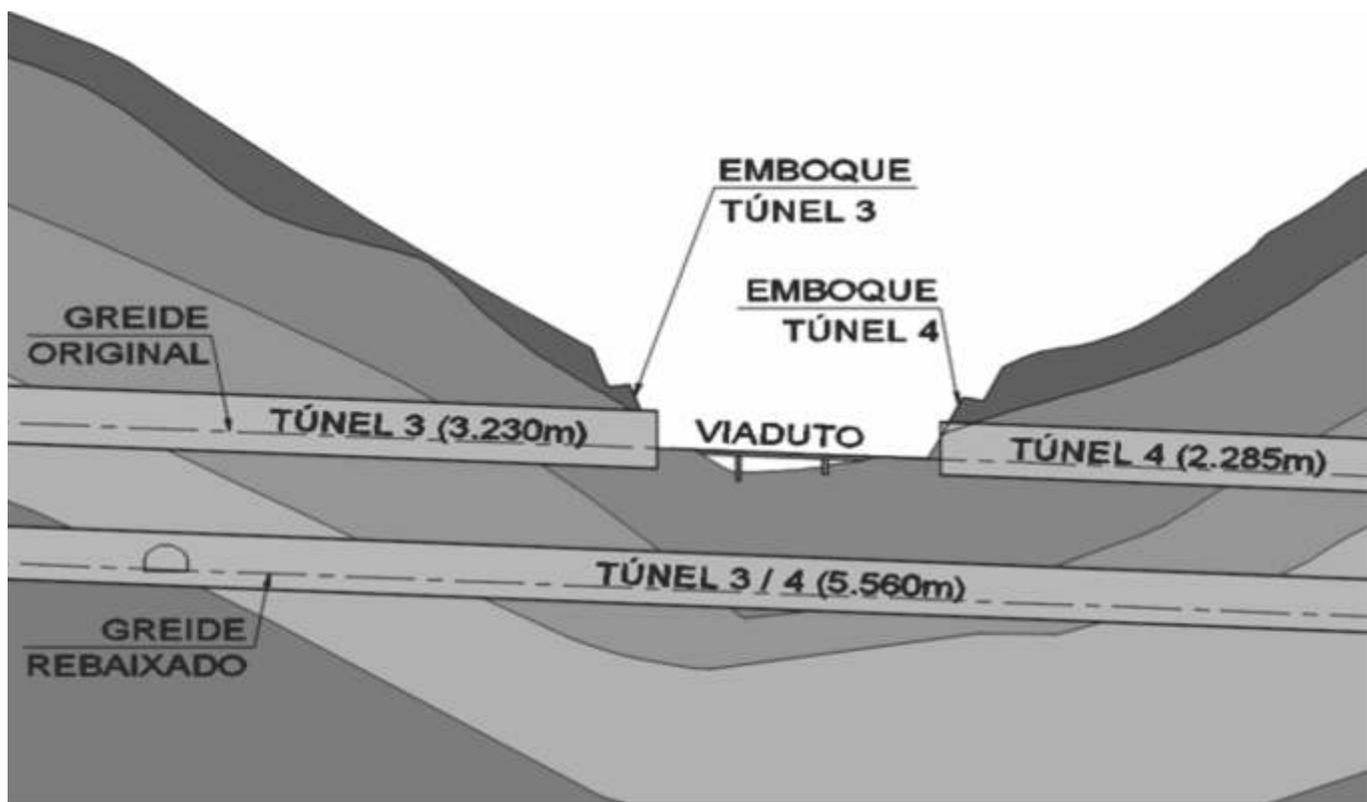
O maior túnel rodoviário do país foi concebido após uma revisão do projeto; quando houve a decisão de unir dois dos cinco túneis previstos inicialmente em um único túnel mais extenso.

“Os antigos túneis 3 e 4 teriam respectivamente 3,2 km e 2,3 km de extensão. Os túneis seriam conectados por um viaduto. Os emboques seriam feitos em um vale de acesso muito difícil, com necessidade de uso de helicópteros para auxiliar o transporte das estruturas e insumos necessários para a construção desses emboques. Sem contar o grande impacto ambiental que afetaria a região para execução dos emboques e das fundações do viaduto, caso o plano inicial fosse levado à frente. Fizemos um reestudo do projeto e decidimos unir os dois túneis, conformando um túnel único com 5,5 km de extensão e com o greide rebaixado em aproximadamente 30 m, eliminando os emboques dos túneis 3 e 4. Reduzimos, assim, substancialmente, os impactos ambientais por meio de uma solução que foi também vantajosa para o andamento da obra”.

Eng. Pedro Teodoro França

Gerente de projetos da CJC Engenharia

A figura abaixo ilustra a concepção original e nova concepção dos túneis 3 e 4.



Seção longitudinal – Comparação do traçado original (Túnel 3 + viaduto + Túnel 4) com o traçado implantado (Túnel 3/4). Imagem: CJC Engenharia/Divulgação





“Na vida, não existem soluções. Existem forças em marcha: é preciso criá-las e, então, a elas seguem-se as soluções”.
(Antoine de Saint-Exupéry - escritor)





Vazamento do T1 (de emergência), em fevereiro/2021. A cada vazamento dos túneis, as equipes comemoravam o feixe de luz que se avistava. Era uma alegria só abaixo da superfície da terra...

Túnel (Escavação)

Túnel 1



Túnel 2



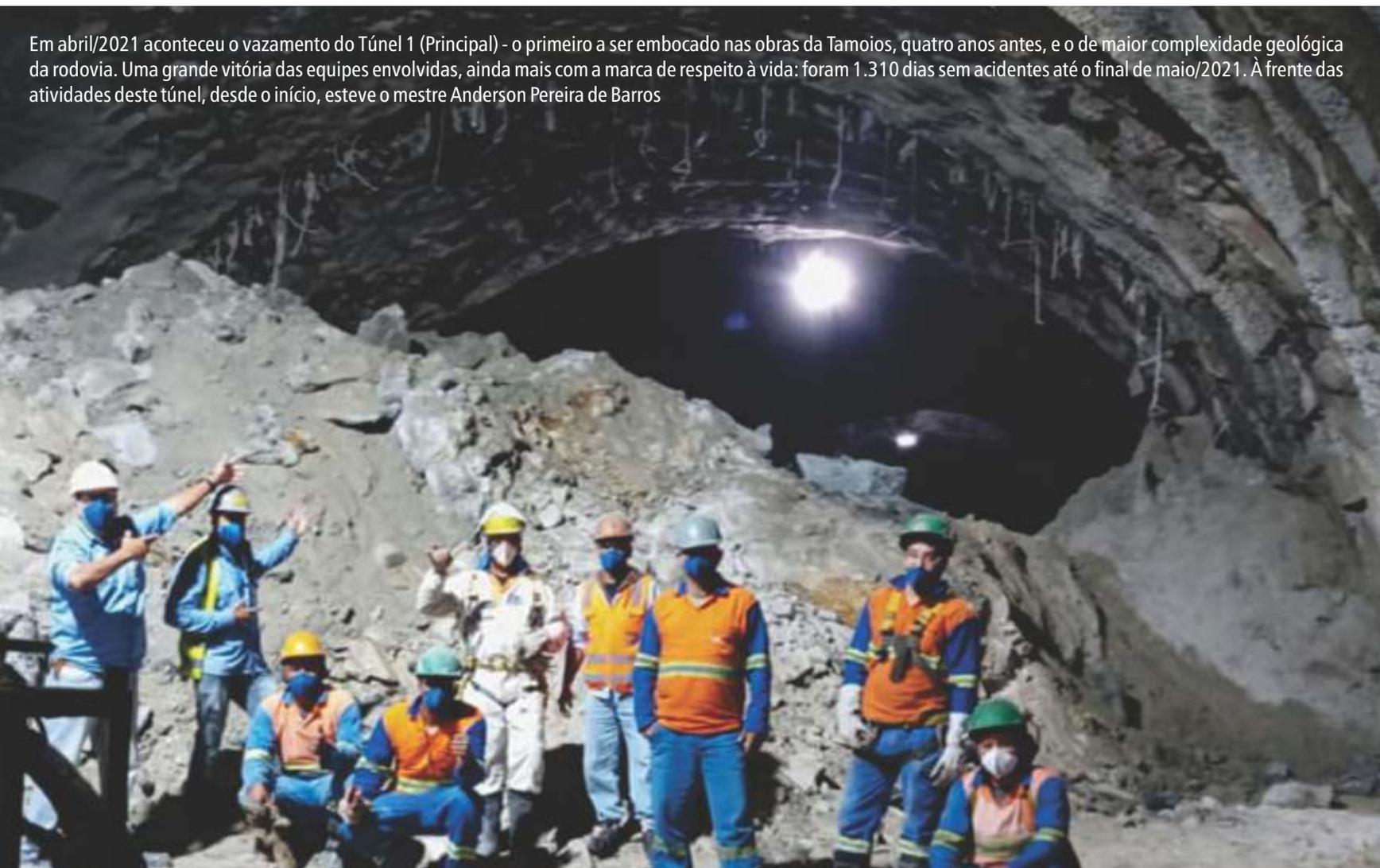
Túnel 3/4



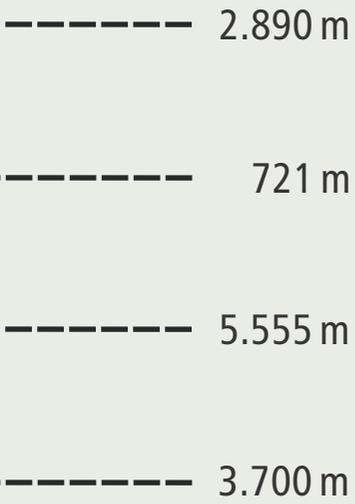
Túnel 5



Em abril/2021 aconteceu o vazamento do Túnel 1 (Principal) - o primeiro a ser embocado nas obras da Tamoios, quatro anos antes, e o de maior complexidade geológica da rodovia. Uma grande vitória das equipes envolvidas, ainda mais com a marca de respeito à vida: foram 1.310 dias sem acidentes até o final de maio/2021. À frente das atividades deste túnel, desde o início, esteve o mestre Anderson Pereira de Barros

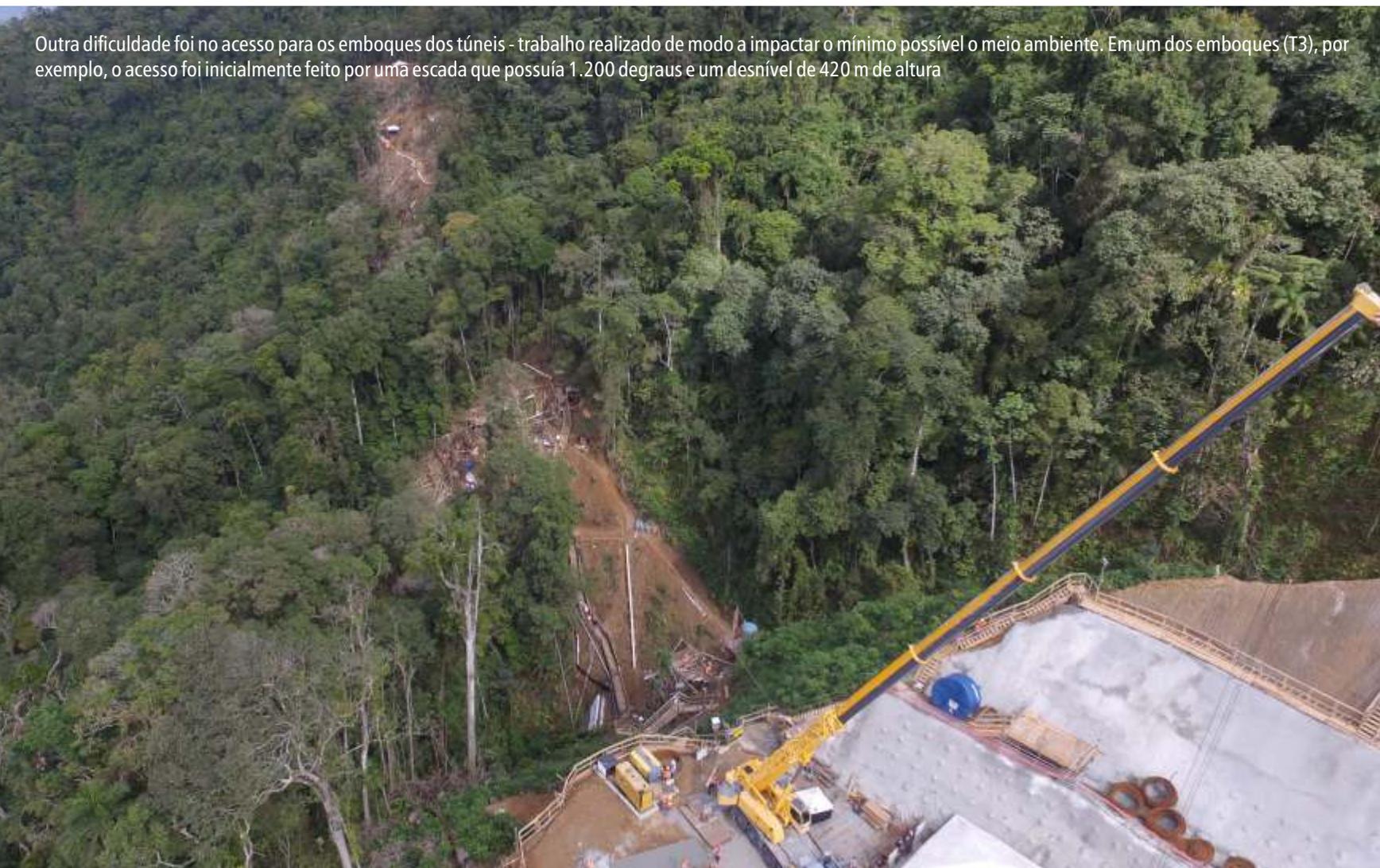


Extensão (Túnel Principal)



O encontro das frentes dos túneis 3 e 4 aconteceu em julho/2021 - foram três anos e meio de escavações

Outra dificuldade foi no acesso para os emboques dos túneis - trabalho realizado de modo a impactar o mínimo possível o meio ambiente. Em um dos emboques (T3), por exemplo, o acesso foi inicialmente feito por uma escada que possuía 1.200 degraus e um desnível de 420 m de altura





Tecnologia robótica

O processo de escavação dos túneis contou com o suporte de estações robóticas de alta precisão. O uso dos equipamentos permitiu uma análise instantânea da seção escavada, verificando os locais de over e underbreaks (sobre e subescavação).

Após o reprocessamento dos dados, os planos de fogo eram reavaliados, o que acarretou na redução da área de tratamento e otimização dos insumos.

Furos precisos - As perfuratrizes hidráulicas de três braços (jumbos) operavam nos túneis com o sistema T-CAD embarcado, um software com interface direta com a estação robótica da topografia.

Os braços do equipamento se posicionavam conforme o plano de fogo previsto no sistema.

A implementação do sistema garantiu o alcance de elevados índices de produtividade nos ciclos de escavação, além de qualidade na geometria do contorno.





“A ciência pode nos divertir e fascinar, mas é a engenharia que muda o mundo”.
(Isaac Asimov – escritor, cientista americano)



“Desde o dia em que assumi a gestão das obras de duplicação da serra da Tamoios dois propósitos me nortearam: o respeito que eu deveria ter pela vida de cada trabalhador e a certeza de que, em equipe, iríamos vencer.

Alguns desafios eu conhecia, mas tinha comigo que outros ainda viriam... e se me perguntarem se senti algum receio... sim, senti. Mas maiores que todos eles foram a confiança e a convicção de que, se saíssemos da zona de conforto, os passos principais estariam garantidos.

Meus sinceros agradecimentos a cada colaborador que, com sua experiência e sua entrega, teve grande importância para o empreendimento. Todos fizeram a diferença!

Seguiremos em frente, honrando a trajetória de valores, determinação e ousadia do Grupo Queiroz Galvão”.

Fábio Figueiredo

Gerente do Contrato

Rodovia dos Tamoios



Tradição e fé

É tradição nas obras que envolvem a construção de túneis que a imagem de Santa Bárbara, padroeira dos tuneleiros e mineradores, seja exposta nos emboques.

Na duplicação da Tamoios as cerimônias de bênção foram realizadas em todos os emboques.

Participavam os colaboradores da frente de serviço, engenheiros e representantes da Concessionária Tamoios. A primeira cerimônia aconteceu em 25 de abril de 2017, no emboque do Túnel 5 Caraguá; e a última foi em 2020, no Túnel 1 Caraguá, em 4 de dezembro, dia de Santa Bárbara.

Primeira cerimônia da obra - Padre Mauro José Ramos cumprimenta colaboradores após a bênção de Santa Bárbara, no T5 Caraguá, em abril de 2017





A imagem de Santa Bárbara do emboque do T1 São José foi trazida de Portugal pelo engenheiro Julio Cezar Batista Torres, coordenador do Acompanhamento Técnico das Obras (ATO) dos túneis



Última cerimônia - Padre André Vilela, em 4 de dezembro de 2020, abençoa capelinha e colaboradores do emboque do T1 Caraguá



Bênção no Túnel 3, com padre André Beghini Vilela; a cerimônia foi realizada em 4 de dezembro de 2019. Padre André chegou ao emboque "de corona" no teleférico do Cable Crane

“Vocês estão criando um caminho a partir do que foi criado por Deus...”

“Se você coloca amor no que faz, na sua rotina; se coloca alegria e esperança, as coisas fluem”.

Mensagens do padre André Beghini Vilela durante as cerimônias

Reflexão - Na véspera da cerimônia da bênção de Santa Bárbara no Túnel 4 Caraguá, realizada em 11 de janeiro de 2019, o padre Mauro Ramos foi inspirado a escrever uma mensagem especialmente para os colaboradores das obras da duplicação da Tamoios.

O Trabalho

Deus abençoe o trabalho... Deus abençoe os trabalhadores!

O trabalho dignifica o ser humano...

Deus foi o primeiro a trabalhar duro para nos dar o mundo e a vida. Ele viu que tudo o que ele havia criado era bom!

O trabalho tatua na mão e no caráter os calos da honestidade.

O trabalho registra no rosto e na alma do trabalhador as rugas do esforço e as cicatrizes das experiências vividas.

O trabalho é a oração silenciosa dos humildes: onde a família é a prece mais forte.

O trabalho tem o poder de transformar...

Transforma o suor em pão de cada dia;

Transforma o acordar cedo e o dormir tarde em futuro para os filhos;

Transforma a saudade em garantia de conforto para a família;

Transforma a ausência em compreensão e orgulho;

Transforma o cansaço em moradia, em saúde, em escola, lazer, manutenção...

Transforma os sonhos concretos em realidades concretas.

O trabalho é o ofertório da missa da nossa vida.

O trabalho é a matéria-prima da construção de um lar.

Quem trabalha com alegria faz multiplicar os frutos que o trabalho gera.

O trabalho é o uniforme dos justos.

O trabalho é o diploma dos simples.

Quem agradece pelo seu trabalho há de ter trabalho sempre.

Quem trabalha com coragem e vontade há de ter sempre um sono tranquilo e um bom descanso.

A paz, a tranquilidade, o sentimento de dever cumprido, a gratidão,

o bom serviço prestado... sempre serão elementos fundamentais do fundo de garantia do nosso caráter e da nossa existência.

A segurança, o bem-estar, a confiança no outro, o compromisso, a amizade, o companheirismo, a dedicação, o reconhecimento do esforço de empregados e de empregadores precisam ser a regra máxima de toda empresa.

O trabalho precisa reconhecer que a vida da pessoa está sempre em primeiro lugar.

O trabalho precisa levar em conta que homens são homens e máquinas são máquinas.

E por fim... a Fé em Deus precisa ser a base mais forte de qualquer trabalho.

Quem não tem Fé em Deus, não vive... apenas sobrevive... empurra a vida com as angústias...

A Fé em Deus ilumina cada dia do trabalhador, mesmo antes do sol nascer, ou mesmo antes do sol se pôr..

Quem trabalha com Fé nunca padece.

Quem trabalha com Fé sempre agradece.

Quem trabalha com Fé sempre tem o que merece.

Deus abençoe a todos!

Padre Mauro José Ramos

Cerimônia de bênção e entronização da imagem de Santa Bárbara, padroeira dos mineradores e tuneleiros

T4 CAR - Rodovia dos Tamoios - Caraguatatuba, 11 de janeiro de 2019

Texto escrito especialmente para os colaboradores da obra Rodovia dos Tamoios/ CQG

“Grande e desafiadora esta obra sempre foi, mas era isso que a empresa queria e precisava...assim, a Empresa pôde mostrar suas soluções de engenharia e alternativas executivas, que nos encheram de orgulho.

As visitas ao canteiro de obras sempre foram marcadas por um espírito de equipe em busca de vencer os obstáculos...e pouco a pouco foram superados. Era como uma “faculdade” de engenharia, com ênfase em estruturas, geologia, meio ambiente e gestão de pessoas, onde certamente todos que por ali passaram saíram maiores do que entraram.

O legado que fica para os usuários é imenso, dando fluidez e segurança na duplicação do trecho da Serra da Tamoios, trecho belo por natureza. A sustentabilidade agradece e nós também, por ser parte deste time”.

Bergson Araújo Cajueiro

Diretor de Operações

Construtora Queiroz Galvão



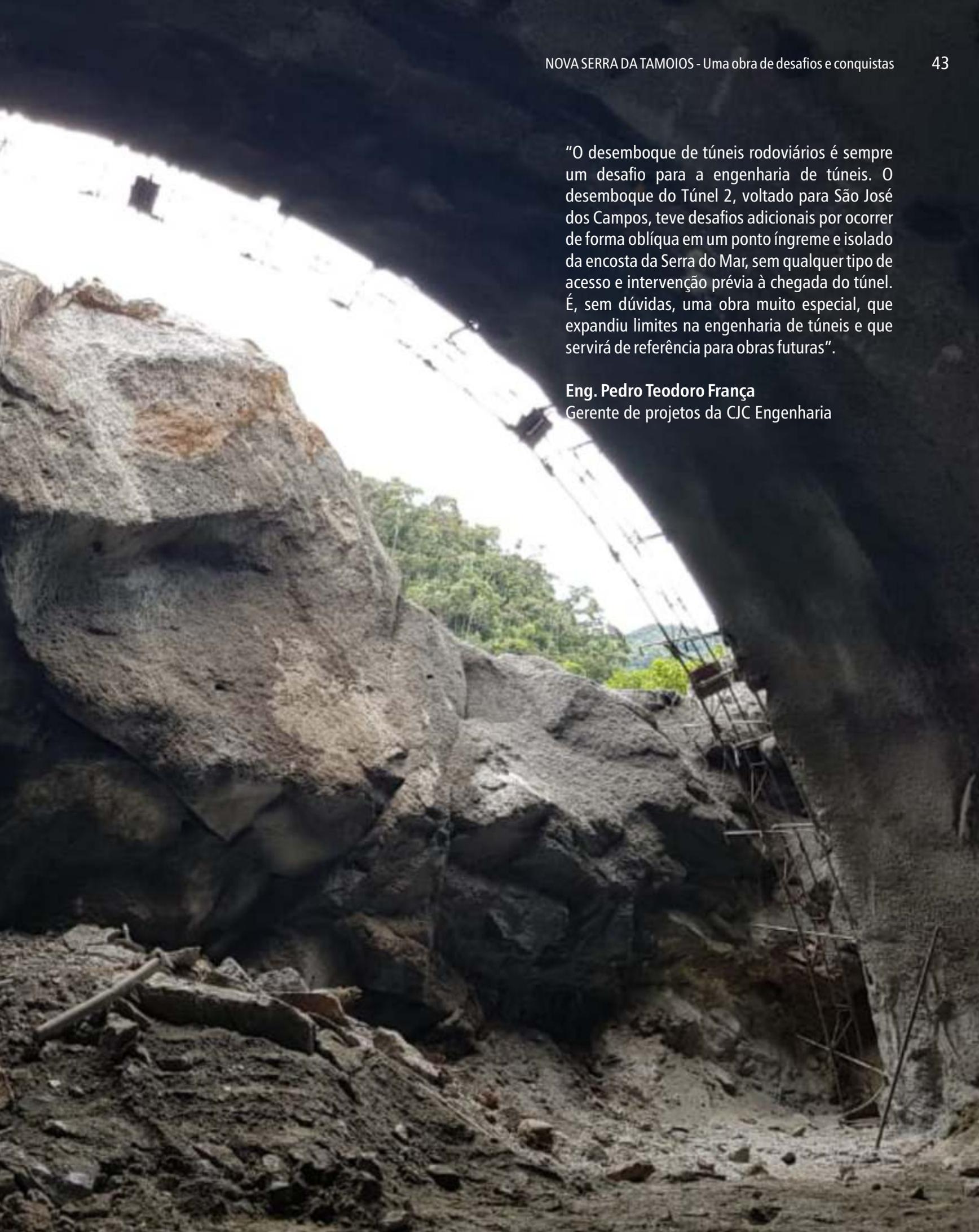


Execução dos pilares do Viaduto 6, em 15 de fevereiro de 2017

Desemboque na Mata Atlântica

Instante em que o Túnel 2 desemboca em região inóspita do Parque Estadual da Serra do Mar, até então intocada pelo homem...





“O desemboque de túneis rodoviários é sempre um desafio para a engenharia de túneis. O desemboque do Túnel 2, voltado para São José dos Campos, teve desafios adicionais por ocorrer de forma oblíqua em um ponto íngreme e isolado da encosta da Serra do Mar, sem qualquer tipo de acesso e intervenção prévia à chegada do túnel. É, sem dúvidas, uma obra muito especial, que expandiu limites na engenharia de túneis e que servirá de referência para obras futuras”.

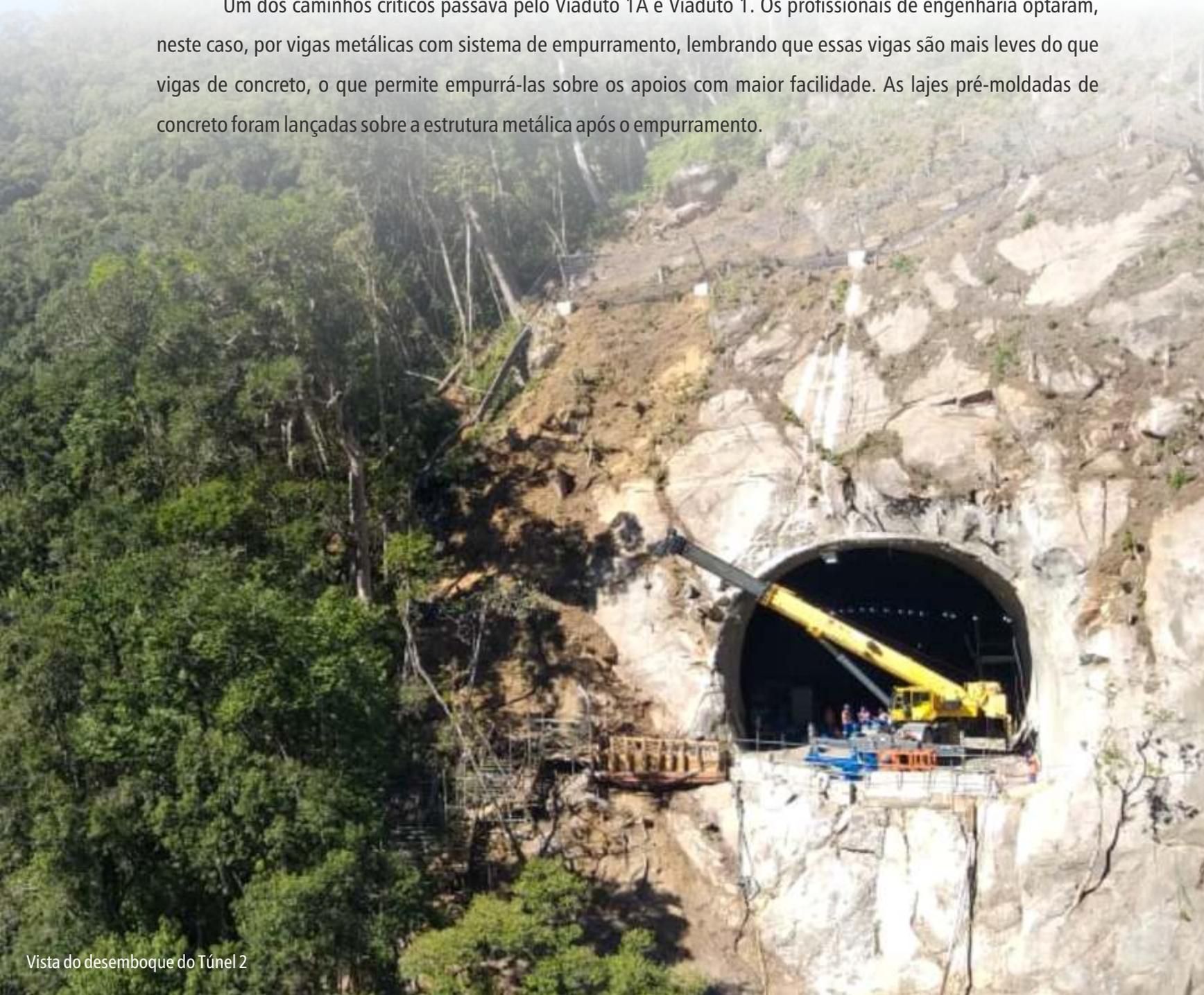
Eng. Pedro Teodoro França
Gerente de projetos da CJC Engenharia

A obra lança caminhos e preserva a mata

As Obras de Arte Especiais da nova serra da Tamoios contribuíram substancialmente para a redução do impacto sobre a cobertura florestal predominante no trecho. Ao longo dos 2,6 km de extensão, as pontes e viadutos foram soluções que viabilizaram o novo percurso.

A implantação de alguns viadutos exigiu uma realidade de empenho dos profissionais ainda não vivenciada por muitos deles. Foi primordial a determinação em enfrentar, em equipe, as exigências que a preservação da mata apresentava. Sair da zona de conforto se transformou em lema.

Um dos caminhos críticos passava pelo Viaduto 1A e Viaduto 1. Os profissionais de engenharia optaram, neste caso, por vigas metálicas com sistema de empurramento, lembrando que essas vigas são mais leves do que vigas de concreto, o que permite empurrá-las sobre os apoios com maior facilidade. As lajes pré-moldadas de concreto foram lançadas sobre a estrutura metálica após o empurramento.



“Para vencer a dificuldade de acesso naquela região – viaduto partindo do desemboque do túnel numa encosta com inclinação acentuada – o emprego da estrutura metálica mostrou-se a alternativa ideal para viabilizar a transposição do vale, eliminando a necessidade de equipamentos pesados para lançamento das vigas e reduzindo a área de trabalho no entorno, o que também contribuiu para a preservação da mata”, lembra o engenheiro Iberê Martins da Silva, da Engecorps Engenharia.

Já que o único acesso aos viadutos dependia do Túnel 2, uma solução foi dar início à execução dos viadutos enquanto o túnel era escavado. As lajes pré-moldadas foram executadas com antecedência, no pátio de montagem externo ao túnel.

A superestrutura metálica foi da mesma forma preparada no interior do túnel e em paralelo à execução da infra e mesoestrutura. As vigas foram montadas em módulos dentro do túnel e, após a conclusão da mesoestrutura em concreto armado, teve início o procedimento de empurramento.

Empurramento controlado - A utilização de aparelhos de teflon e batedores em cobre fez com que a força de atrito entre a estrutura e o berço de montagem fosse reduzida para 10% do peso total da estrutura. “O que condicionou um processo de empurramento mais controlado e esforçando menos a mesoestrutura, de forma a aliviar os esforços acidentais durante a fase crítica da obra”, destaca o engenheiro Pedro Paulo dos Anjos.

Esforço mata adentro...

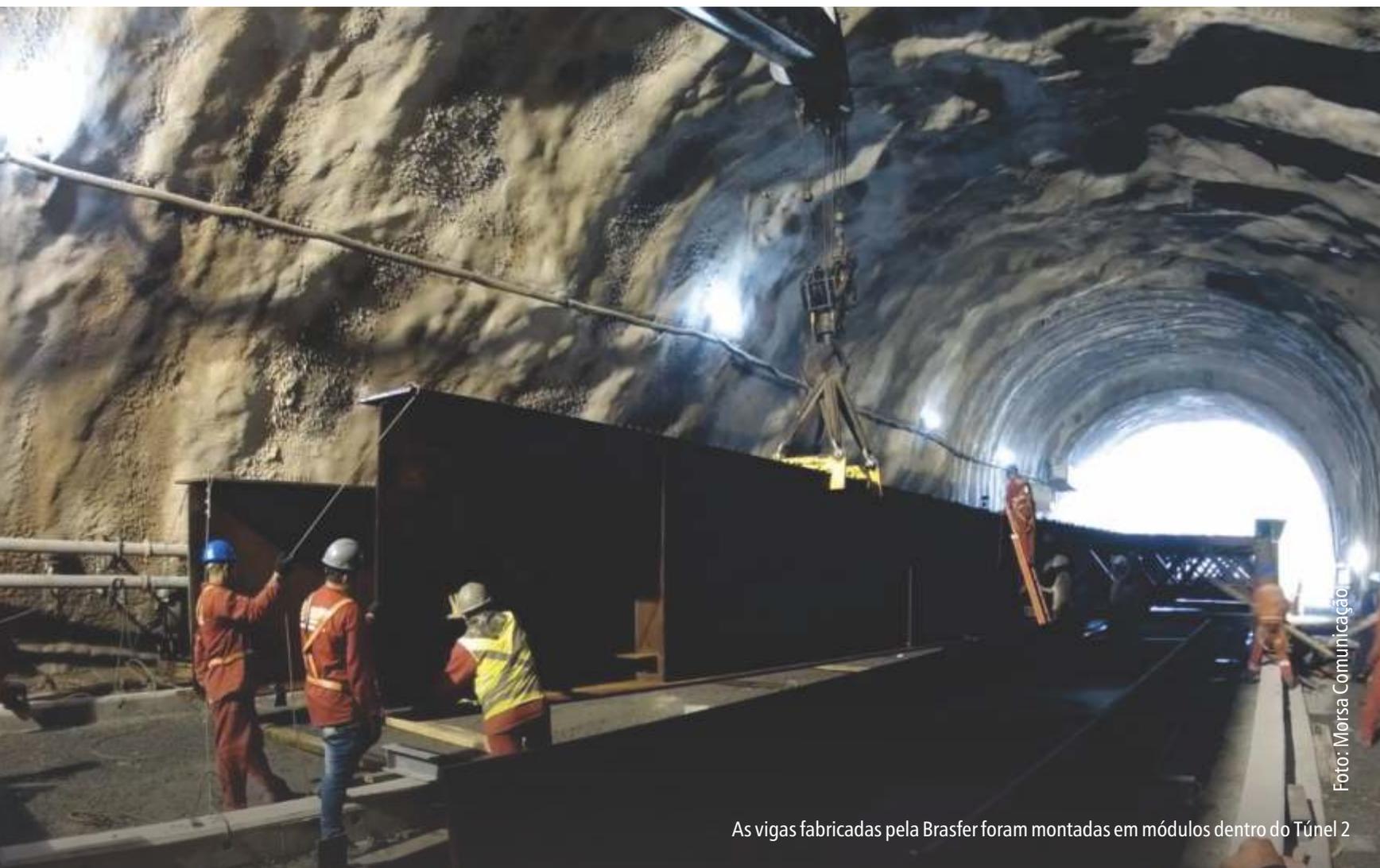
No início de 2019, com o empreendimento já tendo conquistado avanços significativos, em alguns trechos da obra ainda era preciso abrir caminhos mata adentro para que as equipes conseguissem seguir adiante com os próximos desafios; entre eles os Viadutos V1A e V1. Os cuidados eram constantes com o resgate de espécies animais e vegetais.

Logo cedo, às seis da manhã, a equipe de Supressão Vegetal partia da altura do km 67 da rodovia (pista de descida atual) para mais um dia de trabalho. Percorriam em média dois quilômetros até o ponto das atividades, levando tudo que precisavam: foices, facões, motosserras, água, alimentos... Enfrentaram dias frios, dias quentes, chuva, neblina. Em alguns pontos, a inclinação dos morros era ainda mais desafiadora. O espírito de equipe e o comprometimento desta turma garantiram que a missão fosse cumprida.





Em função das condições geológicas e geotécnicas nas localidades do Apoio 2 do V1A, foi necessária a contratação de alpinistas técnicos para a execução de alguns serviços como bate choco mecanizado, instalação de tirantes com monobarras, concreto projetado e instalação de barreiras dinâmicas sobre o túnel





Empurramento do V1A de dentro do Túnel 2. O sistema usou conjunto de macacos hidráulicos com capacidade de carga de 100t

Foto: Morsa Comunicação



Viaduto 1A lançado e rebaixado

Foto: Morsa Comunicação



Viaduto 2, em março de 2019



O Viaduto 2 tangenciava a rodovia existente

Cable Crane: o auge do desafio

Como era condição inegociável no empreendimento não construir extensos caminhos de serviço em superfície dentro da área ambiental protegida, uma resposta à altura precisou ser encontrada.

Para a construção do Viaduto 3 e de um dos emboques do Túnel 3/4, em trecho de mata e topografia íngreme, foi utilizado pela primeira vez no Brasil o Cable Crane, um teleférico de carga fabricado na Áustria, superando obstáculos do terreno e condições climáticas marcadas pela neblina densa, chuva e ventos.

A solução permitiu preservar 41 mil m² de mata nativa - o equivalente a cinco campos de futebol - sendo reconhecida pelo Prêmio Eco de Sustentabilidade 2017, da Câmara Americana de Comércio (AMCHAM).

Foi um "senhor desafio" a montagem completa da estrutura, considerado por profissionais experientes da construtora um dos momentos mais estressantes da carreira. A disciplina e a obstinação por "fazer dar certo" foram imprescindíveis.



Um helicóptero, com capacidade de carga de 3.500 quilos, foi contratado especialmente para fazer a movimentação e encaixe dos módulos de uma das torres.

Uma pista de teste foi preparada para que pudessem ser realizados os experimentos. Tudo que representasse peso extra para a aeronave foi removido, inclusive uma porta, o que contribuiu para o alcance visual perfeito do piloto. A quantidade de combustível também precisou ser controlada para não interferir na capacidade de carga, o que limitava a quantidade de tentativas de acertos...

Após 35 viagens de helicóptero, com direito a ventos característicos da região, missão cumprida: torre montada com maestria. A outra torre foi montada com auxílio de um guindaste. Daí em diante, era dar sequência às etapas para que o equipamento entrasse em operação. Todo processo de montagem e operação esteve sob a gestão do setor Industrial do empreendimento, com apoio da fabricante do teleférico, a LCS.

Era admirável olhar para o alto e constatar o que antes era apenas uma possibilidade: o transporte de perfuratrizes, escavadeiras, carregadeiras, compressores, geradores, ventiladores, insumos (cimento, aço, forma, escoramento metálico etc), rocha escavada dos túneis, concreto... Tudo pelos cabos aéreos do Cable Crane... Decididamente, uma operação de sucesso.

Com vontade e garra, eles chegaram lá

Um grupo de colaboradores atuou bravamente nas atividades de fundação da montagem da Torre 1 do Cable Crane e contenção do emboque do Túnel 3.

Diariamente encararam um acesso que exigia intenso esforço físico, com relevo extremamente acidentado. E alguns dias eram mais puxados que outros... devido à região de mata fechada, o barro custava a secar depois que chovia...

Seguiram dando exemplo de união e força de vontade; e as atividades avançaram de forma segura e produtiva.

Uma logística bem organizada foi estabelecida desde o início quando chegaram na região, em maio de 2018. "Precisamos dar solução para atividades essenciais do dia a dia, como levar água, alimentos, materiais e equipamentos", lembra o mestre Arnaldo Gomes Leal.

Antes de construírem as escadas e implantarem as melhorias, o acesso era feito pela trilha com auxílio de cordas. "Juntos, nós fomos encontrando as soluções pra vencermos as adversidades de cada dia, de cada etapa", conta o mestre.

O carpinteiro José Martins conta que encontrava alívio na beleza da natureza: "Mesmo com acesso difícil, ali perto da natureza sentia paz pra tocar minhas atividades".

E como lembra Wilton Magalhães, outra liderança que atuou naquela área: "Às vezes sentia como se a gente voltasse no tempo ali...".



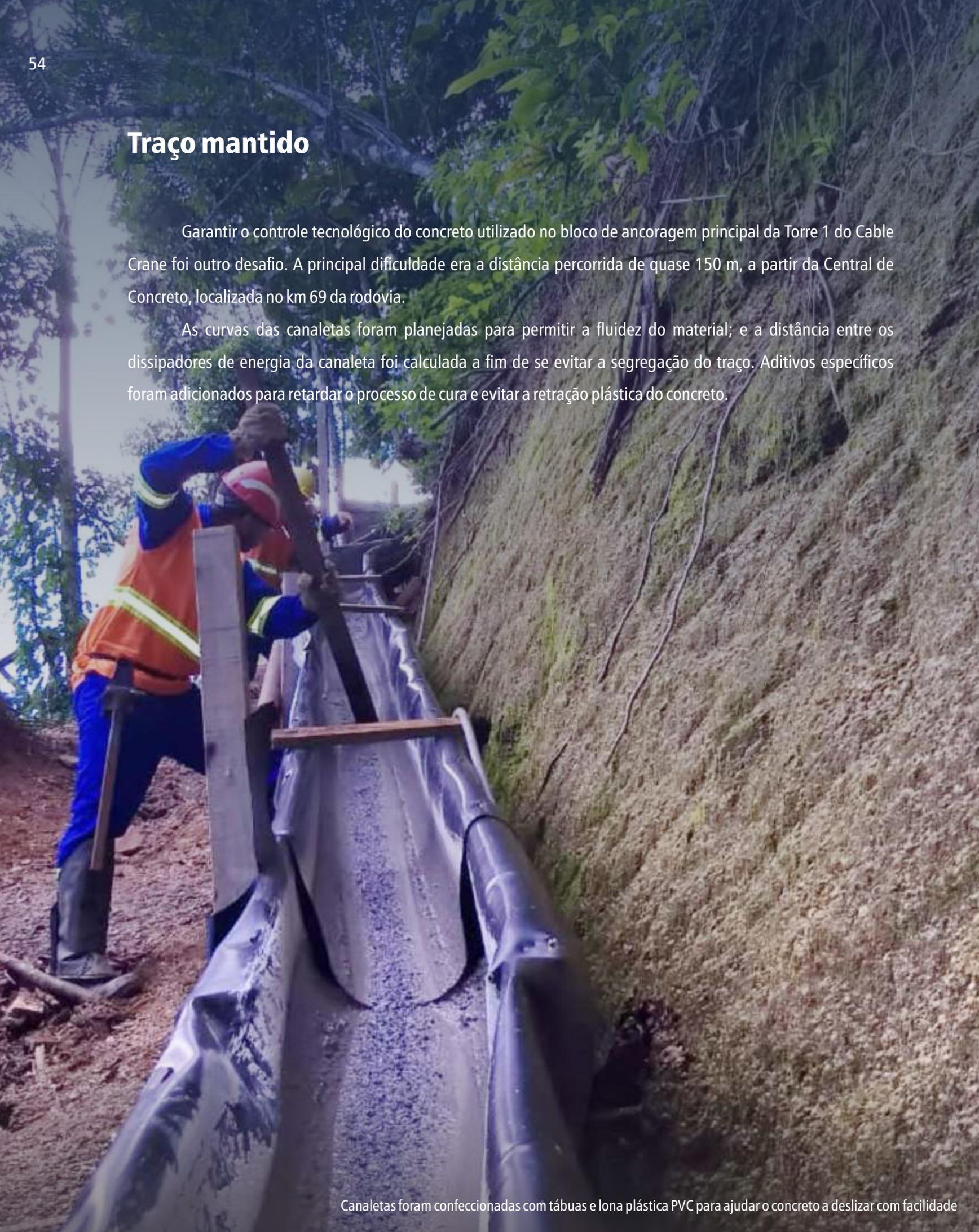


“Quanto maiores são as dificuldades a vencer, maior será a satisfação”.
(Marco Túlio Cícero - filósofo romano)

Traço mantido

Garantir o controle tecnológico do concreto utilizado no bloco de ancoragem principal da Torre 1 do Cable Crane foi outro desafio. A principal dificuldade era a distância percorrida de quase 150 m, a partir da Central de Concreto, localizada no km 69 da rodovia.

As curvas das canaletas foram planejadas para permitir a fluidez do material; e a distância entre os dissipadores de energia da canaleta foi calculada a fim de se evitar a segregação do traço. Aditivos específicos foram adicionados para retardar o processo de cura e evitar a retração plástica do concreto.



“O talento vence jogos, mas só o trabalho em equipe ganha campeonatos”.
(Michael Jordan – jogador de basquete)



Cable Crane em números

Início da operação: 08/03/2019

Término da operação: 24/08/2020

Tempo de montagem: 5 meses

535 dias em operação

7.250 horas trabalhadas

90,64% de disponibilidade mecânica

41.932 viagens

Distância entre as torres: **394** m

Diâmetro do cabo principal: **65** mm

Capacidade de carga: **20** toneladas

Velocidade de deslocamento: **4** m/s

Velocidade de içamento: até **1,5** m/s com **2.000** Kg

Altura da torre S1: **42,1** m

Altura da torre S2: **34,9** m

Sistema com seis câmeras para operação





A engenharia foi posta em xeque diante do Viaduto 3. Planejamento detalhado, logística precisa, estudos minuciosos, ousadia, criatividade e um incontestável trabalho em equipe. Difícilmente ele sairia do papel sem estes ingredientes... Profissionais, de fato, comprometidos, destemidos e determinados.

Colocar o viaduto “de pé” demandou desde o início soluções diferenciadas. Diante da complexidade de acesso e do contínuo respeito ao meio ambiente, a tecnologia do Cable Crane foi peça-chave para que os desafios fossem superados.

Mestre Arnaldo Gomes Leal, uma das lideranças de campo, lembra que “era preciso estar sempre atento para ideias complementares”.

A instalação de uma grua, com altura de 32 m e lança com alcance de 50 m, foi necessária para que todos os insumos do Apoio 3 pudessem ser transportados pelo Cable Crane. “Como o eixo do teleférico não coincidiu com o eixo do viaduto, esta foi uma solução que contribuiu para a otimização de recursos e aumento da produtividade”, lembra o engenheiro Guilherme Hallack.

Uma treliça entrou em operação para viabilizar a concretagem das aduelas em balanço sucessivo; um deck foi montado para facilitar o transporte do equipamento.



“A força não vem de vencer. Suas lutas desenvolvem suas forças. Quando você atravessa dificuldades e decide não se render, isso é força”.
(Arnold Schwarzenegger - ator, empresário)





Avanço da treliça; execução das aduelas do balanço sucessivo no Viaduto 3



Bloco 2 do Viaduto 3 - uma das maiores peças estruturais da obra, com 900 m³ de concreto



Passarela, com 160 metros de extensão, instalada pra facilitar o deslocamento dos colaboradores que atuaram na área do Viaduto 3

Números do Viaduto 3

Método Construtivo: Balanço Sucessivo

Pavimento Rígido do Viaduto: 363 m³

Concreto: 7.668 m³

Aço CA 50: 1.122.000 kg

Aço CP190 (cordoalha): 182.000 kg

Extensão: 310 m

Vão livre principal: 125 m

Altura máxima em relação ao solo: 65 m

Tempo de execução: 4/6/2018 a 28/10/2020 (2 anos e 5 meses)

“Como engenheiro, poderia falar de engenharia, mas prefiro falar do sentimento que mais me toca nesta ocasião: **Emoção**.

Emoção de estarmos fazendo história ao concluir uma obra **icônica** que passa a ser referência em termos de engenharia rodoviária no Brasil. O Coronel Edgard Pereira Armond, que na década de 1930 iniciou a implantação da Rodovia dos Tamoios, nem poderia sonhar com a transformação que viria neste quase um século transcorrido da sua **heróica implantação**: do lombo de burro ao Teleférico de Carga (Cable Crane); do cascalho ao asfalto com polímero; do pontilhão ao viaduto montado “de cima para baixo” e ao maior túnel do Brasil; do telégrafo ao Wi-Fi.

Exemplar no cuidado do meio ambiente com mais de 450 mil árvores plantadas; com um Centro de Recuperação de Animais Silvestres – CRAS – que se tornou referência no Estado de São Paulo; no tratamento dos eflúvios da obra; no reaproveitamento das sementes, orquídeas e bromélias coletadas. A Tamoios, com esta obra, provou que **boa infraestrutura e sustentabilidade podem (e devem) andar juntas**. Nessa era de aquecimento global e tantos outros desafios ambientais, a Concessionária Tamoios exerceu sua Responsabilidade Social e contribuiu (e continuará contribuindo) com uma sociedade mais segura e mais próspera.

Referência em tecnologia e automação com o que há de mais moderno no setor.

Paradigma em termos de segurança ao usuário com sua rede Wi-Fi, câmeras inteligentes, automação de sistemas de detecção de acidentes, alargamento de curvas na Serra antiga, passagens de fauna subterrâneas e aéreas, recuperação de pavimento e, sobretudo, dedicação e compromisso dos profissionais da Tamoios para com os usuários e suas famílias.

Enfim, mas não menos importante, a **valorização do ser humano como centro de todas as coisas**: da geração de empregos, da segurança e conforto do trabalhador e do usuário à formação de centenas de profissionais.

Nesta preponderância do ser humano, aproveito a oportunidade para **agradecer a todos os colaboradores** que com dedicação e profissionalismo viabilizaram este empreendimento que marcará a vida de todos nós”.

Marcelo Stachow Machado

Diretor-Presidente da Concessionária Tamoios

Reconhecimento

A complexidade e qualidade na execução do Viaduto 3 garantiram à Construtora Queiroz Galvão premiações especiais.

✓ Prêmio Eco de Sustentabilidade 2017 – primeiro lugar na categoria Empresa de Grande Porte, na modalidade Práticas de Sustentabilidade em Processo – promovido pela Câmara Americana de Comércio (AMCHAM) em parceria com o jornal O Estado de S. Paulo



✓ Prêmio Internacional "Excellence in Concrete Construction" 2021 – segundo lugar na Categoria Infraestrutura

✓ Prêmio Engenharia Estrutural 2021 – menção honrosa – promovido pelo Grupo Gerdau e pela Associação Brasileira de Engenharia e Consultoria



Vista dos Viadutos 5 e 4



Viaduto 4, em março de 2019



Viaduto 4, em julho de 2019



Viaduto 5, em março de 2019



Primeira viga levada pelo carrelone para o Viaduto 5. O transporte e lançamento das vigas pré-moldadas do Viaduto 5, o terceiro maior do empreendimento, aconteceu com apoio do Carrelone e contou com rigoroso planejamento. Trata-se de um equipamento similar a um pórtico, que avançou na velocidade média de 4 km/h por uma extensão de 4,6 km. Foi puxado por uma pá carregadeira e atravessou cerca de quatro quilômetros pelo Túnel 5

“Ultrapassar os limites não é um erro menor do que ficar aquém deles”.
(Confúcio - filósofo chinês)





O **Viaduto 6**, localizado na baixada litorânea e com mais de 900 m de comprimento, apresentou um desafio na solução de fundação, em que deveria se manter estável, mesmo ultrapassando camadas de solos moles. A solução encontrada foi a de estacas de concreto pré-moldadas com comprimentos entre 40 e 50 m de profundidade, cravadas e posteriormente com capacidades de carga testadas que garantiram sua eficiência. Foram encomendadas ao fornecedor estacas com geometrias diferentes das normalmente encontradas no mercado.



“Toda equipe da Engecorps Engenharia encontrou-se muito motivada desde o início do projeto de duplicação do trecho de serra da Rodovia dos Tamoios, sabendo que enfrentaríamos grandes desafios para dar suporte a soluções diferenciadas que a implantação de uma obra desse porte, numa área de proteção ambiental com terreno muito acidentado, exigia.

No desenvolvimento do projeto executivo foram várias obras memoráveis, entre as quais: a ponte sobre o reservatório da Represa de Paraibuna; o viaduto V6 se estendendo por cerca de 950 m do emboque do túnel T5 à planície litorânea; o viaduto V1A, com lançamento das vigas metálicas empurradas de dentro do desemboque do túnel T2; o viaduto V3, com 125 m de vão central e 65 m de altura máxima sobre o terreno, construído por balanços sucessivos com apoio de teleférico de carga.

Para além das folhas de projeto, nossa equipe também atuou no acompanhamento técnico da obra, interagindo com a equipe da Construtora Queiroz Galvão para solucionar dúvidas e dar apoio em situações imprevistas ou ajustes de metodologia construtiva que são inerentes a esse tipo de obra. Nessa atividade surgiu uma relação de confiança que trouxe grande sinergia, com projeto e construção caminhando juntos para sucesso do empreendimento.

Nosso trabalho árduo foi reconhecido no meio técnico; o viaduto V3 recebeu a menção honrosa no Prêmio Talento Engenharia Estrutural 2021 – Abece/Gerdau, e conquistou o segundo lugar no Excellence in Concrete Construction Awards 2021, promovido pelo ACI (American Concrete Institute).

Finalmente nos sentimos muito felizes e realizados por participarmos da realização desse empreendimento que trará mais segurança e conforto aos milhões de usuários que trafegam anualmente na Rodovia dos Tamoios”.

Iberê Martins da Silva

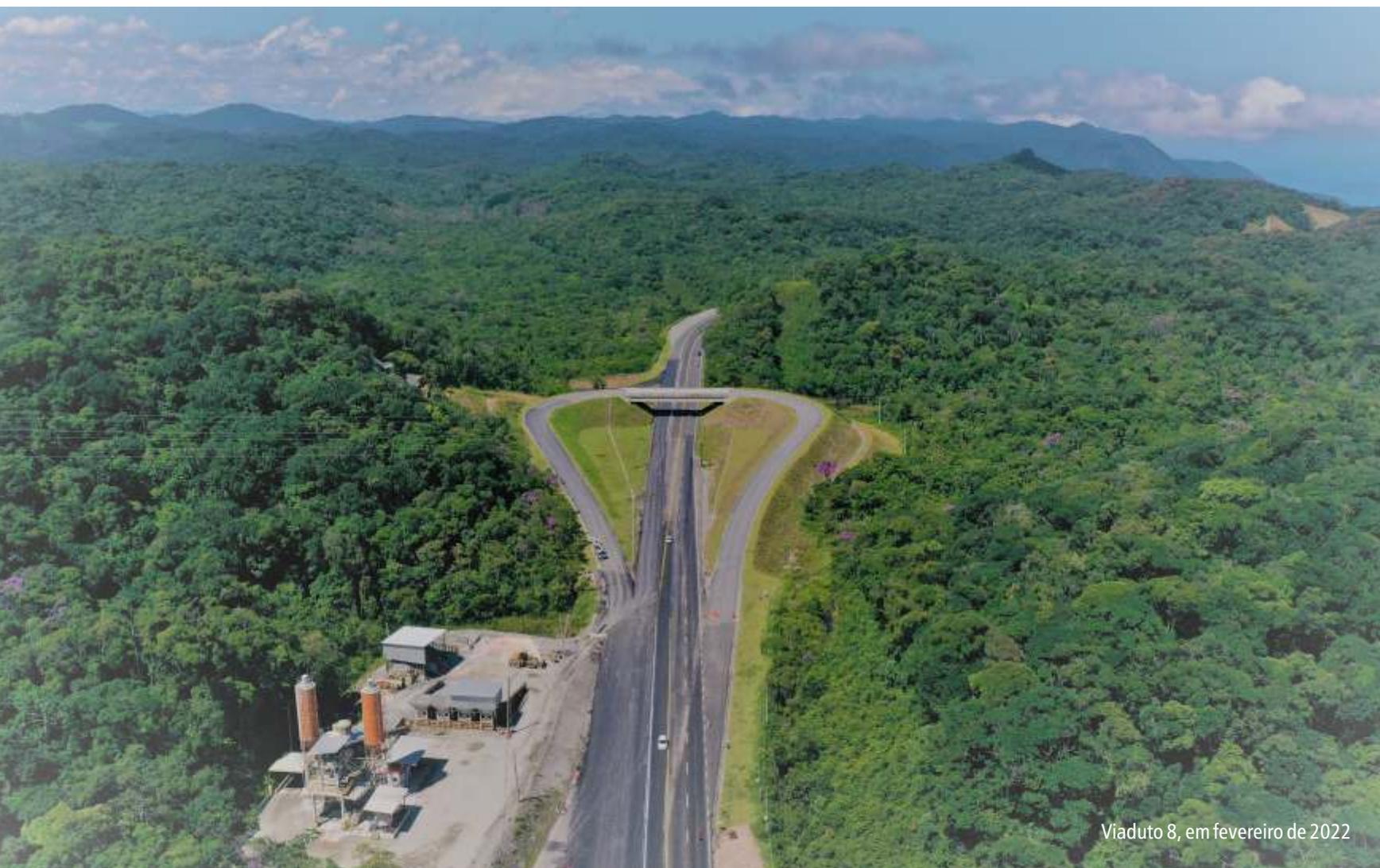
Chefe do Departamento de Estruturas da Engecorps Engenharia

1º Secretário da Associação Brasileira de Pontes e Estruturas

Conselheiro Suplente do Instituto Brasileiro do Concreto



Viaduto 7, em fevereiro de 2022



Viaduto 8, em fevereiro de 2022

“Há uma forma de fazer isso melhor –
encontre-a”.
(Thomaz Edson – inventor)





Viaduto 10, em fevereiro de 2022



Passagem Inferior (PI) - km 82, em março de 2021

“A história da Rodovia dos Tamoios (SP-099) remonta à década de 1930, sendo que somente em 1957 foi pavimentada e posteriormente, nos anos 70, passou por uma melhoria de traçado, quando em 1978 foi batizada oficialmente em referência histórica ao nome de uma tribo indígena que habitava o Litoral Norte Paulista e o Litoral Fluminense. Em 2012 o trecho do planalto foi duplicado e, a partir de sua concessão, em 2015, experimentou uma vertiginosa revolução, no sentido de renovação, transformação, inovação e modernização.

Quando o usuário estiver trafegando pelo novo trecho de transposição da Serra do Mar, seja a trabalho ou a lazer, talvez não tenha a dimensão de todo esforço, dedicação, inovação, tecnologia, inteligência etc que foram empregados para que se pudesse desfrutar de uma viagem segura e agradável e deslumbrar a beleza cênica da imponente Serra do Mar e da vista da enseada de Caraguatatuba, dentre outras.

Os mais entusiastas e observadores, além daqueles profissionais da área de engenharia, que para lá se dirigirem, certamente irão se interessar pela magnitude e singularidade das admiráveis obras que irão encontrar ao longo de sua viagem. Isto se deve ao comprometimento, seriedade e pioneirismo da Construtora Queiroz Galvão que, ao longo de toda a construção, contou com a Engecorps Engenharia como uma de suas projetistas concebendo soluções diferenciadas para implantação de várias obras de elevado porte e complexidade, inseridas em área de relevo acidentado e de proteção ambiental no meio da Serra do Mar.

Aqueles da Engecorps envolvidos no projeto, quando tiverem a oportunidade de passar pela nova “Tamoios”, irão sentir que os traçados e as rampas projetados serão os mais confortáveis e seguros, lembrarão que a rodovia foi concebida para ser reversível, possibilitando também o fluxo descendente de acordo com a demanda e necessidades operacionais. Se recordarão também que o projeto dos sistemas de ventilação, iluminação, combate a incêndio, sistemas elétricos e de controle dos túneis foram projetados seguindo normas nacionais e internacionais, envolvendo inúmeras discussões de segurança com os órgãos competentes.

Certamente, cada um terá uma lembrança diferente da época dos “seus projetos” ou das atividades de acompanhamento técnico da obra, principalmente nas especificidades das oito obras de arte ou viadutos que eram chamados simplesmente pela alcunha de V1, V2 até V8 e dos projetos de drenagem, terraplenagem, pavimentos, obras de contenção, estabilização de taludes, fundações e tratamento de solos, edificações e sinalização e segurança viária que foram necessários para implantar e viabilizar tecnicamente a obra.

O “seu projeto” foi intencionalmente inserido porque é assim que nós da Engecorps nos sentimos quando passamos por uma obra da qual participamos como projetistas: saudosos, realizados e orgulhosos por termos contribuído em um empreendimento tão importante e emblemático que facilitará a vida de importante parte da população por várias gerações”.

Ary Paulo Rodrigues

Gerente de Projetos - Engecorps Engenharia

OAE (Obra de Arte Especial)		Extensão
Viaduto 1	-----	95 m
Viaduto 1A	-----	90 m
Viaduto 2	-----	149 m
Viaduto 3	-----	310 m
Viaduto 4	-----	230 m
Viaduto 5	-----	378 m
Viaduto 6	-----	948 m
Viaduto 7	-----	82 m
Viaduto 8	-----	41 m
Ponte de Paraibuna	-----	245 m
Viaduto 10	-----	10 m
Passagem Inferior - km 82	-----	19 m
Total	-----	2.597 m

Proteção especial

Os viadutos, existentes entre os túneis, ficariam sujeitos aos materiais escorregados em eventos instantâneos provocados pelas chuvas ou mesmo o rastejo lento de camadas superficiais de solo.

Uma série de estudos, entre eles o de probabilidade de ocorrência de eventos de movimentos de solo em cada pilar de cada viaduto do trecho duplicado, permitiu maior precisão na aplicação de soluções de proteção.

As soluções propostas, já testadas em viadutos na Rodovia dos Imigrantes, que liga a capital paulista ao Litoral Sul de São Paulo, foram anéis de concreto para o rastejo de solos superficiais e escudos ancorados em rocha para grandes escorregamentos ou fluxo de detritos.

Conformidade ambiental

A complexa demanda proveniente de exigências dos órgãos ambientais foi altamente desafiadora e norteou os estudos de engenharia de forma que o empreendimento alcançasse seu êxito com o menor impacto possível.

Os levantamentos topográficos e geológicos, inspeções de campo, reconhecimento dos obstáculos, além dos estudos de fauna e flora locais foram de extrema relevância.

Nas licenças de implantação foram apresentadas mais de 40 condicionantes a serem cumpridas, além de outras previstas em documentos técnicos específicos.



Detalhe da camisa em concreto armado, que exerce a proteção das fundações contra possíveis rastejos de solo

Excelência no aproveitamento da água

A obra de duplicação da Tamoios possui números impressionantes também quando relacionados ao tratamento e reuso da água: desde o início do empreendimento foram tratados 1.414.850 m³ de água e reutilizados 382.418 m³.

Exigência prevista no processo de licenciamento, o tratamento de efluentes provenientes das escavações dos túneis, foi atendida com êxito sob a gestão da Gerência de Manutenção. Após o tratamento, os efluentes retornavam para o processo de perfuração do túnel ou eram utilizados para outros fins, como por exemplo umectação na Central de Britagem. O excedente era descartado nos corpos hídricos do Parque Estadual da Serra do Mar em condição dentro dos padrões exigidos na legislação.

Um moderno Sistema de Tratamento de Efluentes foi instalado de forma a atender às necessidades dos processos produtivos e às condicionantes ambientais.

Outros números do Sistema de Tratamento:

05 estações;

65.332 horas (horímetro dos equipamentos) de operação das estações em três turnos de trabalho, 365 dias por ano;

Cerca de 800 toneladas de produtos químicos aplicados no tratamento;

683 Geobags utilizados para destinação do lodo.



“Eu sou parte de uma equipe. Então, quando venço, não sou eu apenas quem vence. De certa forma, termino o trabalho de um grupo enorme de pessoas”.

(Ayrton Senna – piloto de Fórmula 1)

A busca pelo melhor

Melhorias de engenharia implantadas ao longo das obras foram fundamentais para a otimização de insumos, tempo de serviços e transporte de materiais.

Durante a escavação dos túneis, por exemplo, com a tecnologia aplicada, as equipes melhoraram a seção escavada, e conseqüentemente evitou-se o desperdício no volume de concreto projetado. Todas as mudanças foram embasadas em estudos geotécnicos.

Na execução das Obras de Arte Especiais, os profissionais de engenharia, alinhados com a produção conseguiram, com as melhorias, otimizar o consumo de concreto, aço CA-50, formas, além de menor uso de cordoalhas.

A readequação nos traços de concreto para uso de areia artificial (pó de pedra) reduziu drasticamente a aquisição de areia natural, com conseqüente redução de impacto ambiental e custo. A busca por melhores resultados foi uma constante também durante as atividades de Terraplenagem, Pavimentação e Drenagem.

Feito em casa - Os moldes prismáticos usados no Laboratório de Controle Tecnológico passaram a ser fabricados pelo setor de Montagem Industrial do empreendimento, o que gerou economia de recursos e deu mais agilidade ao processo. A ideia partiu do encarregado do Laboratório, Reginaldo Martins.



Agregados - Outra sugestão do encarregado foi um revestimento interno de Polietileno de Alta Densidade (Pead) para as caixas de agregados finos que abasteciam as balanças da Usina Misturadora de Concreto.

Com a melhoria, foi possível acelerar a produção e gerar economia: a aderência que o pó de pedra e areia criava nas paredes das caixas diminuiu consideravelmente e o material passou a deslizar com mais rapidez em direção à balança.

Pavimento com alta tecnologia

A pavimentação dentro e fora dos túneis da Tamoios (pavimento rígido e flexível) contou com a tecnologia de uma estação robótica interligada por um sistema operacional via rádio a uma motoniveladora. O objetivo foi entregar um pavimento com melhor qualidade no que diz respeito ao Índice de Regularidade Internacional (IRI) - abaixo dos parâmetros preconizados do projeto. Trata-se de um dos principais indicadores de qualidade de pavimento utilizado no mundo; está diretamente relacionado ao conforto e segurança dos usuários e a uma maior eficiência na produtividade e otimização de custo.



Equipe empenhada para os melhores resultados da pavimentação

Monitoramento em tempo real

A tecnologia do Machine Control, que trata-se de uma plataforma de colaboração baseada em nuvem aberta – a Leica ConX – foi mais uma ferramenta adotada durante as atividades de pavimentação (CCR). Com ela, foi possível o compartilhamento dos projetos de pavimentação entre a estação robótica e o computador de bordo, embarcado na motoniveladora. Os profissionais da Topografia conseguiam visualizar em tempo real o que estava

sendo executado em campo, podendo enviar informações just in time para o operador da motoniveladora e para o topógrafo. Garantindo, dessa forma, um produto final dentro do previsto em projeto; redução de desperdícios e, conseqüentemente, de custo; melhora na segurança do serviço, redução de horas de equipamento e relatórios de as built ao término de cada atividade.

Correção da irregularidade

Outra tecnologia moderna implantada durante o processo de pavimentação (CBUQ) foi o sistema de nivelamento eletrônico MOBA Big Sonic-Ski, que proporcionou um controle preciso e automático da mesa vibratória da acabadora de asfalto.

O sistema conta com o auxílio de até quatro sensores sônicos de cada lado da vibroacabadora, responsáveis por mapear a superfície e controlar o sistema de nivelamento da plataforma executada.



“O desejo vence o medo, atropela inconvenientes e aplanar dificuldades”.
(Mateo Alemán - escritor espanhol)



Principais grandezas do empreendimento

Tirantes: 625.899 m

Explosivos:

5.224.458 kg (Emulsão Explosiva Bombeada)

1.311.157 m (Cordel Detonante)

Perfuração:

12.866 m (Túnel Principal)

12.198 m (Túnel de Emergência)

Concreto Projetado: 179.769 m³

Concreto Estrutural: 49.612 m³

Aço CA-50: 6.249.194 kg

Água para amassamento de concreto: 81.951 m³

Produção de concreto (usinas da obra): 418.489 m³ (Misturadora / Dosadora)

Volume de escavação em túneis: 2.093.382 m³ "IN SITU"

Forma: 272.757 m²

Terraplenagem

Corte: 1.130.308 m³

Aterro: 469.462 m³

Concreto do Pavimento Rígido: 38.835 m³

Pavimento Flexível: 22.304 t

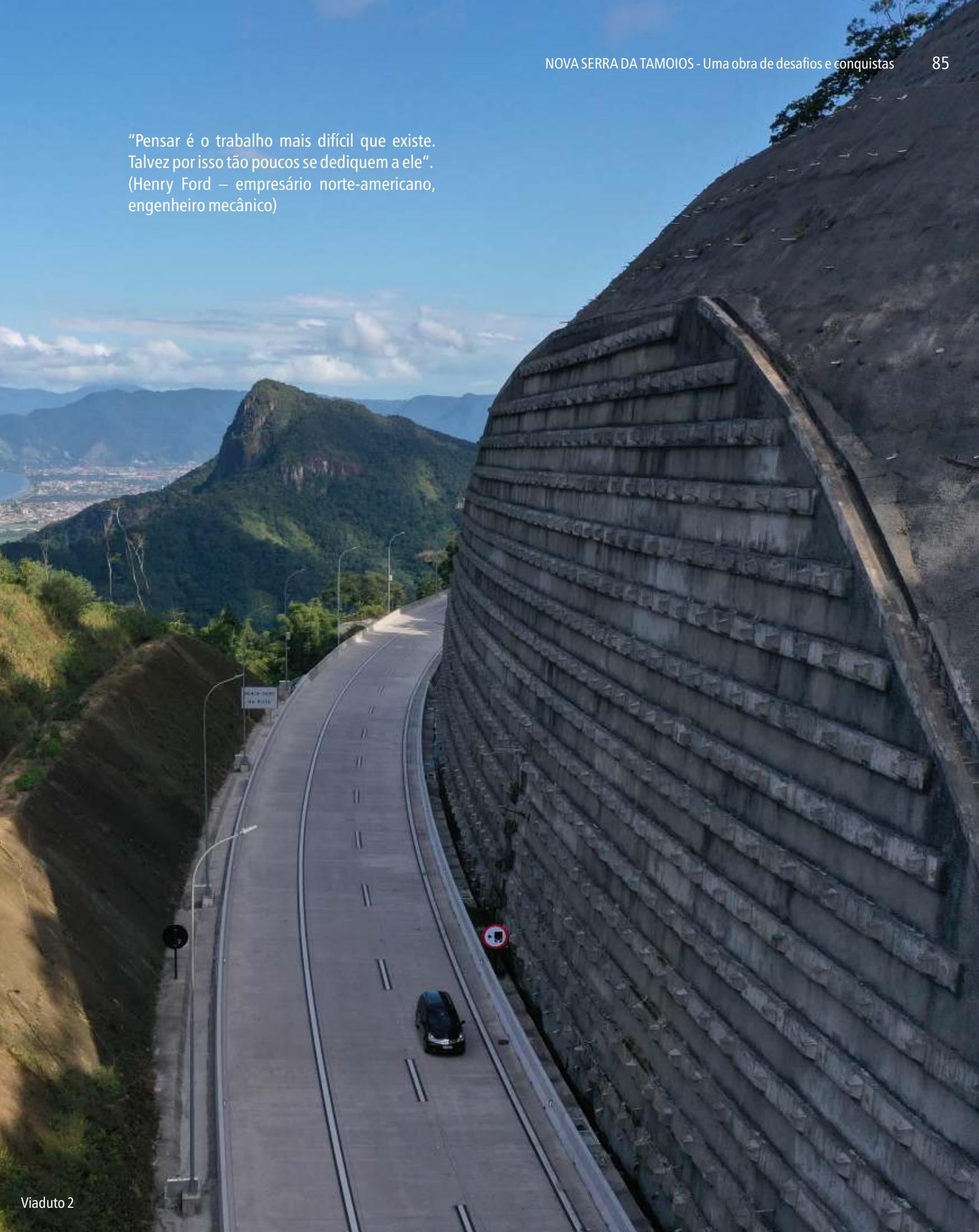
Extensões

Túneis: 12.866 m

OAE: 2.597 m

Terraplenagem: 6.145 m

“Pensar é o trabalho mais difícil que existe. Talvez por isso tão poucos se dedicam a ele”.
(Henry Ford – empresário norte-americano, engenheiro mecânico)



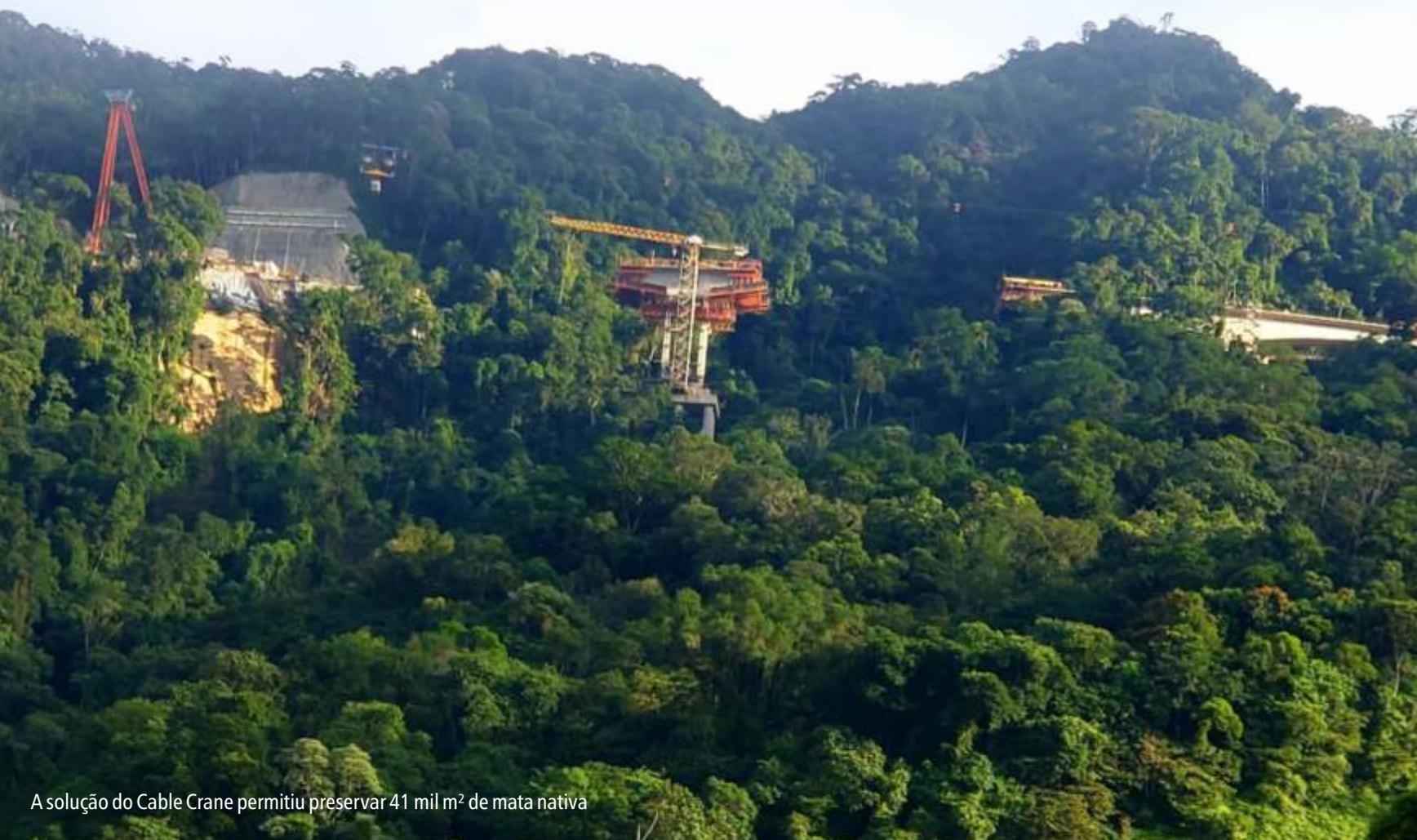
Planejamento diferenciado

A imensa complexidade do projeto da Rodovia dos Tamoios demandou a necessidade de um planejamento singular.

Uma obra extremamente pensada e planejada. Todo seu planejamento foi desenvolvido concomitante com a elaboração do projeto executivo. A interação entre as empresas projetistas e o setor de Planejamento da construtora gerou elementos técnicos, que propiciaram embasamento para um plano de ataque com alto nível de detalhamento.

Com este alto nível de detalhamento foi possível ter uma visão holística de como, sincronizadamente, as frentes executariam o empreendimento, além de viabilizar a produção de cronogramas físicos com maior proximidade da realidade a ser executada.

Mesmo diante da geologia adversa encontrada em alguns trechos ao longo das escavações dos túneis, manteve-se a precisão no atendimento aos prazos. O comprometimento e empenho dos colaboradores foi fator indispensável para a excelência do projeto.



Investigar o solo

Desenvolver sondagens eficientes é prática indispensável tanto para a concepção de um projeto como para a determinação e aprimoramento de soluções técnicas.

Na obra da duplicação da Tamoios, as investigações iniciais do solo duraram cerca de um ano e meio; ensaios e investigações complementares foram executadas em diferentes momentos ao longo da execução; integralmente acompanhadas por geólogos de campo.

Os resultados das sondagens auxiliaram, por exemplo, na determinação de diferentes espessuras de concreto de revestimento e comprimento de tirantes; além de contribuir para a escolha das melhores soluções para as fundações dos viadutos.

O termo sondagem vem da ideia de sondar, investigar o subsolo. Existem diferentes maneiras de sondar o que existe abaixo da superfície; que se dividem em dois grupos: Sondagens mecânicas e Sondagens geofísicas.

Nos estudos da Tamoios foram aplicadas sondagens a percussão, rotativas e geofísicas.



As sondas são equipamentos que pesam entre 2 e 3 toneladas; as usadas no empreendimento não apresentavam rodas ou esteiras e não podiam ser transportadas por outras máquinas. Desta forma, as sondas utilizaram os próprios guinchos que, amarradas em tubos cravados no solo, se arrastaram sobre os próprios esquis

Disciplinar as águas

A correta execução, atrelada a um projeto bem feito, são alguns dos segredos para uma obra rodoviária de sucesso. Dentre os maiores desafios enfrentados em obras rodoviárias está a coordenação correta das águas, sejam elas águas superficiais, provenientes de chuvas; águas subsuperficiais, que correm em bueiros e valas; ou as águas subterrâneas, provindas de infiltrações. A disciplina destas águas resultará em uma obra de qualidade e segura.

O projeto da Rodovia dos Tamoios está inserido dentro de uma das maiores bacias hidrográficas do estado de São Paulo, dentro de uma região de microclima que historicamente tem as maiores pluviometrias registradas do país, o que potencializou ainda mais a importância dos projetos de drenagens deste empreendimento.

As elevadas inclinações vencidas pela rodovia de serra provocam grandes velocidades nas águas que por ela escoam, o que aumentam substancialmente as chances de erosões e deslizamentos.

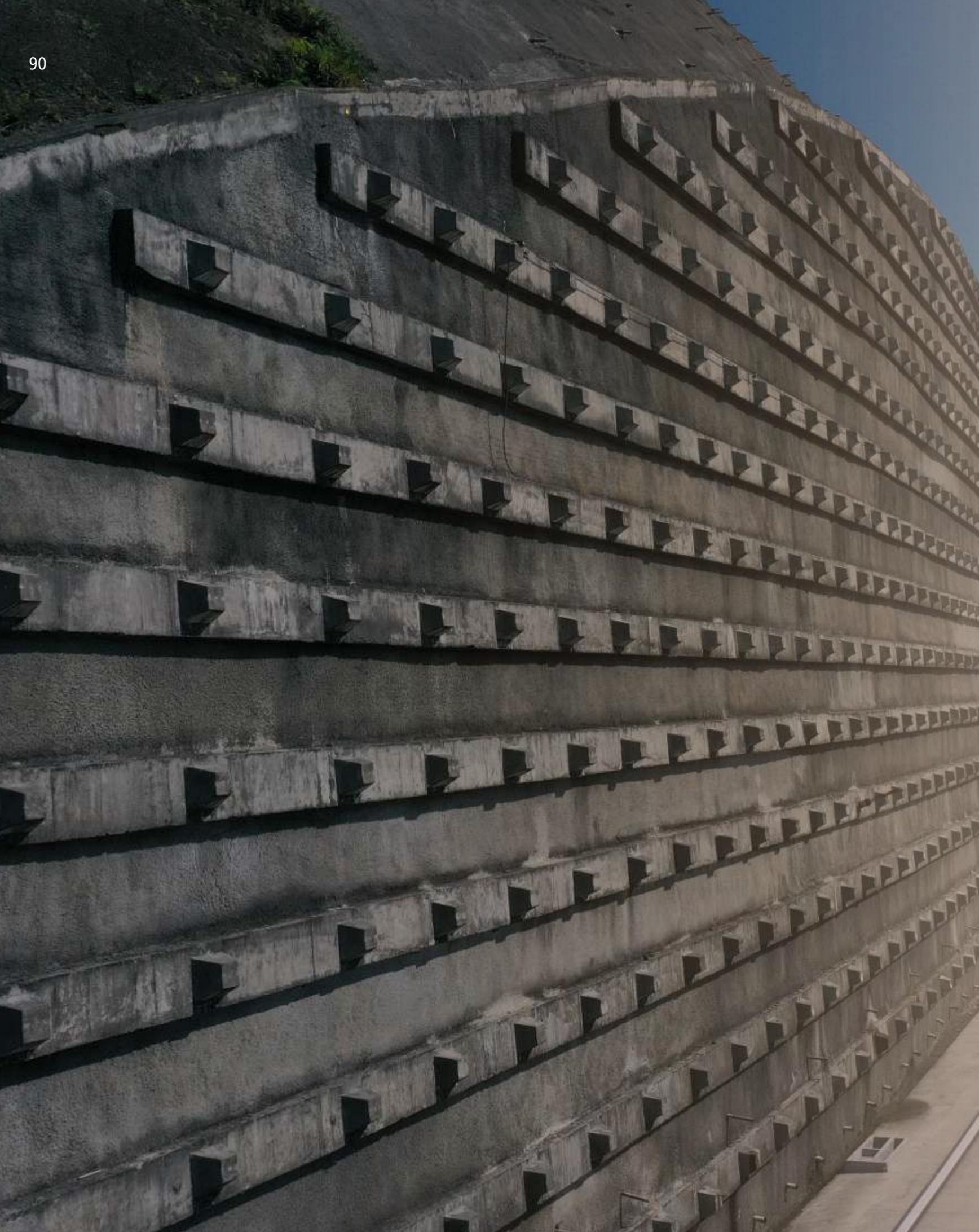
As soluções de engenharia foram inúmeras para proporcionar aos usuários uma rodovia moderna e segura no que diz respeito também a dispositivos de drenagem.



Instalação de bueiro, um dos dispositivos de drenagem

“Tudo quanto é digno de ser feito é digno de ser bem-feito”.
(Paul Doumer Stanhope – professor, jornalista francês)





Tratar encostas

As contenções são estruturas projetadas de maneira a conter o maciço com o objetivo de prevenir possíveis escorregamentos, mitigar escavações e desmatamentos desnecessários.

Para as contenções de taludes e emboques de túneis das obras de duplicação da Tamoios foram aplicadas duas soluções – Solo Grampeado e Cortina Atirantada.

O princípio de funcionamento das estruturas é o mesmo, independentemente do método. Ambas promovem, ativa ou passivamente, resistência ao deslocamento de terra e ruptura ocasionadas pelo corte.

Entre os fatores que influenciam na decisão de qual técnica usar estão, por exemplo, as restrições ambientais, os estudos preliminares sobre o tipo de solo e outras condições geotécnicas. O objetivo é sempre alcançar para o projeto uma solução que vise equilíbrio técnico e econômico.

Números da Contenção T2-V2

Comprimento de tirantes: 27.613 m (carga de trabalho: 100Tf)

Quantidade de chumbadores: 1.122

Concreto projetado: 2.022 m³

Quantidade de vigas: 32

Comprimento das vigas: 2.336 m

Concreto das vigas: 578 m³

Concreto da Cortina: 2.600 m³

A nova pista de subida da Tamoios conta com 19 obras de contenção. A maior, com 65 metros de altura, está localizada entre o Túnel 2 e o Viaduto 2. Trata-se de uma das maiores contenções mistas do país. A estrutura é composta por um talude com 2.800 m² de solo grampeado e uma parede em cortina atirantada com 5.500 m² formada por 1.128 tirantes



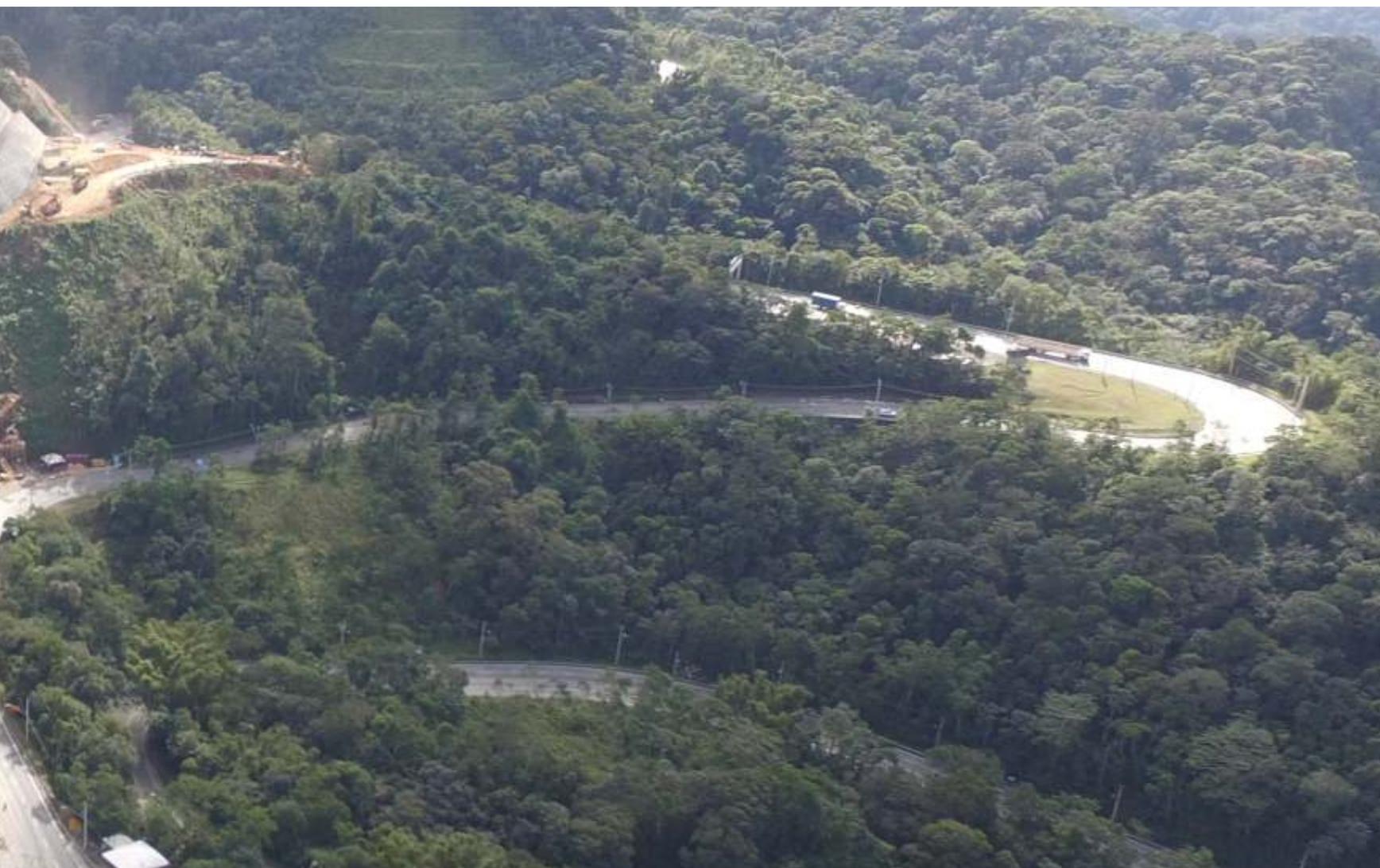
Contenção entre o Túnel 2 e o Viaduto 2, em março de 2018



Contenção entre o Túnel 2 e o Viaduto 2, em julho de 2018



"Nossa maior fraqueza está em desistir. O caminho mais certo de vencer é tentar mais uma vez".
(Thomaz Edson – inventor)



Inovar mais uma vez

Quando se acreditava que os desafios da duplicação da Tamoios estavam superados, eis que a equipe assume a implementação de todas as etapas dos Sistemas Eletromecânicos: projeto, montagem, desenvolvimento de software e comissionamento. Uma significativa inovação para a construtora.

A partir de então, estava sob a responsabilidade dos profissionais viabilizar todos os recursos de segurança e conforto disponíveis aos usuários da nova pista da Tamoios. A única alternativa seria seguir em frente; e assim foi feito.

Todos os sistemas receberam investimento em alta tecnologia e foram projetados de acordo com parâmetros nacionais e internacionais. Profissionais gabaritados e altamente comprometidos deram conta do recado.



São mais de 3.000 kW de potência de ventilação para o sistema de emergência dos 5,5 km de extensão do Túnel 3/4. O Sistema de Ventilação do túnel conta com 20 jato ventiladores de 110 kW nos emboques do túnel principal, além de outros seis jato ventiladores de 110 kW no Shaft de Ventilação. No túnel de emergência são três jato ventiladores de 30 kW em cada emboque.

Outros 22 ventiladores axiais de 2,25 kW estão instalados para a pressurização de cada uma das saídas de emergência.

Todo o sistema funciona automaticamente, de acordo com os cenários de emergência programados nos sistemas de controle.

Sistemas implantados

Sistema de detecção e combate a incêndio – túneis e subestações

Sistema de iluminação

Sistema de ventilação

Sistema de sonorização

Sistema de telecomunicações e sinalização

Circuito fechado de televisão – CFTV

Sistema de detecção automática de acidentes – DAI

Sistema de monitoramento da qualidade do ar

Sistema de análise de tráfego

Integração com o Centro de Controle de Operação

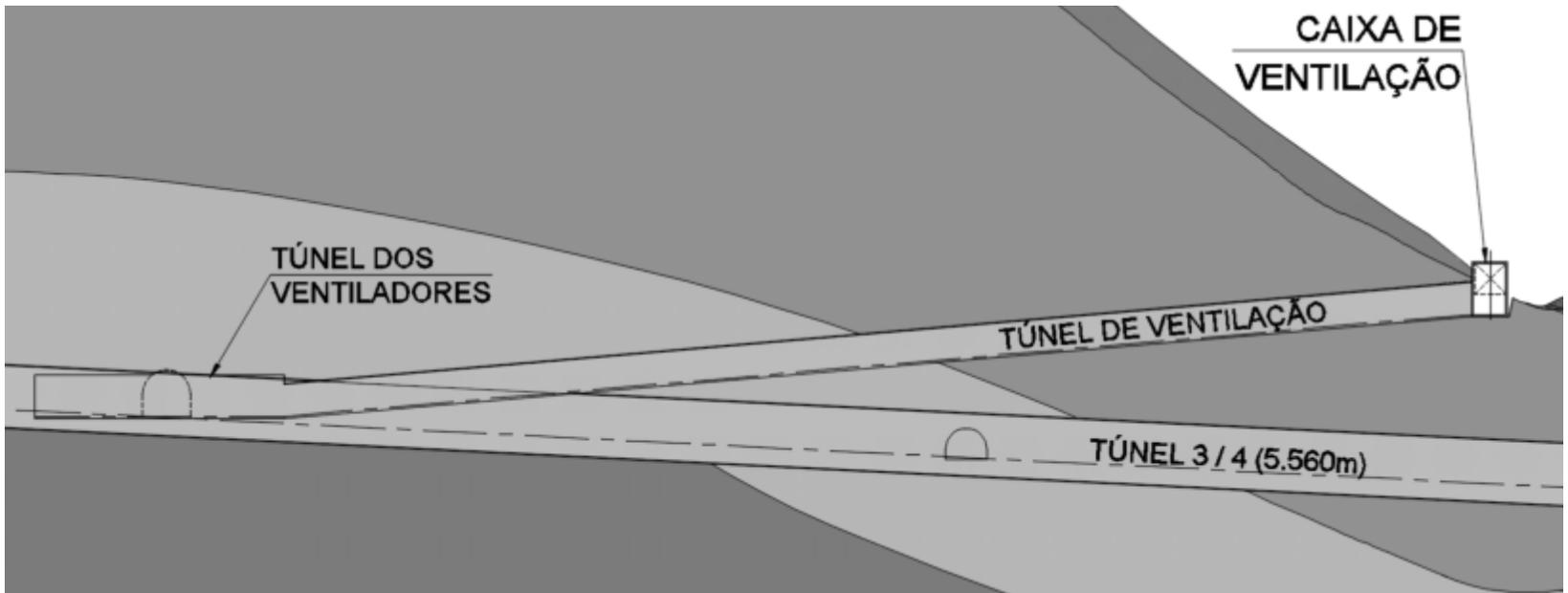
Para a implantação dos sistemas foram necessários mais de um milhão de metros de cabos.



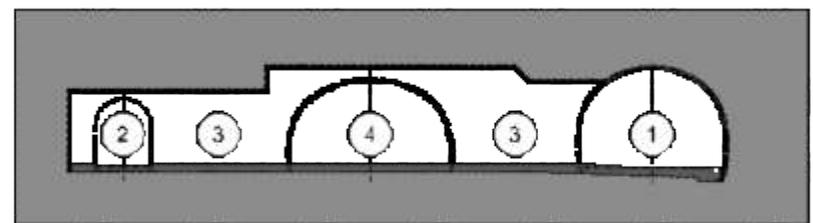
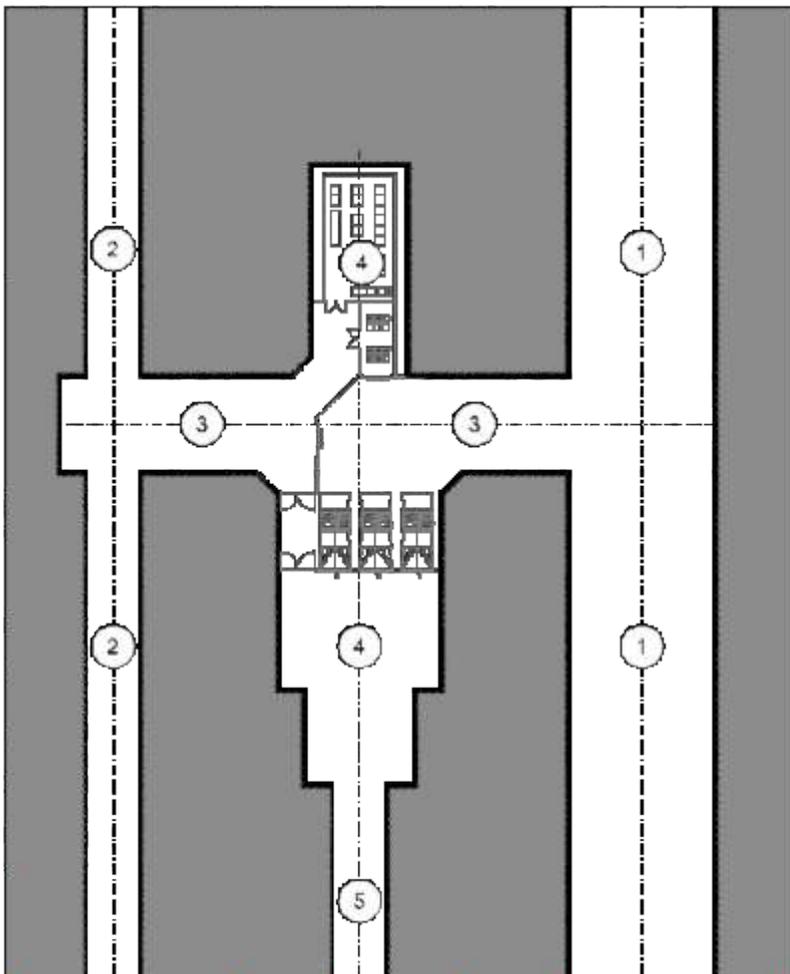
Complexo de ventilação

A extensão do Túnel 3/4 (5,5km) exigiu a elaboração de um complexo diferenciado de ventilação (shaft). Foi criado um túnel adicional para acomodar os ventiladores, associado a um túnel com 260 m de extensão, que exerce a função de chaminé para extração massiva de ar em situações de incêndio (emergência).

As figuras abaixo ilustram o arranjo geral do complexo de ventilação.



Túneis de ventilação necessários após integração do Túnel 3 com o Túnel 4 e conformação do Túnel 3/4 – Seção Longitudinal. Imagem: CJC Engenharia/Divulgação



SEÇÃO TRANSVERSAL
NIV. BARRICA

- ① TÚNEL PRINCIPAL
- ② TÚNEL DE SERVIÇO
- ③ TÚNEL DE ACESSO
- ④ TÚNEL DE VENTILADORES
- ⑤ TÚNEL DE VENTILAÇÃO

Túneis de ventilação necessários após integração do Túnel 3 com o Túnel 4 e conformação do Túnel 3/4 – Planta e seção transversal. Imagem: CJC Engenharia/Divulgação





Simulado com Corpo de Bombeiros

"Nós somos aquilo que fazemos repetidamente. Excelência, então, não é um modo de agir, mas um hábito".
(Will Durant – filósofo, escritor, historiador americano)

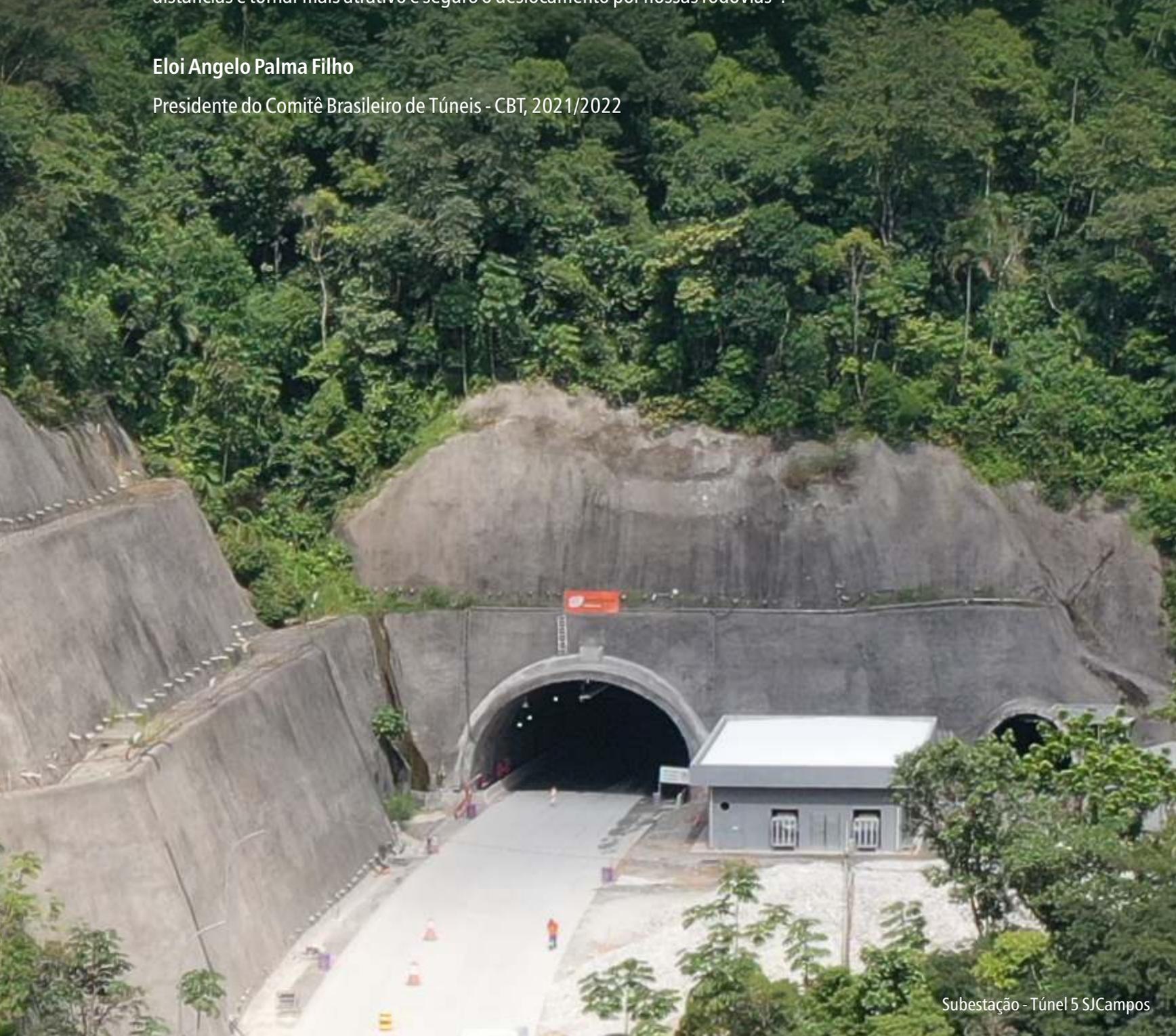


“A nova rodovia dos Tamoios, em especial o trecho da nova Subida da Serra, reflete a capacidade brasileira de engenharia, seja nas fases de projeto ou execução de obras, bem como no fornecimento de sistemas e insumos. Com o mais extenso túnel rodoviário do país, essa obra desafiou paradigmas mostrando, por exemplo, como executar obra de construção pesada protegendo o meio ambiente.

Para os milhares de usuários que trafegarem por essa pista, será apenas uma rodovia. Para a Engenharia nacional, porém, é um marco, e uma sinalização de quão necessária é a modernização da nossa infraestrutura, que pode se apoiar no conhecimento de longo prazo para implantação de túneis, visando retificar caminhos, reduzir distâncias e tornar mais atrativo e seguro o deslocamento por nossas rodovias”.

Eloi Angelo Palma Filho

Presidente do Comitê Brasileiro de Túneis - CBT, 2021/2022



Parceiros

Poder contar com a fidelidade e com a capacidade técnica dos fornecedores e prestadores de serviços foi de extrema relevância para que a Construtora Queiroz Galvão alcançasse o êxito desta empreitada. A todos, nosso reconhecimento e o nosso “muito obrigado”!

Conforme as demandas, alguns precisaram se fazer mais presentes, com acompanhamento in loco e treinamento direcionado para os colaboradores da construtora – o que agregou ainda mais valor aos resultados.

Registramos aqui alguns nomes; porém, todas as empresas desta rede de parcerias fizeram a diferença.

Arcelor Mittal (aço e cordoalhas)

Axix (câmeras)

Betunel Indústria e Comércio (materiais asfálticos)

Bosch (sonorização)

Brasfer (vigas metálicas)

CJC Engenharia e Projetos Ltda. (projetos de túneis e contenções geotécnicas; Acompanhamento Técnico de Obras)

Dwidag (chumbadores)

Engecorps Engenharia Ltda. (projetos de Obras de Arte Especiais, terraplanagem, contenções geotécnicas, pavimentação e drenagem)

Lafarge Holcim (cimento)

LCS (Cable Crane)

Leica (locação de equipamentos para topografia)

Maxi Trust (geradores)

MC Bauchemie (aditivos para concreto)

Normet (fibras sintéticas)

Opex Transportes Ltda (transporte, operação e fornecimento de explosivos)

Sandvik (peças/ equipamentos para perfuração)

Schreder (iluminação)

SIKA (fibras sintéticas e aditivos)

Sotreq (peças para equipamentos pesados)

Tecnogeo Fundações Ltda. (serviços de fundação e geotecnia)

Inovação arrojada

Além dos desafios inerentes ao empreendimento, que demandaram competência e assertividade, a equipe explorou novas oportunidades de inovação. Foi a primeira obra da construtora – e uma das primeiras do Brasil – a realizar o processo de migração para o Mercado Livre de Energia.

Sob a gerência do engenheiro Euzair Siqueira Junior, o processo teve início em março de 2018, com o estudo de viabilização, e foi efetivado em setembro de 2019. Em dezembro de 2021, a migração foi encerrada.

A gestão de energia no empreendimento alcançou êxito surpreendente, com a efetiva redução de custos. Segundo o engenheiro responsável, “a previsibilidade, ou seja, o cálculo da energia a ser contratada foi fator predominante para obtenção do sucesso, somada ao acompanhamento constante das fontes de consumo e da oscilação do mercado de compra e venda de excedente”.

Aproveitamento responsável de madeira

Uma serraria instalada dentro da obra. Esta foi a solução para evitar o desperdício de madeira nativa proveniente das atividades de supressão vegetal necessárias para a implantação do empreendimento.

O material foi transformado em escadas, caibros, pranchas, formas para concreto e passarelas: um total de 808 m³ reaproveitado na própria obra.

Vale lembrar que os galhos e indivíduos arbóreos menores foram também picados e aproveitados como substrato para aplicação de grama e semeadura na contenção vegetal.

O projeto obteve licença ambiental da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (Cetesb) e anuência do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama).



Compostagem

Outra iniciativa sustentável no empreendimento foi a prática da Compostagem com resíduos orgânicos provenientes do preparo de alimentos.

De setembro de 2021 a março de 2022 foram gerados 2.575 kg de adubo vegetal. Parte foi doada aos colaboradores e outra parte foi usada no enriquecimento de solos.



Cooperativa

Entre junho de 2021 e março de 2022, o empreendimento repassou 55 toneladas de material reciclado (papelão e plástico) para a cooperativa Maranata, de Caraguatatuba. A ação, coordenada pela equipe de Sustentabilidade, beneficiou diretamente 11 famílias.



Reuso de material escavado

As escavações subterrâneas provenientes dos avanços dos túneis, quase em sua plenitude, se deram pelo desmonte de rochas ígneas.

As rochas em geral são matéria-prima para a produção de agregados pétreos - as britas - utilizados na composição de concretos, camadas granulares de pavimentos, massas asfálticas e camadas drenantes.

A obra da nova serra da Tamoios obteve a marca de 1.343.299 m³ de agregados produzidos em suas instalações de Britagem: 100% do agregado pétreo utilizado na duplicação foi proveniente das rochas extraídas dos túneis.

"Entre tantos desafios, um deles era mantermos a constância, a qualidade e atender a alternância do tipo de brita demandado pelas usinas, de maneira que a obra não viesse a parar por falta de agregado pétreo. Tudo isso atrelado à diversidade geológica do material escavado", lembra o engenheiro Alceu Santin Júnior, coordenador de Planejamento do empreendimento.



Legado para a Ciência

Um dos principais privilégios para a Construtora Queiroz Galvão ao longo da duplicação da Tamoios foi a oportunidade de contribuir para a Ciência e, ao mesmo tempo, poder contar com o vasto conhecimento do meio acadêmico. Uma engrenagem estabelecida entre o Laboratório de Controle Tecnológico da obra, consultores especializados e profissionais da Universidade de São Paulo (USP) e do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) gerou contribuições significativas para o empreendimento e para as instituições envolvidas.

A parceria teve início durante um evento do Comitê Brasileiro de Túneis (CBT), em 2018. Na época estava em elaboração um documento do CBT - Prática recomendada para o concreto projetado com fibras destinado ao revestimento de túneis, de autoria do professor Antonio Domingues de Figueiredo, chefe do Departamento de Engenharia de Construção Civil da Escola Politécnica da USP (<https://www.tuneis.com.br/pratica-recomendada-concreto-projetado-reforcado-com-fibras/>).

A oportunidade despertou o interesse dos engenheiros da CQG em discutir o tema e os profissionais da USP verificaram que seria uma parceria interessante para ambas as partes.

Dois alunos da universidade participaram dos estudos relacionados à obra no que se refere à ação do fogo: o mestrando Marcos Vinícius Martinez Sylvério e o doutorando Guilherme Perosso Alves, ambos sob orientação do professor Figueiredo. Também participou a pesquisadora Dra. Renata Monte no apoio à implantação de um novo sistema de controle da qualidade do concreto projetado reforçado com fibras para finalidade estrutural do revestimento do túnel.

Um primeiro trabalho acadêmico fruto da parceria com a construtora foi publicado em 2020, no Congresso Brasileiro de Túneis do CBT (SILVERIO, M. V. M. ; SERAFINI, R. ; Alves, G. P. ; FIGUEIREDO, A. D. Metodologia de avaliação de revestimentos de concreto projetado durante incêndio em túneis. In: 5o. Congresso Brasileiro de Túneis e Estruturas Subterrâneas, 2021, São Paulo. Inovando em obras subterrâneas para um futuro melhor. São Paulo: Comitê Brasileiro de Túneis, 2021. p. 314-324). Há outros trabalhos em fase de elaboração para publicação futura.

O Laboratório da Tamoios foi o primeiro do Brasil a utilizar o ensaio Barcelona Test (ensaio de duplo puncionamento) para o controle tecnológico regular do CRPF. Trata-se de um ensaio que avalia a resistência residual da fibra em corpos de prova preparados a partir de testemunhos extraídos da própria estrutura do túnel ou de placas, o que amplia o nível de confiança do controle.

“O laboratório da Tamoios acabou sendo o centro de apoio da CQG para trabalhos/ estudos imediatos e de longo prazo, sempre oferecendo grande contribuição, principalmente devido ao seu potencial técnico, seus profissionais e diversidade de equipamentos e instrumentais disponíveis”.

Marcos Souza Siqueira

Técnico Especializado - Consultor da Superintendência de Engenharia da Construtora Queiroz Galvão

Resistência ao fogo

O revestimento dos túneis deve resistir não apenas às cargas mecânicas, como também aos efeitos de lascamentos explosivos (proteção anti spalling).

O concreto projetado reforçado com fibras utilizado no revestimento dos túneis da Tamoios passou por ensaios específicos no IPT, fundamental para validar e otimizar o emprego das microfibras sintéticas no desempenho do revestimento em situações de incêndio.

Com a parceria, foi desenvolvido um traço composto por um blend de micro e macro fibras sintéticas, permitindo, assim, a execução do revestimento secundário em uma única camada. Dessa forma, foi possível garantir, simultaneamente, a adequação estrutural do material e a condição de proteção passiva contra incêndio de maneira otimizada.

A duplicação da Tamoios foi a primeira obra do Brasil a executar concreto projetado com 100% areia artificial e reforçado com um blend de micro e macro fibras poliméricas.

Teste de fogo

O teste consistiu na exposição de uma amostra do substrato da parede do túnel a uma temperatura de até 1200 °C por 150 minutos. Após o término do ensaio, o revestimento executado com o traço selecionado para o revestimento do túnel se apresentou praticamente intacto, comprovando sua resistência à temperatura x tempo.

Significa que, em caso de sinistros e ocorrências de incêndios no interior do túnel, o substrato de concreto, referente ao revestimento primário, estará protegido e irá suportar mecanicamente ao esforço do maciço circundante garantindo a estabilidade do conjunto e também reduzirá a probabilidade de ocorrer a projeção de fragmentos de concreto sobre os usuários.



Placa posicionada no forno do IPT, com termopares posicionados na sua parte interna para monitoramento de temperatura

Conjugação de esforços

“As contribuições desta parceria são muitas, a começar pelo caráter inovador das atividades experimentais que fundamentam uma melhor condição de segurança da obra para seus usuários e, ao mesmo tempo, garante uma postura inovadora na avaliação dos riscos associados à ocorrência de incêndios em túneis. Trata-se de um túnel rodoviário que quebra recordes de extensão e, ao mesmo tempo, destinado ao tráfego de veículos com elevada carga térmica. Nesse sentido, pode-se definir como uma obra modelo para o Brasil onde foram realizadas avaliações rigorosas de segurança, baseadas nas práticas tecnológicas mais recentes, as quais ainda não são regularmente utilizadas.

Esta parceria vem possibilitando o desenvolvimento técnico e científico do setor, tanto que os resultados serão utilizados em trabalhos acadêmicos desenvolvidos na USP com vistas ao aprimoramento científico dessa abordagem. Assim, o envolvimento da Construtora Queiroz Galvão permitiu a nós termos condições de avaliação de concretos de revestimento de túneis produzidos em condição real da obra, o que é particularmente relevante.

Isso evita custos altos de reprodução dessa condição no laboratório. A parceria com o IPT também foi fundamental, pois evitamos a replicação de equipamentos de alto custo, como os fornos de avaliação da resistência ao fogo e, simultaneamente, possibilitamos uma maior interação entre os técnicos e pesquisadores do IPT e da USP de modo a ampliar a qualificação das pesquisas na universidade e da prestação de serviços por parte do IPT.

Dessa forma, esta parceria foi uma feliz conjugação de esforços que permitiu também uma rápida transferência de tecnologia do meio acadêmico para a indústria da construção de túneis”.

Prof. Dr. Antonio Domingues de Figueiredo

Chefe do Departamento de Engenharia de Construção Civil

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

Seminários e congressos

Durante o período de execução da obra, profissionais do empreendimento compartilharam suas experiências em seminários e congressos especializados. A equipe Tamoios também exerceu o espírito colaborativo com o apoio de seus profissionais para a conquista de novos projetos para a construtora.

5º CBT – Comitê Brasileiro de Túneis

Dezembro/21 - Virtual

Portal da Geotecnia

Obras de Contenção de Taludes

Maio/21 - Virtual

Seminário Ibracon – Instituto Brasileiro do Concreto

Infraestrutura no Brasil: Estruturação de Negócios e Obras Icônicas

Abril/21 - Virtual

Reunião internacional do British Tunnelling Society

Setembro/20 - Virtual

6º Fórum de Tecnologia de Construção Civil

Concreto Reforçado com Fibras

Outubro/19

Seife 9 - Seminário de Engenharia de Fundações Especiais e Geotecnia

Junho/19

World Tunnel Congress (WTC)

Nápoles/ Itália

Maio/19

Seminário Internacional de Túneis – FloripaTun

Fevereiro/19

Tunnel Day 2018 – Comitê Brasileiro de Túneis

Concreto Projetado em obras subterrâneas

Dezembro/18

A empresa foi até a universidade...

Os profissionais também compartilharam seus conhecimentos em eventos acadêmicos.

Centro Universitário FEI – São Bernardo do Campo/SP

Semana de Engenharia Civil

16/10/19

Universidade Estadual Paulista (Unesp) – Guaratinguetá/SP

Semana de Engenharia Civil

04/10/19

Universidade Federal de Ouro Preto – Ouro Preto/MG

Semana de Engenharia Civil

20/09/19

Instituto Mauá de Tecnologia – São Caetano do Sul/SP

Semana Mauá de Inovação, Liderança e Empreendedorismo

21/05/19

Universidade do Vale do Paraíba (Univap) – São José dos Campos/SP

Semana de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo

24/10/18

.... e a universidade veio até a empresa

O empreendimento abriu suas portas para o estágio de férias de estudantes de Engenharia Civil - em janeiro de 2019 e janeiro de 2020.

As atividades seguiram um cronograma para que pudessem conhecer os diversos setores – foram verdadeiras aulas práticas.

Visitas: laboratório a céu aberto

As obras receberam, desde março de 2017 até fevereiro de 2022 a visita de aproximadamente 1.600 pessoas, ligadas a cerca de 60 instituições públicas e privadas, entre universidades, escolas técnicas, associações e empresas interessadas em conhecer e aprender com os desafios do empreendimento. Em todas as ocasiões, os visitantes foram guiados por profissionais de Engenharia e Segurança do Trabalho.



"A realização desta obra é resultado do esforço de todos. É uma vitória da empresa, uma vitória de vocês, colaboradores. Agradeço a todos".

(João de Queiroz Galvão, um dos fundadores do Grupo Queiroz Galvão, durante visita às obras em fevereiro de 2020. Prestes a completar 88 anos, o fundador compartilhou seu conhecimento, suas memórias e experiências)

“Do ponto de vista geológico e geotécnico, eu diria que é um dos melhores laboratórios a céu aberto que a gente tem no nosso contexto”.

(Prof. Rogério Ribeiro, Universidade de São Paulo)



Respeito às pessoas, respeito à vida

Profissionais de todos os setores da obra assumiram com convicção a importância do respeito à vida.

O empreendimento alcançou a marca de 373 dias de exposição ao risco, sem acidentes de trabalho: foram 3,2 milhões de horas de exposição ao risco.

As equipes de túneis bateram recordes:

Túnel 01 - com 1.426 dias sem acidentes

Túnel 03 - com 753 dias sem acidentes

Túnel 04 - com 531 dias sem acidentes

A equipe de escavação de túnel liderada pelo mestre José Aparecido Landim – o experiente Zé Mineiro – foi uma das que alcançaram excelentes marcas de Segurança.

Natural de Bom Jardim de Minas, chegou na obra em janeiro de 2016. É de falar pouco, mas quando o assunto é evitar acidentes, aí a prosa anima.

“Quando falta planejamento, você atropela, fica apavorado. É importante antes de começar a atividade ter tudo na mão, como os equipamentos de proteção, as ferramentas e até lembrar da água que a turma vai beber”, ensina. “Foi assim que a gente conseguiu boa produtividade sem acidentes”. “Se nós não fizermos a segurança, ela não existe”.

E reflete sobre os desafios das atividades de escavação em túneis: “Você está desafiando a natureza... a gente está ali dentro e não sabe exatamente o que vai encontrar...”



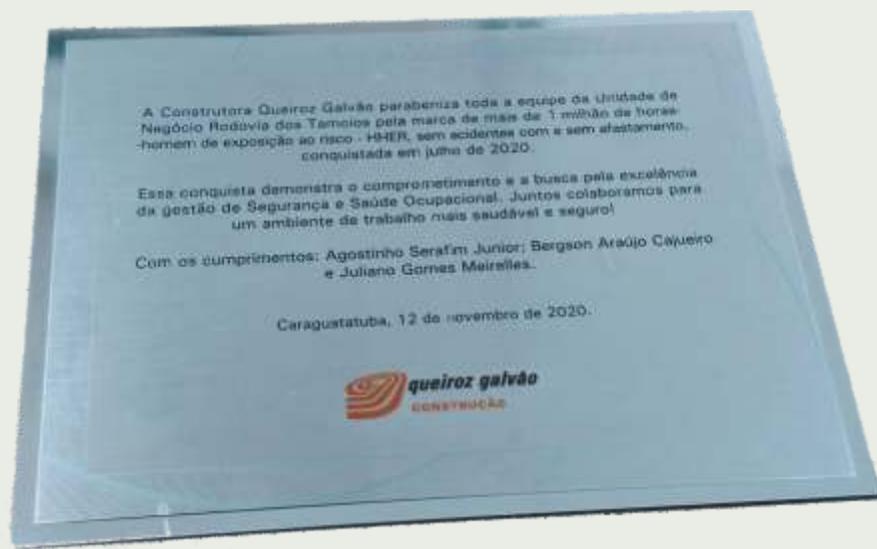
“O usuário que vai passar pelos túneis da Tamoios não imagina as dificuldades que enfrentamos nessa construção”. Assim o mestre de túnel Anderson Pereira de Barros, o Bota Fora, resumiu ao jornal Folha de São Paulo sobre os desafios das escavações.

Baiano de Paulo Afonso, chegou na Tamoios no início de 2017. Ele ainda se surpreende por ter passado quase cinco anos sem acidente com suas equipes. “Nunca vi isso na minha carreira. Todos abraçaram a ideia de acidente zero e a gente conseguiu. Foi um grande aprendizado”.

Bota Fora lembra que não foi por acaso que esta conquista... Respeitar à risca os procedimentos da empresa foi um dos segredos. “Seguimos esta 'bula', sem sair das normas... por isso que a gente conseguiu”.



Equipe do Túnel 1, liderada pelo mestre Bota Fora, comemora marca de segurança



A Construtora Queiroz Galvão reconheceu o empenho das equipes da obra em prol do Respeito à Vida. Foram duas premiações - em Novembro/2020 e Outubro/2021

Pra começar o dia...

Um despertar para a prevenção e para desvios das atividades acontecia diariamente nas frentes de trabalho. O propósito era manter um canal de comunicação efetivo, esclarecer dúvidas, motivar e engajar os trabalhadores para cada novo dia.

Diálogo de Segurança Gerencial com equipe da fundação da montagem da Torre 1 do Cable Crane e contenção do emboque do Túnel 3



Mais um dia começa na frente de serviço do Viaduto 3, sob a liderança do mestre Arnaldo Leal



DDGI com mestre Álvaro Pickler, com equipe da Treliza no Viaduto 5



No encerramento, em oração, todos agradeceram e pediam por um dia abençoado de trabalho



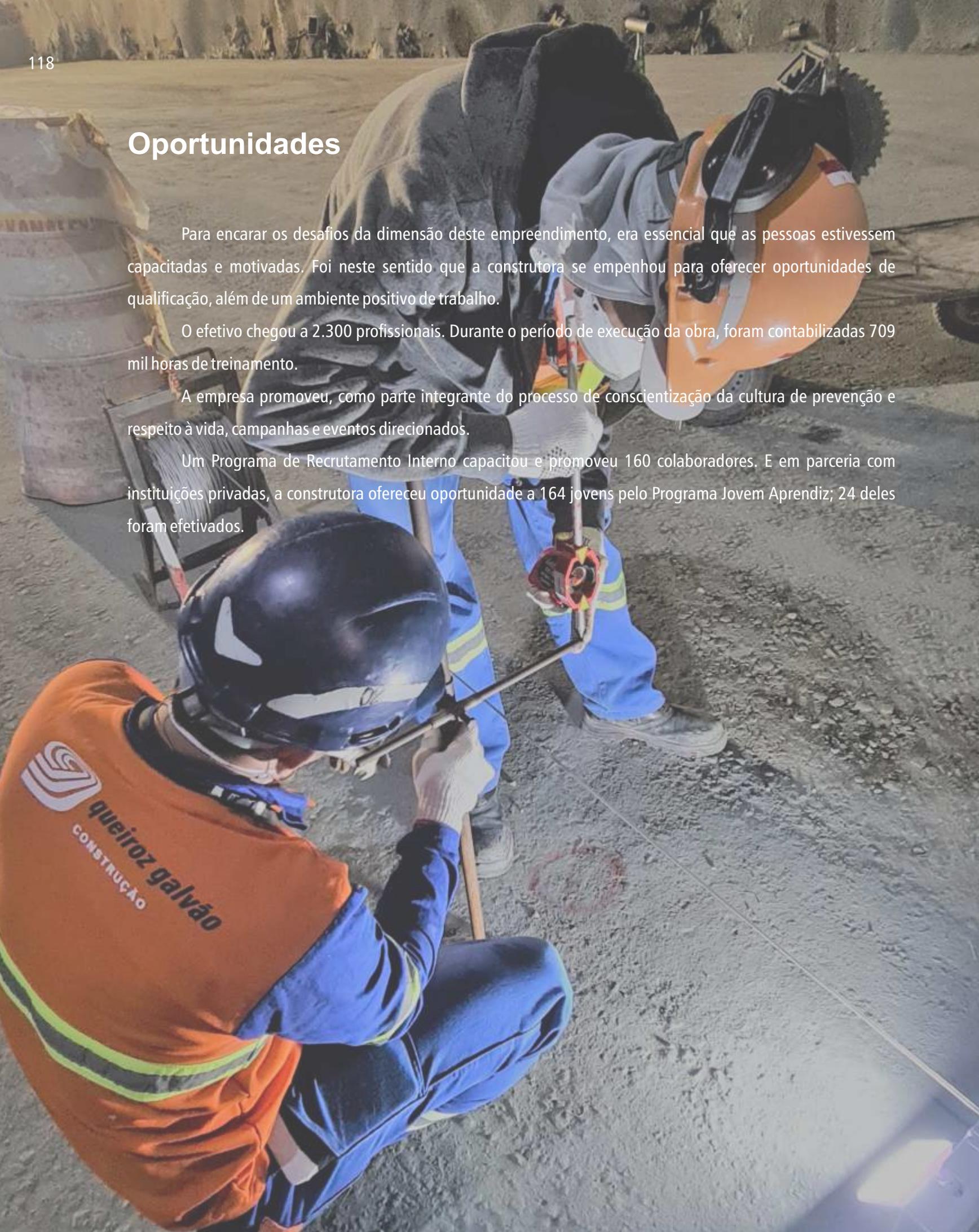
Oportunidades

Para encarar os desafios da dimensão deste empreendimento, era essencial que as pessoas estivessem capacitadas e motivadas. Foi neste sentido que a construtora se empenhou para oferecer oportunidades de qualificação, além de um ambiente positivo de trabalho.

O efetivo chegou a 2.300 profissionais. Durante o período de execução da obra, foram contabilizadas 709 mil horas de treinamento.

A empresa promoveu, como parte integrante do processo de conscientização da cultura de prevenção e respeito à vida, campanhas e eventos direcionados.

Um Programa de Recrutamento Interno capacitou e promoveu 160 colaboradores. E em parceria com instituições privadas, a construtora ofereceu oportunidade a 164 jovens pelo Programa Jovem Aprendiz; 24 deles foram efetivados.





Sipat ensina com dinâmica teatral



Treinamento de brigadista

Atendimento de primeira

Oferecer atendimento de excelência, aliado à oferta de informação constante e de qualidade. Este foi o caminho trilhado pela equipe de Saúde Ocupacional do empreendimento no sentido de incentivar os colaboradores a manterem a saúde em dia.

Além das rotinas e protocolos inerentes à gestão da área, a equipe desenvolveu um amplo conjunto de atividades junto à força de trabalho – campanhas, palestras e ações em campo.

Manter interface permanente com instituições públicas e privadas também foi uma prática diferenciada do setor no intuito de viabilizar soluções ágeis.

A equipe foi altamente diferenciada na condução das ações de prevenção contra a Covid19.



Campanha Outubro Rosa





Treinamento Motivacional com as lideranças

Simulados: uma coisa é a teoria, outra é a prática

Como diz o ditado: "É praticando que se aprende". Não é diferente em relação a se preparar de uma forma realista para uma ocorrência indesejável.

E foi assim, que por muitas vezes, simulando diversos cenários de emergências, que os colaboradores treinaram e testaram sua capacidade de reação diante de situações inesperadas.

Durante a execução da obra, foram realizados 121 simulados de emergência

“Trabalhe duro e em silêncio.
Deixe que seu sucesso faça o
barulho”.
(Dale Carnegie – escritor)



Publicações especiais

As obras de duplicação da Tamoios foram amplamente propagadas em publicações especializadas (revistas, portais, relatórios etc).

Revista Brasil Engenharia

<http://www.brasilengenharia.com/portal/revista/edicoes-antiores/item/edicao-005>

Março/22

Pontes e Viadutos: Uma visão de projeto - livro de autoria do professor Henrique Dinis, lançado em Outubro/2021, pela Editora Mackenzie

Documento O Vale - Futuro em obras

Maio/21

Sika Business Year Annual Report 2020

www.sika.com/annualreport

Fevereiro/21

Revista Grandes Construções

www.grandesconstrucoes.com.br/Edicoes/EdicaoPor?Ano=2021

Novembro/Dezembro/21

Revista Tunnels and Tunnelling – Sociedade Britânica de Túneis

Outubro/20

Vídeos

Os vídeos que apresentam etapas da construção da nova pista da Tamoios estão disponíveis no link

<https://www.instagram.com/alyaconstrutora/>

Revista OE – O Empreiteiro

www.revistaoe.com.br

Março/Abril/20

Revista M&T – Manutenção e Tecnologia

www.revsitamt.com.br

Agosto/19

Revista Instituto de Engenharia

www.iengenharia.com.br

Ed. 642 - Dezembro/19

Revista O Empreiteiro

www.revistaoe.com.br

Fevereiro e Abril/19

Valor Setorial Infraestrutura

www.valor.com.br

Junho/18

Revista RBC – Brasil Construção

www.brasilconstrucao.com.br

Ed. 12 - 2016

Repercussão sobre a entrega da obra ao Governo do estado de São Paulo, em 26 de março de 2022

Imprensa

Balanço Geral (TV Record)

<https://recordtv.r7.com/record-tv-litoral-e-vale/balanco-geral-edicao-de-sabado/videos/inauguracao-do-novo-trecho-de-serra-da-rodovia-dos-tamoios-26032022>

Bom dia SP (TV Globo)

<https://globoplay.globo.com/v/10422504/>

Folha de São Paulo

<https://estudio.folha.uol.com.br/queirozgalvaonstrutora/>

Jornal da Band (TV Band)

<https://tvuol.uol.com.br/video/nova-pista-da-rodovia-dos-tamoios-tem-22km-04028D9A3570CC817326>

Link Vanguarda (TV Globo)

<https://globoplay.globo.com/v/10426844/>

O Vale

<https://www.ovale.com.br/nossaregiao/cidades/com-a-presenca-de-doria-trecho-de-serra-da-tamoios-e-inaugurado-em-operacao-assistida-1.211960>

Artesp

<http://www.artesp.sp.gov.br/Style%20Library/extranet/noticias/noticia-detalhes.aspx?id=783>

Concessionária Tamoios

<https://www.concessionariatamoios.com.br/noticias/show/1283/nova-serra-da-tamoios-e-liberada-ao-trafego>

Prefeitura de Caraguatatuba

<https://www.caraguatatuba.sp.gov.br/pmc/2022/03/prefeito-aguilar-junior-destaca-importancia-da-entrega-da-nova-serra-da-rodovia-dos-tamoios/>

Comentários nas redes sociais

“Subi a serra nova da Tamoios! Que maravilha, que coisa fabulosa... fiquei me perguntando 'o que o homem é capaz de fazer?!'. Fico realmente muito grata pelo trabalho de todas as pessoas que trabalharam na execução da obra... até me emociono....”

Cibele Moraes Missio

“Acesso importante para nós e região... magnífico! Estou ansioso para transitar nessa maravilha de engenharia”!

Claudinei Alves

“Eu e meu marido passamos por lá e nunca vimos uma rodovia tão linda, a vista de lá é fantástica! Ficamos espantados com os tamanhos dos túneis; engenharia incrível! Vale a pena conhecer”.

Jacq Santos

“Infraestrutura é essencial para termos competitividade de produtos e serviços no mercado nacional e internacional...”

Élbio Contini

“Projeto fantástico, tocado por profissionais de alto nível! Parabéns a todos que fizeram isso tudo acontecer! Eu tenho orgulho de ter sido um dos muitos que tiveram a oportunidade de participar dessa história”!

Diego Lemos

“Parabéns a todos os envolvidos. Meu pai, Sr. Osmar Caruso, fez parte desta história... quantas viagens a São Paulo - Caraguá para tramitar documentações para aprovação das etapas da obra. Hoje ele não está mais aqui, mas conseguirei sentir a dedicação e a garra dele em cada km desse novo trecho da Tamoios. Tenho certeza que ele estaria orgulhoso em ver o novo trecho funcionando”.

Bárbara Venturini Caruso

“Obra de engenharia de Primeiro Mundo, com escavação em rocha e viadutos, reduzindo significativamente os impactos ambientais. Utilizei o trecho de subida da serra e fiquei muito satisfeito. Parabéns”!!!

Roberto Di Nardo

“Obra fantástica, realizada com muita competência e compromisso com o meio ambiente! Uma verdadeira joia da engenharia brasileira”!

Gustavo Dantas Guerra

“Essa EQUIPE, DEDICAÇÃO, EMPENHO, ENGENHARIA é de muito ORGULHO!!!! Parabéns por esta ENTREGA da forma mais LINDA”!

Michele Leal

Nova identidade institucional

Somos uma companhia que conduz seus negócios com respeito ao meio ambiente e ao indivíduo; que enxerga a relevância de seus empreendimentos para as comunidades onde eles estão inseridos; que trabalha com dedicação e qualidade para deixar um legado social e econômico.

Em 2022, completamos 69 anos de muito trabalho, sonhos e perseverança para atingir as nossas metas. Aproveitando o simbolismo da data, lançamos uma nova marca, que representa a essência do novo momento da companhia, preparando-a para o futuro, mas conservando os valores e o legado construído.

Agora, a Construtora Queiroz Galvão é conhecida como **Álya Construtora**: uma empresa nomeada a partir de uma estrela de brilho ímpar e em ascensão. E com ela, continuamos preparados para crescer de modo sustentável e nos diferenciar em mercados cada vez mais dinâmicos e exigentes.

Nossos canais de comunicação disponíveis em:



Álya Construtora



@alyaconstrutora



www.alyaconstrutora.com



Gratidão

Uma vasta rede de apoio deu todo suporte às equipes que atuaram diretamente na execução da obra. Profissionais dos diversos setores, cada um com suas responsabilidades, foram o esteio para que o projeto da duplicação se concretizasse.

A Construtora Queiroz Galvão agradece a todos que atuaram durante as diversas etapas do empreendimento.

Até a próxima!

Este tempo do empreendimento da Nova Serra da Tamoios semeou saudades... para os profissionais impulsionados pelos desafios; para todos que contribuíram com empenho.

Para os que visitaram a obra, aprenderam e conheceram de perto a ousadia de uma engenharia de alto nível.

A energia foi renovada. As expectativas foram saciadas, as adversidades e os receios foram vencidos.... os estudos, concluídos; as soluções foram desvendadas; e a Mata Atlântica, preservada!

Um legado e tanto da Construtora Queiroz Galvão que ficará perpetuado... Missão cumprida com louvor! E o time da construtora segue, com garra, assumindo novos desafios... Então, até a próxima entrega!



Gráfica: Ipsis Gráfica e Editora S/A

Impresso em junho de 2022 em papel Eurobulk 150grs

Copyright © 2022 Álya Construtora

Todos os direitos reservados – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio, deste documento é autorizada desde que citada a fonte.



Vista panorâmica da nova serra em operação, em abril de 2022



O que inspirou a concepção deste livro foi a tentativa de perpetuar o aprendizado, os momentos, as descobertas, os cenários inspiradores e que desafiaram a capacidade de soluções da engenharia.

E uma trajetória vitoriosa, com estas dimensões, merecia uma homenagem...

Esperamos que ele seja uma contribuição para que este período notável - para a engenharia brasileira, para a Construtora Queiroz Galvão e para os profissionais que ali entregaram o seu melhor – seja lembrado cada vez que suas páginas forem folheadas.



@alyaconstrutora



Álya Construtora

www.alyaconstrutora.com