



# CONCRETE PRODUTOS PARA TBM

BUILDING TRUST



# SIKA E OS PRODUTOS PARA TBM

**A CONSTRUÇÃO DE TÚNEIS MECANIZADA** tem se tornado cada vez mais importante com o rápido crescimento e expansão da construção subterrânea em anos recentes.

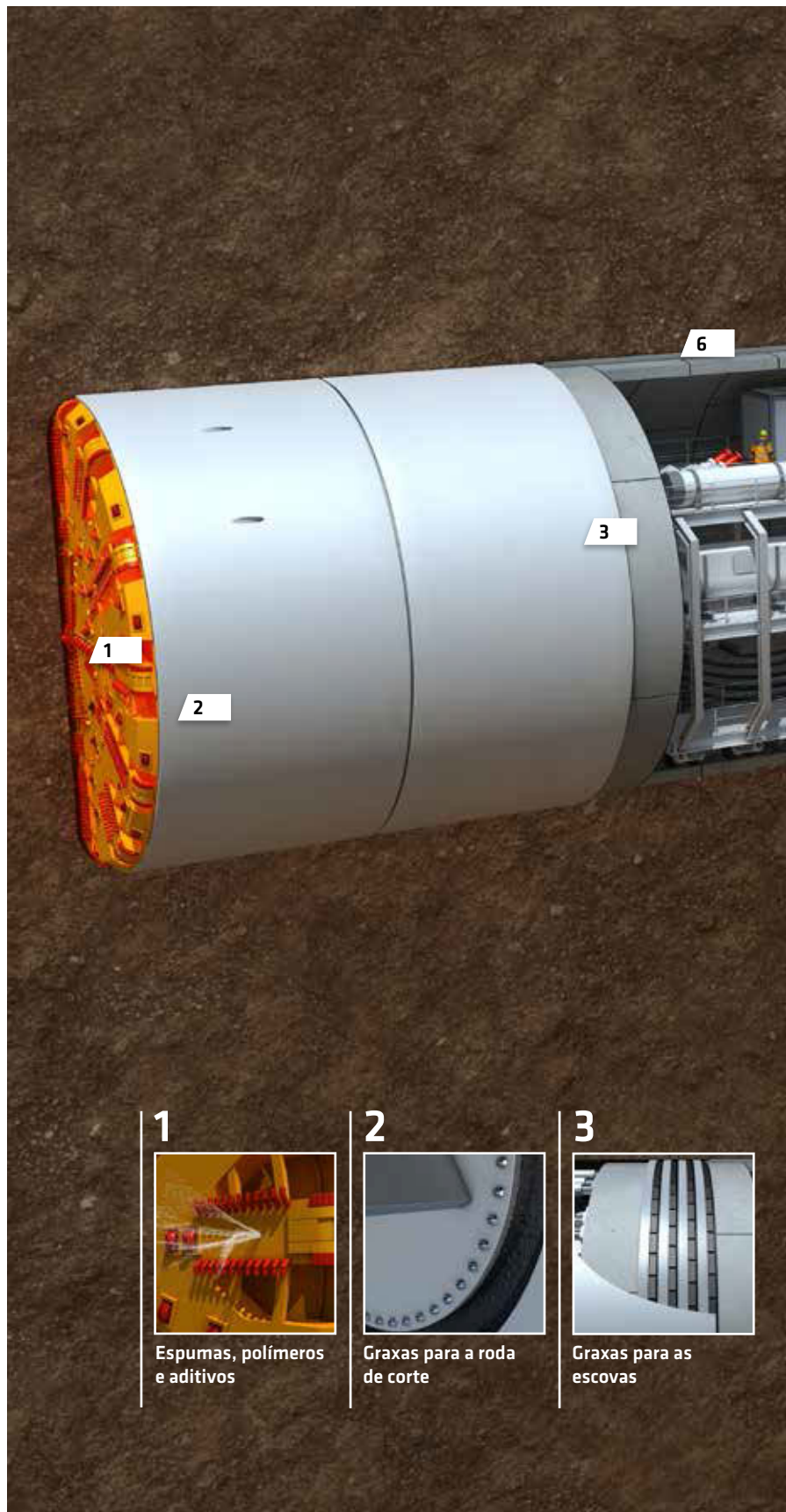
Tunnel Boring Machines (TBMs) são equipamentos muito avançados usados como uma alternativa a "perfuração e detonação" de rochas e à "escavação mecânica convencional" em solo mole.

As TBMs reduzem os distúrbios na área de escavação, sendo ideais para o uso em áreas altamente urbanizadas. Elas também produzem uma parede de túneis uniforme que reduz os custos do revestimento final.

Em comparação com os métodos de escavação convencionais, o tempo total de escavação de túneis longos também é reduzido consideravelmente com as TBMs.

Uma variedade de TBMs foi apresentada durante as últimas décadas. Entre elas, temos a Slurry e a Earth Pressure Balance (EPB) para solos moles, as Grippers para rochas duras e o Single Shield TBM para a construção de túneis em rochas e outros solos estáveis que não contenham águas subterrâneas.

A Sika oferece uma ampla linha de produtos projetados especificamente para serem utilizados com todas essas diversas variantes de TBM, e durante todo o processo de escavação e construção de túneis.





4



Injeções

5



Reparação e adesivo para correia transportadora

6



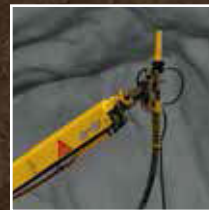
Backfilling Grouts

7



Aditivos para concreto projetado ou segmentos de concreto

8

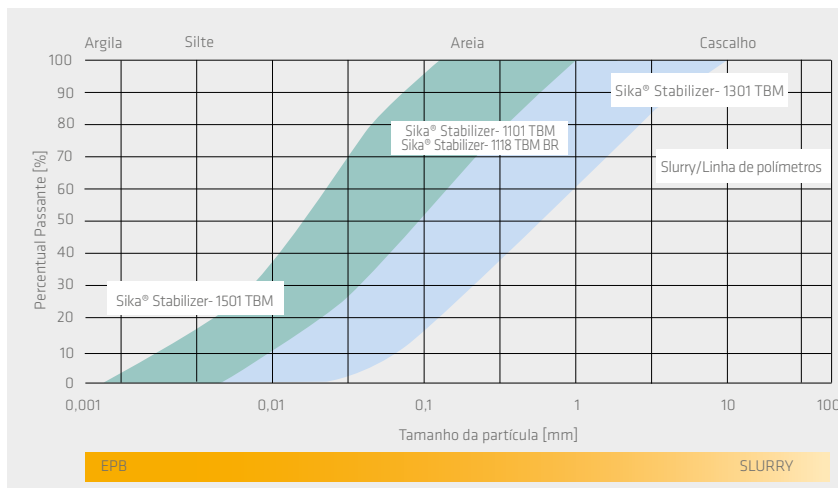


Máquinas de rotor e lanças de projeção (não disponível nesta TBM)

# ESPUMAS, POLÍMEROS E ADITIVOS

**A INJEÇÃO DE ESPUMAS, POLÍMEROS E OUTROS ADITIVOS** na face de escavação do túnel pode modificar consideravelmente as características do sole mole, incluindo sua plasticidade, textura e permeabilidade, para deixar o trabalho e o progresso da TBM mais fácil e rápido. A seleção do melhor tipo e da quantidade do material para este condicionamento de solo depende da geologia específica e do equipamento disponível com a TBM.

## INTERVALO DE APLICAÇÃO DAS TBMs TIPO EPB/USO DE ESPUMA

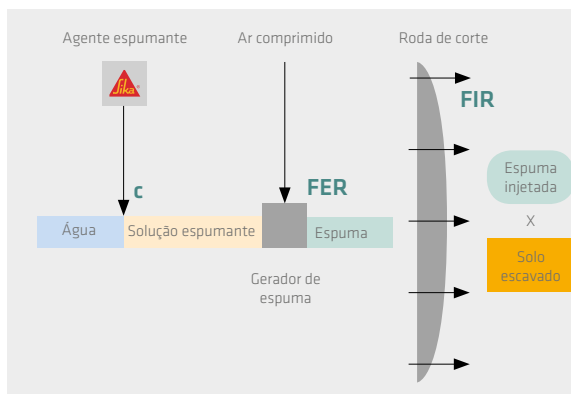


### INTERVALO DE APLICAÇÃO

A experiência de diversos projetos de construção de túneis e diferentes testes laboratoriais confirmam os efeitos positivos do condicionamento de solos com as TBMs. Na realidade, este pode ser um fator determinante para o sucesso da escavação de túneis com TBMs.

Os testes iniciais em laboratório podem orientar a indicação dos materiais mais apropriados para a utilização em cada caso. A partir daí, eles podem ajudar a definir a dosagem e a quantidade dos produtos.

## PARÂMETROS DE FER E FIR



Parâmetros como Foam Expansion Ratio (FER), Foam Injection Ratio (FIR) e Concentração (c) podem determinar o sucesso da escavação, e devem ser definidos:

- c (%): Concentração do agente espumante na água
- FER: Define a quantidade de espuma gerada de uma solução, e representa a proporção de ar para líquido na espuma. É definida como uma razão, e pode geralmente variar entre 10 e 30 (por exemplo, 10 a 30 litros de espuma a partir de 1 a 3 litros de solução espumante)
- FIR: A quantidade de espuma injetada como uma proporção do solo escavado. Dependendo das condições do solo, a FIR pode variar consideravelmente entre 10% e 80%

## VANTAGENS DE CONDICIONAMENTO

### Solo Mole

- Redução do ângulo de fricção
- Coesão de curto prazo
- Desgaste e torque menores
- Estabilização da face de curto prazo
- Menos obstruções
- Baixa permeabilidade

### Rocha Dura

- Redução de poeira
- Redução do entupimento dos discos de corte
- Troca mais rápida e limpa dos discos de corte
- Desgaste e torque menores
- Abrasão e desgaste reduzidos



## ESPUMAS

Como nem todo solo é ideal para escavações com TBMs, o uso de espumas de condicionamento de solos permitem que as TBMs do tipo EPB tenham melhores taxas de avanço, mesmo em solos heterogêneos contendo cascalho/pedra, areia e água, ou sob outras condições geológicas críticas.

### **Sika® Stabilizer- 1101 TBM**

Agente espumante para solos com permeabilidade alta a baixa, modificado com polímero.

### **Sika® Stabilizer- 1118 TBM BR**

Agente espumante líquido especialmente desenvolvido sem glicol para condicionamento de solos sob condições ambientais excepcionais.

### **Sika® Stabilizer- 1301 TBM**

Agente espumante de alta concentração para solos fraturados e altamente permeáveis.

### **Sika® Stabilizer- 1501 TBM**

Agente espumante para solos altamente coesos.



## POLÍMEROS

As aplicações típicas dos polímeros Sika no processo de escavação de TBM são:

- Redução da “pegajosidade”
- Redução da aderência em superfícies de metal
- Segregação reduzida na câmara de mistura
- Secagem do solo

### **Sika® Stabilizer- 3220 TBM**

Produto em pó de absorção de água, que reduz o risco de preenchimento da câmara de pressão com solo liquefeito e água.

### **Sika® Stabilizer- 3230 TBM**

Produto líquido de absorção de água, que também reduz o risco de preenchimento da câmara de pressão com solo liquefeito e água.

### **Sika® Stabilizer- 3800 TBM**

Polímero líquido para estabilização de espuma e auxiliar de dispersão para finos.

### **Sika® Stabilizer- 3900 TBM**

Polímero natural líquido viscosificante e estabilizador para espumas e outros fluidos dispersos em água.

### **Sika® Stabilizer- 3000 TBM**

Polímero natural em pó viscosificante e estabilizador para espumas e outros fluidos dispersos em água.

### **Sika® Stabilizer- 3121 TBM**

Polímero com características hidrofílicas que melhora a viscosidade efetiva.



## ADITIVOS

Apesar de as espumas serem os materiais mais comumente utilizados, elas não são o único tipo de produtos que devem ser levados em consideração. Produtos adicionais podem ser utilizados para alcançar diferentes resultados durante a escavação e o progresso da TBM.

### **Sika® Stabilizer- 3020 TBM**

Limpador dos discos de corte e removedor de argila.

### **Sika® Stabilizer- 3200 TBM**

Agente antiespumante usado em escavações de túneis e lamas antes do descarte.

### **Sika® Stabilizer- 3700 TBM**

Redutor de fricção especial à base de argila usada para manter superfícies de aço limpas.

# GRAXAS PARA RODA DE CORTE E ESCOVAS

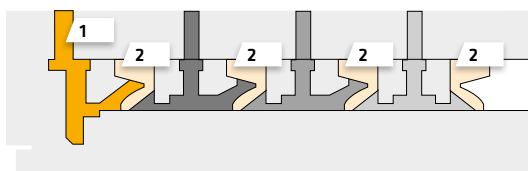
**AS GRAXAS DA SIKA FORAM ESPECIFICAMENTE PROJETADAS** e desenvolvidas com uma formulação baseada em óleo vegetal livre de hidrocarbonetos, o que evita qualquer contaminação de derramamento residual, além de serem resistentes à água e à pressão do solo.

## GRAXAS PARA A RODA DE CORTE

Um dos componentes mais caros e importantes da TBM é, provavelmente, a roda de corte. Para mantê-la em boas condições, ela deve ser selada e lubrificada de forma adequada. A experiência nos mostra que a maioria das falhas das rodas de corte de TBM está relacionada à falta de lubrificação ou à entrada de contaminantes exteriores. Por este motivo, é imprescindível que o sistema opere com produtos confiáveis. O Sika® Stabilizer- 2001 TBM protege o rolamento principal, evitando que ele entre em contato com contaminações de água, lama, poeira e espuma.

### Sika® Stabilizer- 2001 TBM

Graxa para roda de corte de TBMs com forte agarramento e aderência a superfícies de metal, com resistência extremamente alta a lavagens. Ele também conta com boas propriedades de lubrificação e bombeamento.



1 Sika® Stabilizer- 2001 TBM | 2 Selos



## GRAXAS PARA VEDAÇÃO DAS ESCOVAS

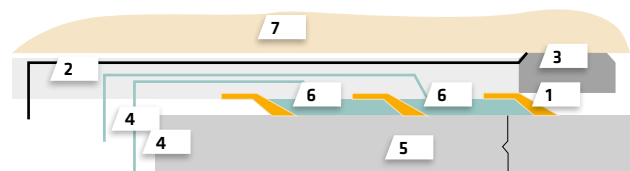
Graxas para vedação do escudo são injetadas entre as fileiras de escovas no vão entre o escudo e os segmentos do revestimento para evitar que a água, o solo e o backfilling grout entrem na TBM. As graxas da Sika® são projetadas especificamente para a utilização segura em áreas urbanas e onde mais a água subterrânea pode estar em contato com as escavações de TBM, para prevenir a poluição do ambiente.

### Sika® Stabilizer- 2101 TBM

Graxa padrão para primeiro preenchimento e impermeabilização das escovas

### Sika® Stabilizer- 2201 TBM

Graxa padrão para avanço normal



1 Escova metálica | 2 Escudo | 3 Backfill | 4 Linhas de graxa | 5 Segmento de concreto | 6 Graxa Sika® | 7 Solo



# INJEÇÕES

**A SIKA OFERECE UMA AMPLA LINHA** de produtos de injeção utilizados com as TBMs em diferentes aplicações, incluindo consolidação do solo, estabilização de rochas, interrupção do ingresso de água, vedação permanente e impermeabilização, além do preenchimento de espaços vazios e cavidades etc.

O ingresso e lavagem por água com o desenvolvimento de cavidades descontroladas representa um risco de segurança e, custos possivelmente maiores para TBMs de rochas duras e gripper.

As tecnologias de injeção SikaFix® são altamente eficientes na resolução destes problemas, uma vez que o material curado é facilmente cortado pela TBM. O desempenho não é alterado na presença de água.

## **SikaFix® 301**

Esta é uma resina de injeção de três componentes à base de acrilato especialmente desenvolvida para penetrar e consolidar estruturas de baixa permeabilidade. O SikaFix®-301 tem uma consistência muito semelhante à da água, penetrando em estruturas preenchidas com rocha e areia de forma rápida e eficiente. O tempo de reação da resina pode ser ajustado entre 2 e 15 minutos dependendo da aplicação e das distâncias de penetração necessárias.

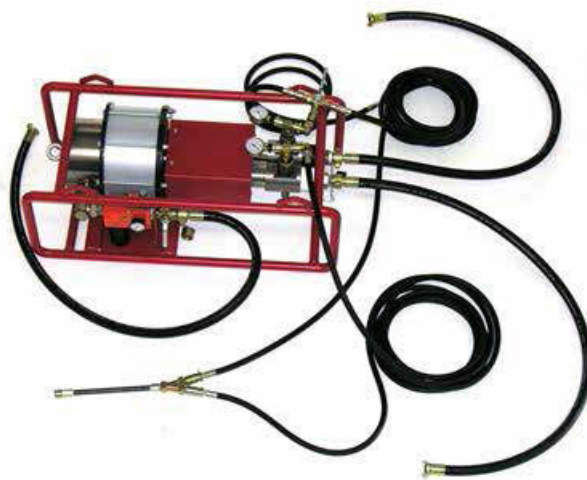
## **SikaFix® 501**

O SikaFix®-501 é uma resina de silicato, bicomponente com um alto fator espumante de cerca de 30 vezes (o tempo de reação é de cerca de 15 segundos). O produto forma espuma com ou sem a presença de água. Outra vantagem importante para as TBMs com este produto é a natureza cortável da espuma curada, uma vez que a espuma de poliuretano adere à cabeça de corte do TBM.

O SikaFix®-501 também demonstra um excelente custo benefício em comparação a outros produtos de pré-injeção de TBM, e é amplamente utilizado para estabilizar geologias fraturadas com grandes conteúdos de espaços vazios ou cavidades.

## **SikaFix® 601**

O SikaFix®-601 é uma resina de silicato, bicomponente com um tempo de reação curto (cerca de 40 segundos), curado para uma resina sólida de alta resistência, sem o desenvolvimento de nenhuma espuma. Ele também apresenta excelente aderência, mesmo em superfícies úmidas. Assim, o SikaFix®-601 é frequentemente utilizado para consolidações exigentes de rochas e para o controle de explosões excessivas nos túneis. O produto também está disponível em consistência tixotrópica para ser utilizada em aplicações aéreas e injeções de tirantes autoperfurantes.



# REPARAÇÃO E ADESIVO PARA CORREIA TRANSPORTADORA

**A INDÚSTRIA DE CONSTRUÇÃO DE TÚNEIS E MINERAÇÃO** está entre os maiores setores industriais em todo mundo, em que sistemas de esteiras transportadoras de borracha são amplamente utilizados. A experiência da Sika pode oferecer opções superiores de desempenho de custos para a fixação e a reparação de esteiras de borracha e componentes para diversas aplicações.

## REPARAÇÃO DE CORREIAS

### SikaBond® R&B-100

Este sistema baseado em resina sintética e elastomérica bicomponente de alto desempenho é especialmente projetado para a reparação de esteiras transportadoras de borracha reforçada com aço e têxteis. O material é usado principalmente para consertar danos frequentes e não estruturais como buracos, cortes e bordas rasgadas causados pelas rochas. Isso aumenta consideravelmente a vida útil da esteira transportadora. Quando aplicado, ele cura e desenvolve propriedades mecânicas excelentes em um substrato bem preparado.

O SikaBond® R&B-100 é ideal para reparações rápidas com um rápido retorno ao serviço das esteiras transportadoras.



## FIXAÇÃO DE CORREIA

### SikaBond® R&B-200/210

A vulcanização de borracha é demorada, e pode ser também um negócio caro, com diversos equipamentos e know-how especiais envolvidos. A Sika é uma das poucas empresas com um conhecimento patenteado neste campo, e também com um alcance global para fornecer adesivos de fixação de borracha excepcionais. O SikaBond®-R&B-200/210 são sistemas de adesivos flexíveis e cura rápida projetados para substituir fixações mecânicas, como rebites, parafusos ou soldas, bem como a própria vulcanização a quente. Eles também são adequados para fixação de e/ou entre muitos outros materiais além da borracha, incluindo metais, plásticos rígidos, vidro e madeira etc.





# BACKFILLING GROUTS

**A SIKA ESTÁ ATIVAMENTE ENVOLVIDA EM TODO O MUNDO** em diversos projetos de construção de túneis, fornecendo uma ampla linha de produtos para preenchimento de TBMs de acordo com as necessidades específicas de cada projeto.

## BACKFILLING GROUT

Escavações com TBMs com escudo significa que segmentos de concreto pré-fabricados são instalados para formar o túnel, e um vão anular permanece entre esses segmentos e o solo. O preenchimento deste anel é um requisito muito importante, já que ele garante um contato homogêneo com o solo, transfere a carga de apoio da TBM e também pode ajudar a impermeabilizar o túnel.

Diferentes tipos de materiais de preenchimento foram desenvolvidos: argamassa de endurecimento hidráulico e graute bicomponente. A Sika oferece uma linha completa de estabilizadores e retardadores para a preparação do backfilling grout: SikaTard®, Sika® ViscoCrete®, SikaFume® e Plastiment®.



## GRAUTE BICOMPONENTE

O graute bicomponente é preparado com a mistura de água/cimento, bentonita e retardador (componente A) com um acelerador (componente B). Esses elementos são misturados antes de o componente A ser injetado pelo escudo e se transformam de um líquido cremoso em um gel em cerca de 10 ou 20 segundos. A mistura final tem uma resistência à compressão comparável àquela do solo circundante, e pode preencher cada espaço vazio e lacuna antes de se acomodar e endurecer.

Para a fluidez requerida e os efeitos de pega retardada, os produtos da Sika SikaTard® e Plastiment® são utilizados. Em seguida, os aceleradores SikaSet® ou Sigunit® são utilizados para controlar o tempo e processo de acomodação e endurecimento.

### Sika Sigunit 3100 L BFG

Aditivo acelerador de pega inovador e especialmente desenvolvido para aplicação no sistema de grauteamento bicomponente, durante a operação de tuneladoras do tipo EPB.

### Sika Tard 3100 BFG

Aditivo redutor de água, retardador de pega e estabilizador para argamassas e backfilling grouts usados em aplicações de TBMs



# ADITIVOS PARA CONCRETO PROJETADO OU SEGMENTOS DE CONCRETO

**AS UNIDADES DE CONCRETO PROJETADO MODERNAS** usam uma tecnologia moderna de manuseio de materiais, bem como tecnologias de concreto, como a química de aditivos para concreto. As demandas crescentes de economia, a proteção da saúde e meio ambiente fazem com que o concreto projetado esteja em um contínuo desenvolvimento nos anos recentes.

## **Sika® ViscoCrete®**

Produtos usados para reduzir a demanda de água do concreto, controlar a trabalhabilidade e aumentar a durabilidade do concreto projetado. O desenvolvimento da resistência é positivamente influenciado pelas ações duplas do superplastificante e do efeito de aceleração.

## **SikaTard®**

Aditivos desenvolvidos para regular a hidratação do concreto projetado, o que permite um tempo de trabalhabilidade estendido, para que a projeção contínua com misturas frescas possa continuar sem dificuldade por períodos de tempo definidos conforme necessário.

## **Sika® Shot**

Aceleradores são utilizados, por exemplo, em aplicações de concreto projetado como trabalhos de impermeabilização, reparação ou proteção contra incêndios. Estes podem ser produzidos como argamassas prontas para o uso que oferecem flexibilidade no local uma vez que os materiais podem ser armazenados por períodos relativamente longos e projetados com máquinas relativamente pequenas.

## **Sigunit®**

Uma linha completa de aceleradores alcalinos e sem álcalis para concreto projetado, oferecendo um desenvolvimento rápido da resistência de acordo com as curvas necessárias J1, J2 e J3.



**EM CONSTRUÇÕES MODERNAS DE TBM**, o revestimento permanente do túnel é produzido com segmentos de concreto pré-fabricados. Este tipo de concreto geralmente exige soluções inovadoras para a dosagem.

## **CONCRETO PARA REVESTIMENTOS INTERNOS**

O volume de concreto necessário para o revestimento interno de túneis tem um custo-benefício muito alto, sendo, portanto, um aspecto relevante. O concreto deve fluir facilmente para que seja lançado nas formas, não devendo exsudar ou segregar e, para garantir uma produção rápida e ciclo de formas, ele deve fornecer alta resistência inicial. Os requisitos de consistência, estabilidade e resistência inicial são controlados pelo uso da tecnologia Sika® ViscoCrete®. Aditivos adicionais da Sika, como Sikament® e SikaPlast®, também são adicionados e usados para atender a demandas específicas. Se o retardo for necessário – SikaTard®. Para incorporação de ar – Sika®Aer. A microsilica SikaFume® aumenta a densidade da mistura, gerando uma resistência à compressão maior e uma durabilidade maior ainda.

## **SEGMENTOS DE CONCRETO**

Durante a produção de segmentos de concreto para túneis, é importante que o concreto seja lançado sem a formação de vazios ou bicheiras. A mistura também deve ter uma alta resistência inicial para reduzir o tempo de cura e desmoldar os segmentos o mais rápido possível.

Com um alto efeito plastificante, uma baixa relação água/cimento pode ser alcançada, o que resultará em resistências iniciais e durabilidade maiores.

Após algumas poucas horas, o concreto deve ter a resistência suficiente. Para atender a essas exigências, aditivos especiais foram desenvolvidos com a tecnologia Sika® ViscoCrete®. Os agentes desmoldantes Sika® Separol® são usados para garantir um desmolde fácil e superfícies de concreto aprimoradas.

Em algumas condições, os segmentos que formam o revestimento permanente podem ser expostos a influências agressivas na água subterrânea, por exemplo. O Sikagard®-65 W é um revestimento de epóxi disperso em água projetado para oferecer um alto nível de proteção.



# MÁQUINAS DE ROTOR E LANÇAS DE PROJEÇÃO

**A ALIVA® EQUIPMENT É UMA DIVISÃO DA SIKA AG NA SUÍÇA.** Por mais de meio século, a Aliva® tem estado ativa no campo de concreto projetado como uma especialista em projetar e fabricar máquinas robustas e flexíveis de projeção rotativas, bombas de concreto, unidades de dosagem, lanças de projeção telescópicas e sistemas especiais de projeção para TBMs.

## MÁQUINAS DE ROTOR

Com o transporte feito por meio de um rotor, o material é transportado com ar pressurizado pelo processo de fluxo aerado para o bico de projeção, onde é misturado com água e qualquer outro aditivo (aceleradores, por exemplo) pode ser adicionado. Essas máquinas Aliva possuem placas de vedação feitas de um aço especial e um sistema de lubrificação automático que reduz o desgaste e também o tempo de inatividade e os custos de operações.

### VANTAGENS DAS MÁQUINAS DE ROTOR ALIVA

- Fácil manuseio e baixa manutenção
- Longas distâncias de transporte possíveis
- Taxa constante de entrega e pulsação muito baixa
- Gabinete de controle especial (SPS, componentes adicionais etc.)
- As pressões de trabalho e a quantidade de materiais são exibidas continuamente no controle remoto (AL 267)
- Sistema automático de reconhecimento de bloqueio (AL 267)
- Também usadas para o preenchimento com backfilling do espaço anular entre os segmentos de concreto e o solo escavado

### Aliva®-267

Esta máquina de rotor é ideal para o processo via seca e úmida de concreto projetado. Sua construção modular é adequada para ambos. Com rendimento de 4 a 21 m<sup>3</sup>/h, ela é adequada para as TBMs, sistemas temporários de suporte de poços em mineração, estabilização de taludes e estabilização de rochas.



## LANÇAS DE PROJEÇÃO

A Aliva® estabeleceu novos padrões com a produção de equipamentos de construção de túneis específicos para os clientes. Particularmente com o robô de projeção de concreto Aliva (AL-302) e o equipamento de preenchimento com backfilling grout Aliva (AL-267) para TBMs.

### VANTAGENS DOS ROBÔS DE PROJEÇÃO

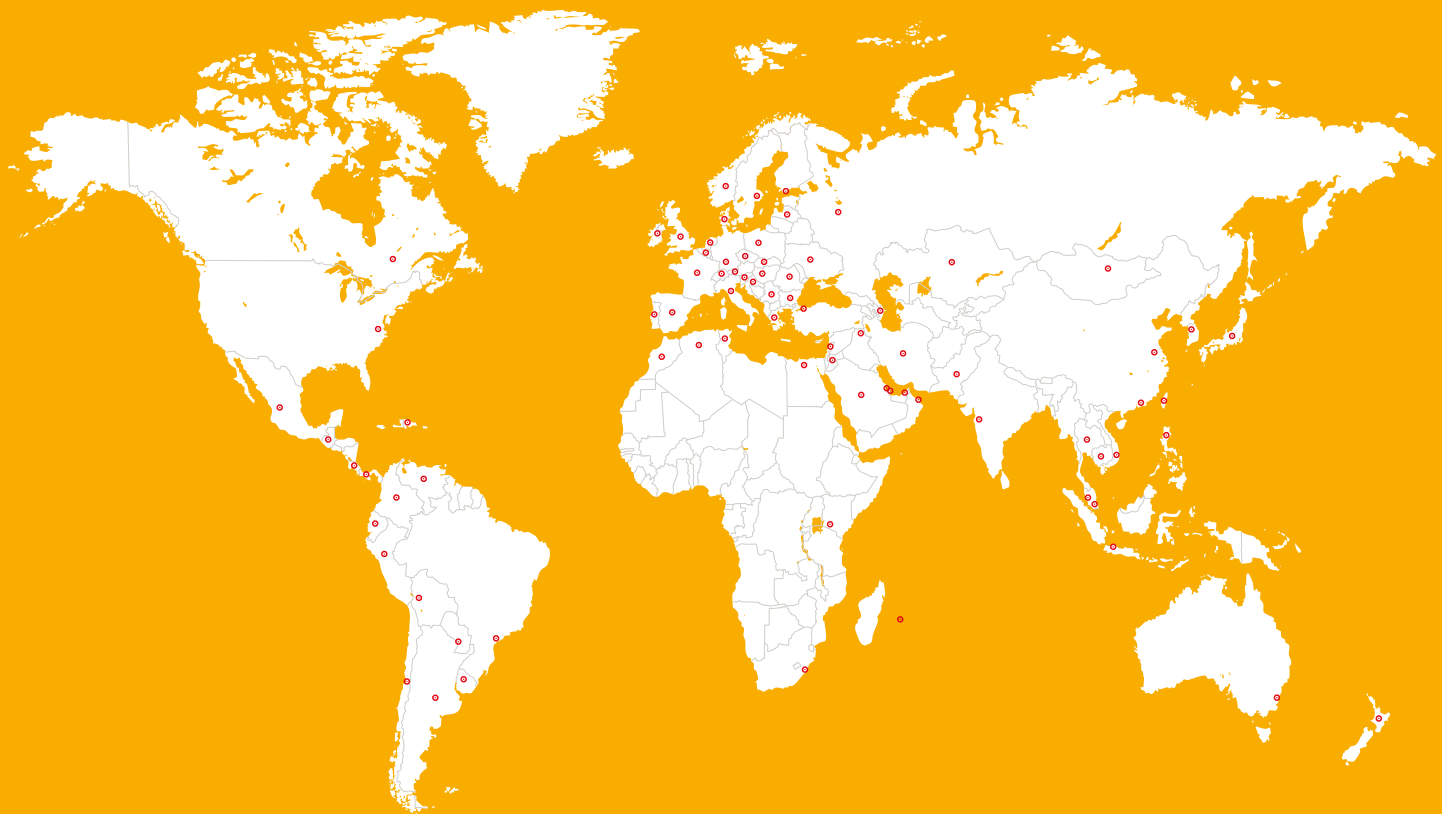
- Projetados, desenvolvidos e fabricados pela Aliva® na Suíça
- Soluções práticas padronizadas
- Soluções personalizadas
- Flexíveis em sua linha e área de trabalho
- Cabeçotes de projeção e outros acessórios sob demanda
- Sistemas de alimentação de concreto e acelerador podem ser incluídos

### COMPONENTES DO SISTEMA

- Mecanismo de anel
- Robô com até três braços de projeção telescópicos
- Máquinas de rotor Aliva®-267
- Soluções personalizadas para TBMs
- Sistemas completos incluindo bomba de concreto e unidade de dosagem do acelerador
- Controles com ou sem fio



# GLOBAL, MAS COM PARCERIAS LOCAIS



## PARA OBTER MAIS INFORMAÇÕES:



### NÓS SOMOS SIKA

A Sika é uma empresa especializada em produtos químicos, que ocupa uma posição de liderança no desenvolvimento e na produção de sistemas e produtos de fixação, vedação, amortecimento, reforço e proteção no setor de edifícios e na indústria de veículos automotores. As linhas de produtos da Sika possuem aditivos para concreto, argamassas, selantes e adesivos, sistemas de reforços estruturais, pisos industriais, além de sistemas de impermeabilização e coberturas.

Nossas Condições de Vendas Gerais mais recentes se aplicam.  
Consulte a Folha de Dados antes do uso e processamento.



**SIKA SERVICES AG**  
Tüffenwies 16  
CH-8048 Zurich  
Suíça

**Contato**  
Telefone +41 58 436 40 40  
Fax +41 58 436 41 50  
[www.sika.com.br](http://www.sika.com.br)

**BUILDING TRUST**

