

**MANUAL TÉCNICO - EDIÇÃO 2024**

# Linhas gerais para a consolidação, reforço estrutural e segurança sísmica com novas tecnologias green.

Prescrições, especificações técnicas e detalhes construtivos

**kerakoll**



# Manual de consolidação

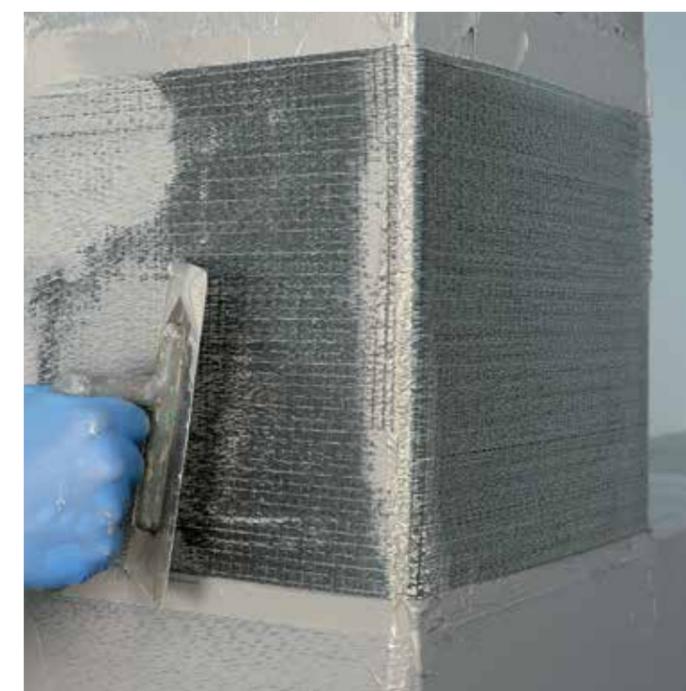
Em Portugal e no resto do mundo, numerosas patologias afectam o património edificado, em todas as suas formas: desde a construção histórica em alvenaria de variada natureza até às mais recentes estruturas em betão armado. O estudo destas patologias evidenciou aspectos relacionados com a presença de alvenarias heterogéneas e em péssimas condições de conservação, de elementos com resistência mecânica muito baixa, ou de elementos em betão armado realizados com betão de qualidade inferior ou em evidente estado de degradação.

A partir do estudo atento da mecânica dos sistemas de reforço e da interacção com os diversos materiais de construção, os nossos investigadores conceberam sistemas modernos de reforço, compostos por matrizes minerais inovadoras combinadas com novos tecidos unidireccionais em fibra de aço galvanizado de elevada resistência, com redes em fibra natural de basalto e aço inox, com fibras curtas em aço de alta resistência e com varões helicoidais em aço inox.

A primazia da nossa metodologia de investigação, conjugada com a excelência dos principais institutos de investigação nacionais italianos e externos com os quais colaboramos, assenta no desenvolvimento de sistemas de reforço capazes de se adaptarem perfeitamente à resistência e rigidez das diversas tipologias de suportes.

As combinações das matrizes Kerakoll com os tecidos em fibra de aço e em fibra de basalto constituem os inovadores sistemas de reforço estrutural de baixa espessura, que oferecem múltiplas vantagens tais como: simplicidade de aplicação e comportamento resistente, módulo de elasticidade e tenacidade superiores aos dos sistemas compósitos de reforço estrutural mais comuns.

Este Manual Técnico é um guia prático útil para projectistas e direcções de obras, para planear e dirigir a obra de modo mais simples e eficaz.



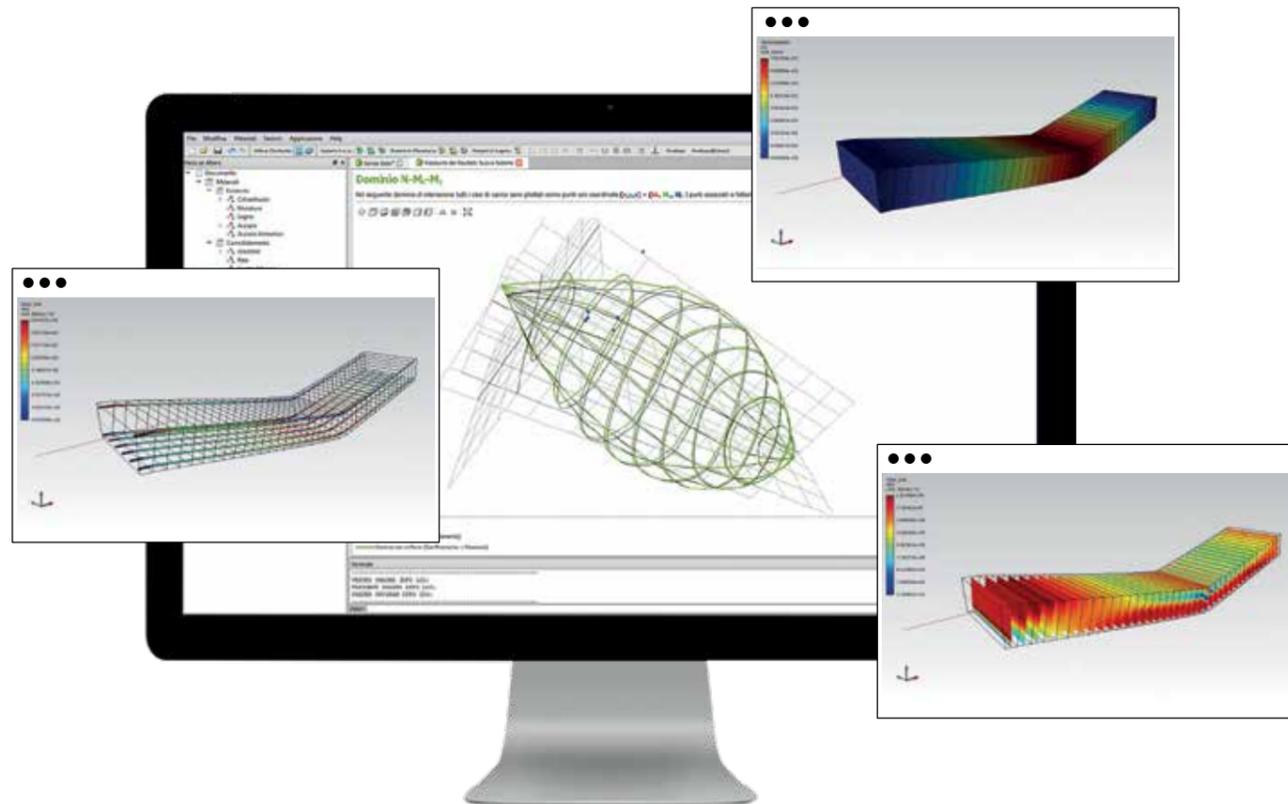
A Kerakoll é membro contribuinte e parceiro de





## GEORFORCE ONE, O SOFTWARE PARA PROJECTAR A CONSOLIDAÇÃO E REFORÇO ESTRUTURAL COM NOVAS TECNOLOGIAS GREEN

Geoforce one  
Software



O inovador software Geoforce One, desenvolvido e concebido pela Asdea para a Kerakoll, permite projectar e verificar secções de forma standard ou genérica em betão armado, betão armado pré-esforçado, madeira e alvenaria. Com apenas três passos simples é possível projectar e verificar o sistema de reforço no elemento estrutural.

O Geoforce One permite ainda a modelação e a análise de elementos estruturais como vigas/pilares em betão armado, paredes, lintéis, arcos e abóbadas em alvenaria e nós viga-pilar.

### 1. DEFINIÇÃO DA SECÇÃO

- Geração da geometria de secções com formas recorrentes (rectangular ou circular) através de editores específicos
- Geração da geometria de secções de formas complexas através de um ambiente CAD integrado
- Definição de varões de armadura longitudinal e transversal
- Definição de reforços à flexão, corte, confinamento e torsão
- Definição de aumentos de secção
- Definição de outros casos de carga

### 2. ANÁLISE DA SECÇÃO

- Verificações à flexo-compressão/tracção:
  - verificação do estado inicial devido às cargas presentes no momento da aplicação do reforço
  - verificação do ELS
  - verificação do ELU
- Verificações ao confinamento, corte e torsão: para secções em betão armado o modelo constitutivo do betão tem em conta o efeito do confinamento
- Verificação para outros casos de carga

### 3. VISUALIZAÇÃO E EXPORTAÇÃO DOS RESULTADOS

- Geração, visualização e exportação de relatórios detalhados
- Resumo dos materiais utilizados
- Resultados das verificações ao estado inicial e ELS
- Resultados das verificações ao ELU pré e pós-intervenção com sistemas de reforço Kerakoll
- Visualização de domínios de interacção 2D e 3D
- Visualização do gráfico momento-curvatura

### DEFINIÇÃO DO ELEMENTO ESTRUTURAL

- Geração de elementos estruturais com um editor ad hoc
- Elementos construídos a partir de um número variável de secções, e a sua localização ao longo do eixo do elemento
- Possibilidade de inserir aumentos de secção (com ou sem reforço) em arcos e abóbadas

### ANÁLISE MEF ESTÁTICA NÃO LINEAR

- Definição de cargas e condições de contorno
- Lançamento da análise estática não linear em dois passos:
  - estado inicial antes da aplicação do reforço
  - estado final com o elemento reforçado
- Modelo de viga com integração da resposta seccional usando o modelo com fibras
- Modelos constitutivos não lineares baseados na teoria da plasticidade e do dano contínuo

### VISUALIZAÇÃO DOS RESULTADOS

- Visualização gráfica dos resultados em cada passo da análise não linear
- Visualização dos gráficos de contorno para resultados nodais e de elemento
- Visualização dos gráficos de contorno para resultados seccionais:
  - estado de tensão-deformação em cada ponto da secção em fibras
  - estado dos materiais
  - factores de aproveitamento
- Gráfico da curva tensão-deformação



A ASDEA é um gabinete de engenharia constituído por profissionais que ao longo de várias décadas adquiriram uma experiência de investigação significativa ao nível internacional.

A empresa nasceu com o objectivo de oferecer soluções inovadoras altamente tecnológicas no campo da engenharia estrutural e opera activamente em diversos países, contando com mais de 300 profissionais, fornecendo em todo o mundo serviços de engenharia e arquitectura altamente especializados.



# Índice Geral

<b>SOLUÇÕES PARA A CONSOLIDAÇÃO DE ESTRUTURAS EM BETÃO ARMADO, BETÃO ARMADO PRÉ-ESFORÇADO E PRÉ-FABRICADOS</b>	9
• RECONSTRUÇÃO, REPARAÇÃO E AUMENTO DE ESPESSURA	10
• PILARES E NÓS	18
• VIGAS E LAJES	32
<b>SOLUÇÕES PARA A CONSOLIDAÇÃO, REFORÇO E REPARAÇÃO DE PAREDES DE ENCHIMENTO EM ESTRUTURAS PORTICADAS EM BETÃO ARMADO</b>	53
• REPARAÇÃO, RECUPERAÇÃO DE LESÕES LOCAIS	54
• REFORÇO E MELHORIA GENERALIZADA	58
<b>SOLUÇÕES PARA A CONSOLIDAÇÃO DE ESTRUTURAS EM ALVENARIA PORTANTE DE TIJOLO MACIÇO, TUFO, PEDRA NATURAL, TERRA CRUA E ADOBE</b>	68
• ALVENARIA E PILARES	70
• ARCOS	114
• ABÓBADAS	122
• CÚPULAS	146
<b>APÊNDICES</b>	154



# SOLUÇÕES PARA A CONSOLIDAÇÃO DE ESTRUTURAS EM BETÃO ARMADO, BETÃO ARMADO PRÉ-ESFORÇADO E PRÉ-FABRICADOS

## RECONSTRUÇÃO, REPARAÇÃO E AUMENTO DE ESPESSURA

<b>1</b>		Reparação/preenchimento de fissuras em secções danificadas através da selagem e injeção com sistemas orgânicos	10
<b>2</b>		Reconstrução através da reparação monolítica de secções em betão armado e tratamento das armaduras com georgamassa mineral estrutural tixotrópica	12
<b>3A</b>		Reforço através da reconstrução volumétrica monolítica com aumento de secção e armadura complementar, com encamisamento por gravidade de georgamassa mineral estrutural fluida	14
<b>3B</b>		Reforço através da reconstrução volumétrica monolítica e aumento de secção, com encamisamento por gravidade de georgamassa mineral fluida reforçada com fibras de elevado desempenho	16

## PILARES E NÓS

<b>4</b>		Reforço através da realização de ligação rígida entre pilar pré-fabricado e laje industrial em betão armado com adesivo epoxídico	18
<b>5</b>		Reforço de pilares através do reforço exterior de confinamento com tecidos de fibra de aço galvanizado e georgamassa mineral estrutural tixotrópica	20
<b>6</b>		Reforço de pilares através do reforço exterior de confinamento com tecidos de fibra de aço galvanizado com adesivo epoxídico	22
<b>7A</b>		Reforço dos nós viga-pilar de fachada através do reforço exterior com tecidos em fibra de aço galvanizado e georgamassa mineral estrutural tixotrópica	24
<b>7B</b>		Reforço dos nós viga-pilar de fachada através do reforço exterior com tecidos em fibra de aço galvanizado e adesivo epoxídico	26
<b>8A</b>		Reforço dos nós viga-pilar de canto através do reforço exterior com tecidos em fibra de aço galvanizado e georgamassa mineral estrutural tixotrópica	28
<b>8B</b>		Reforço dos nós viga-pilar de canto através do reforço exterior com tecidos em fibra de aço galvanizado e adesivo epoxídico	30

## VIGAS E LAJES

<b>9</b>		Consolidação e reforço à flexão de lajes em abobadilha cerâmica através do reforço da face inferior com tecidos em fibra de aço galvanizado e georgamassa mineral tixotrópica ou adesivo epoxídico	32
<b>10A</b>		Prevenção antidestacamento através da aplicação sobre o reboco existente de rede biaxial em fibra natural de basalto com reboco-barramento à base de cal hidráulica natural pura e ancoragens através de varões helicoidais	34
<b>10B</b>		Reparação e prevenção de destacamento através de reboco-barramento à base cal hidráulica natural pura e rede biaxial em fibra natural de basalto	36
<b>11A</b>		Reforço através de aumento de rigidez na face superior de laje em abobadilha cerâmica ou laje em betão armado com armadura complementar e de georgamassa mineral estrutural fluida e colaborante	38
<b>11B</b>		Reforço à flexão e aumento de rigidez na face superior de laje em abobadilha cerâmica ou laje em betão armado através de georgamassa mineral fluida e colaborante reforçada com fibras de elevado desempenho	40
<b>11c</b>		Realização de diafragma rígido através de georgamassa mineral fluida reforçada com fibras de elevado desempenho	42
<b>12</b>		Reforço à flexão de vigas através do reforço exterior com tecidos em fibra de aço galvanizado e georgamassa mineral estrutural tixotrópica	44
<b>13</b>		Reforço à flexão de vigas através do reforço exterior com tecidos em fibra de aço galvanizado e adesivo epoxídico	46
<b>14</b>		Reforço ao corte de vigas através do reforço exterior com tecidos em fibra de aço galvanizado e georgamassa mineral estrutural tixotrópica	48
<b>15</b>		Reforço ao corte de vigas através do reforço exterior com tecidos em fibra de aço galvanizado e adesivo epoxídico	50

# 9

## Consolidação e reforço à flexão de lajes em abobadilha cerâmica através do reforço da face inferior com tecidos em fibra de aço galvanizado e geoargamassa mineral tixotrópica ou adesivo epoxídico



### PRESCRIÇÃO

- Preparação dos suportes. Depois de remover do suporte as eventuais camadas de reboco degradadas ou incoerentes, criar rugosidade no substrato em betão (rugosidade de pelo menos 5 mm, igual ao grau 8 do "Kit de verificação da preparação dos suportes") das vigotas em betão armado através do saneamento mecânico e remover em profundidade o eventual betão degradado; esta remoção deve prosseguir até atingir betão com características de boa solidez, homogeneidade e não carbonatado, e deve envolver também qualquer outro elemento que possa condicionar a aderência aos posteriores tratamentos e/ou aplicações. Posteriormente, remover cuidadosamente a oxidação dos varões da armadura, que devem ser limpos através de escovagem (manual ou mecânica) ou jacto de areia. Limpar o substrato, eliminando qualquer resíduo de pó, gordura, óleos e outras substâncias contaminantes com ar comprimido ou jacto de água, e molhar até à saturação até se obter um substrato saturado, mas sem água líquida à superfície.
- Reconstrução monolítica das vigotas em betão armado e tratamento dos varões de armadura. Realizar a protecção dos varões e a reparação volumétrica do betão em falta das vigotas em betão armado da laje em abobadilha cerâmica através da geoargamassa tixotrópica GEOLITE. Limpar o substrato e realizar a reconstrução manualmente (com colher de pedreiro), sobre o suporte saturado mas sem água líquida à superfície, respeitando as técnicas de aplicação correctas. A aplicação deve garantir o preenchimento de todas as cavidades e o envolvimento dos ferros da armadura pela argamassa de recuperação. Logo que a argamassa inicie a presa, tornar a superfície inferior áspera (rugosidade de pelo menos 5 mm, igual ao grau 8 do "Kit de verificação da preparação dos suportes"), para favorecer a aderência da camada posterior de reforço. Obter um perfil regular da laje com o enchimento das abobadilhas cerâmicas danificadas ou removidas, através da colocação de painéis termo-isolantes EPS KLIMA AIR em espessuras adequadas, devidamente colados à abobadilha cerâmica através de KERAKLIMA ECO, tendo o cuidado de limpar bem o substrato, garantindo uma superfície seca, consistente e isenta de partes friáveis.
- Aplicação do sistema de reforço. Terminada a reconstrução das vigotas em betão armado, com a argamassa endurecida, ou seja logo que tenha iniciado a presa, realizar o sistema de reforço estrutural em fibra de aço Steel Reinforced Grout (combinação de fibra de aço e argamassa mineral estrutural tixotrópica à base de geoligante), ao longo de todo o desenvolvimento longitudinal das vigotas em betão armado na face inferior e segundo as indicações do projecto. Aplicar uma primeira demão de GEOLITE, garantindo sobre o suporte uma quantidade de material suficiente (espessura média 3 – 5 mm) para aplicar e embeber o tecido de reforço. Posteriormente, aplicar, sobre a matriz ainda fresca, o tecido em fibra de aço galvanizado UHTSS GEOSTEEL, garantindo o embebimento perfeito da banda na camada de matriz, exercendo uma pressão enérgica com a espátula e tendo o cuidado que a mesma saia por entre os cabos, garantindo assim uma óptima aderência entre a primeira e segunda camada de matriz. Nos pontos de junção longitudinal, sobrepor duas camadas de tecido em fibra de aço em pelo menos 30 cm. Concluir a aplicação com o barramento final protector (espessura total do reforço 5 – 8 mm), sempre realizado com GEOLITE, com o fim de embeber totalmente o reforço e preencher eventuais vazios subjacentes. Em caso de camadas posteriores à primeira, deve-se proceder com a aplicação da segunda camada de fibra sobre a camada de matriz ainda fresca, procedendo como descrito antes.

### ADVERTÊNCIAS

O Geosteel é fornecido em 4 gramagens distintas em função das exigências de cálculo:

- GEOSTEEL G600 (gramagem: 670 g/m<sup>2</sup>; n.º de cabos por cm = 1,57 espessura equivalente da banda = 0,084 mm)
- GEOSTEEL G1200 (gramagem: 1200 g/m<sup>2</sup>; n.º de cabos por cm = 3,14; espessura equivalente da banda = 0,169 mm)
- GEOSTEEL G2000 (gramagem: 2000 g/m<sup>2</sup>; n.º de cabos por cm = 4,72; espessura equivalente da banda = 0,254 mm)
- GEOSTEEL G3300 (gramagem: 3300 g/m<sup>2</sup>; n.º de cabos por cm = 7,09; espessura equivalente da banda = 0,381 mm).

O projectista pode escolher, com base nas exigências do projecto, qual gramagem de GEOSTEEL adoptar em combinação com a geoargamassa mineral tixotrópica ou adesivo epoxídico. Quando se queira instalar o sistema de reforço de matriz epoxídica SRP, deve-se consultar a TAB. 13.

Antes de efectuar a intervenção, verificar se a classe de resistência do betão do suporte é adequada.

### 1 2 3

Preparação das superfícies e reconstrução volumétrica das vigotas.



Tornar a superfície áspera.



Enchimento dos vazios com painéis em EPS KLIMA AIR colados e barrados com KERAKLIMA ECO.



### 4 5 6

Aplicação da primeira demão de GEOLITE.



Instalação do tecido em fibra de aço GEOSTEEL.



Aplicação da segunda demão de GEOLITE.



### ESPECIFICAÇÃO

Consolidação e reforço à flexão de lajes em abobadilha cerâmica degradada com deterioração do betão através da reconstrução volumétrica de vigotas em betão armado, com aplicação com colher de pedreiro em espessura média de 30 mm, após preparação adequada dos suportes e molhagem até à saturação a contabilizar à parte, geoargamassa mineral certificada, eco-compatível, tixotrópica, de presa normal, à base de geoligante e zircónia de reacção cristalina, com teor muito baixo de polímeros petroquímicos e isenta de fibras orgânicas, específica para a passivação, reparação, barramento e protecção monolítica com durabilidade garantida de estruturas em betão, GreenBuilding Rating 4, provida de marcação CE e em conformidade com os requisitos de desempenho exigidos pela Norma EN 1504-7 para a passivação dos varões de armadura, EN 1504-3 Classe R4 (cura CC e PCC) para a reconstrução volumétrica e o barramento e pela EN 1504-2 para a protecção de superfícies, de acordo com os Princípios 2, 3, 4, 5, 7, 8 e 11 definidos pela EN 1504-9 – tipo GEOLITE da Kerakoll – características técnicas certificadas: nenhuma corrosão do varão metálico (EN 15183), resistência à compressão aos 28 dias > 50 MPa (EN 12190), resistência à tracção por flexão aos 28 dias > 8 MPa (EN 196-1), aderência aos 28 dias > 2 MPa (EN 1542), módulo de elasticidade E aos 28 dias ≥ 20 GPa (EN 13412), resistente à carbonatação (EN 13295), retracção linear < 0,3% (EN 12617-1), resistência à abrasão com perda de peso do provete < 3000 mg (EN ISO 5470-1); logo que a argamassa inicie a presa, tornar áspera a nova superfície inferior, procede-se com a instalação de sistema composto de matriz inorgânica SRG (Steel Reinforced Grout), provido de Marcação CE através de Avaliação Técnica Europeia (ETA) segundo o art.º 26 do Regulamento UE n.º 305/2011 ou de certificação internacional de validade comprovada, realizado com tecido unidireccional em fibra de aço galvanizado com resistência muito elevada, formado por microcabos de aço produzidos segundo a norma ISO 16120-1/4 2017 fixados sobre uma microrrede em fibra de vidro, com peso líquido da fibra de cerca de 1200 g/m<sup>2</sup> – tipo GEOSTEEL G1200 da Kerakoll – características técnicas certificadas da banda: resistência à tracção valor característico > 3000 MPa; módulo de elasticidade > 190 GPa; deformação final à rotura > 1,5%; área efectiva de um cabo 3x2 (5 fios) = 0,538 mm<sup>2</sup>; n.º cabos por cm = 3,14 com envolvimento dos fios com elevado ângulo de torsão em conformidade com a norma ISO/DIS 17832; espessura equivalente da banda = 0,169 mm; impregnado com a mesma geoargamassa mineral certificada utilizada para a reconstrução das vigotas em betão armado.

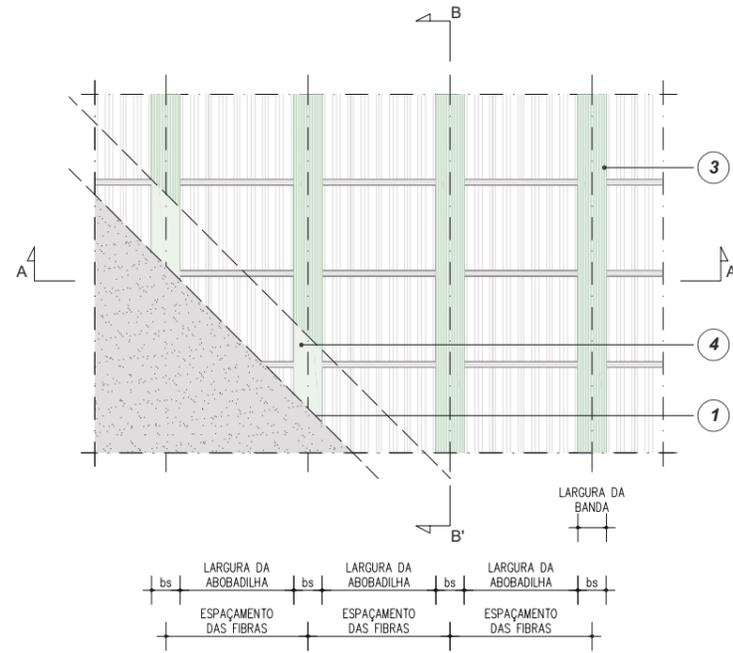
A intervenção desenvolve-se nas seguintes fases: preparação do suporte (rugosidade de pelo menos 5 mm); aplicação de uma primeira camada de geoargamassa, com espessura de cerca de 3 – 5 mm; com a argamassa ainda fresca, proceder à aplicação do tecido em fibra de aço galvanizado com resistência muito elevada, tendo o cuidado de garantir um embebimento completo do tecido e evitar a formação de eventuais vazios ou bolhas de ar que possam comprometer a aderência do tecido à matriz ou ao suporte; execução da segunda camada de geoargamassa, numa espessura total de reforço de 5 – 8 mm, com o fim de embeber totalmente o tecido de reforço e preencher os eventuais vazios subjacentes; eventual repetição das fases de aplicação do tecido e geoargamassa em todas as camadas posteriores de reforço previstas no projecto.

Inclui-se: o fornecimento e a aplicação em obra de todos os materiais acima descritos e tudo o que seja necessário para concluir o trabalho. Exclui-se: a eventual reabilitação das zonas degradadas; os dispositivos de ancoragem através de conectores ou placas metálicas; os ensaios de aceitação do material; os inquéritos pré e pós-intervenção; os materiais para o enchimento das abobadilhas e o reboco de regularização final; todos os meios auxiliares necessários para a execução dos trabalhos.

O preço é à unidade de superfície de reforço efectivamente aplicado em obra, incluindo as sobreposições.

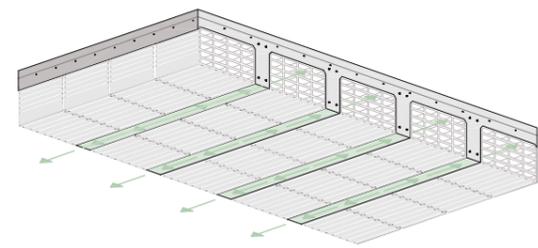
# 9

CONSOLIDAÇÃO E REFORÇO À FLEXÃO DE LAJES EM ABOBADILHA CERÂMICA ATRAVÉS DO REFORÇO DA FACE INFERIOR COM TECIDOS EM FIBRA DE AÇO GALVANIZADO E GEOARGAMASSA MINERAL TIXOTRÓPICA OU ADESIVO EPOXÍDICO

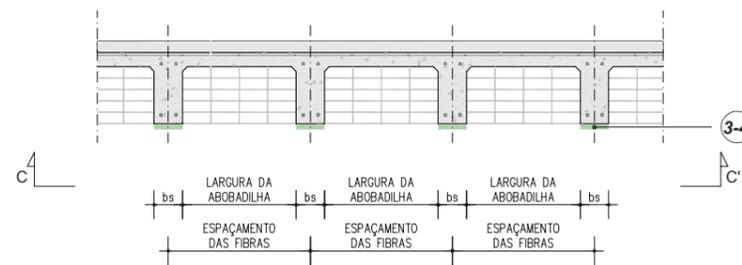


PLANTA C - C'  
CONSOLIDAÇÃO E REFORÇO À FLEXÃO DE LAJES EM ABOBADILHA CERÂMICA ATRAVÉS DO REFORÇO DA FACE INFERIOR COM GEOSTEEL G600/G1200 E GEOLITE® OU GEOSTEEL G600/1200/2000/3300 E GEOLITE® GEL

0 m 0.25 m 0.5 m 1 m



VISTA AXONOMÉTRICA  
REFORÇO À FLEXÃO DE LAJES



SECÇÃO A - A'  
CONSOLIDAÇÃO E REFORÇO À FLEXÃO DE LAJES EM ABOBADILHA CERÂMICA ATRAVÉS DO REFORÇO DA FACE INFERIOR COM GEOSTEEL G600/G1200 E GEOLITE® OU GEOSTEEL G600/1200/2000/3300 E GEOLITE® GEL



SECÇÃO B - B'  
CONSOLIDAÇÃO E REFORÇO À FLEXÃO DE LAJES EM ABOBADILHA CERÂMICA ATRAVÉS DO REFORÇO DA FACE INFERIOR COM GEOSTEEL G600/G1200 E GEOLITE® OU GEOSTEEL G600/1200/2000/3300 E GEOLITE® GEL

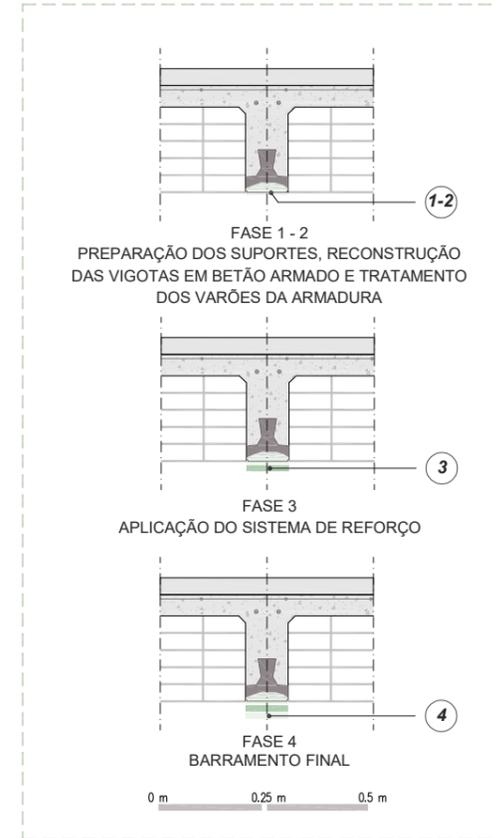
0 m 0.25 m 0.5 m 1 m

NOTA

A norma CNR-DT 215/2018, no parágrafo 5 sublinha que a resistência média à compressão do betão não deve ser inferior a 15 N/mm<sup>2</sup> no caso de reforço por aderência.

POWERED BY **kerakoll** ENGINEERED BY **ASDEA**

FASES OPERATIVAS



1. REMOÇÃO DE EVENTUAIS CAMADAS DE REBOCO DANIFICADO OU COM FALTA DE ADERÊNCIA AO SUPORTE; CRIAR RUGOSIDADE NO BETÃO (RUGOSIDADE PELO MENOS 5 mm PARA SISTEMAS SRG OU 0,5 mm PARA SISTEMAS SRP), DAS VIGOTAS EM BETÃO ARMADO ATRAVÉS DE SANEAMENTO MECÂNICO E REMOÇÃO DO EVENTUAL BETÃO DEGRADADO; REMOÇÃO DA OXIDAÇÃO DOS VARÕES DA ARMADURA ATRAVÉS DE ESCOVAGEM (MANUAL OU MECÂNICA) OU JACTO DE AREIA; LIMPEZA DO SUBSTRATO ELIMINANDO OS RESÍDUOS DE PÓ, GORDURA, ÓLEOS E OUTRAS SUBSTÂNCIAS CONTAMINANTES COM AR COMPRIMIDO OU JACTO DE ÁGUA; MOLHAGEM ATÉ À SATURAÇÃO ATÉ OBTER UM SUBSTRATO SATURADO, MAS SEM ÁGUA LÍQUIDA À SUPERFÍCIE

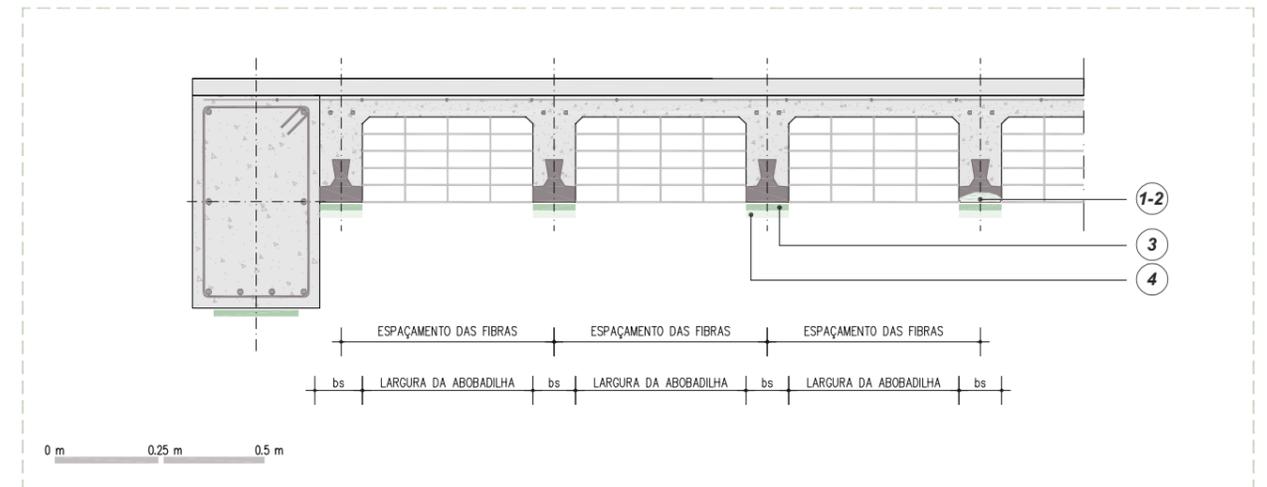
2. RECONSTRUÇÃO MONOLÍTICA DAS VIGOTAS EM BETÃO ARMADO E TRATAMENTO DOS VARÕES DA ARMADURA COM GEOARGAMASSA TIXOTRÓPICA **GEOLITE®**; LIMPEZA E RECONSTRUÇÃO MANUAL (COM COLHER DE PEDREIRO) DO SUBSTRATO, SOBRE O SUPORTE SATURADO MAS SEM ÁGUA LÍQUIDA À SUPERFÍCIE. A APLICAÇÃO DEVE GARANTIR O PREENCHIMENTO DE TODAS AS CAVIDADES E O EMBEBIMENTO DOS VARÕES DA ARMADURA. CRIAR RUGOSIDADE NA SUPERFÍCIE INTRADORSAL (RUGOSIDADE PELO MENOS 5 mm PARA SISTEMAS SRG OU 0,5 mm PARA SISTEMAS SRP), PARA FAVORECER A ADERÊNCIA DA POSTERIOR CAMADA DE REFORÇO

3. REALIZAÇÃO DO SISTEMA DE REFORÇO ESTRUTURAL SOBRE SUPERFÍCIES DO INTRADORSO AO LONGO DO DESENVOLVIMENTO LONGITUDINAL DAS VIGOTAS EM BETÃO ARMADO. APLICAÇÃO DE UMA PRIMEIRA DEMÃO DE **GEOLITE®** (ESPESSURA MÉDIA 3-5 mm), OU **GEOLITE® GEL** (ESPESSURA MÉDIA 2-3 mm), PARA APLICAR E EMBEBER O TECIDO DE REFORÇO. APLICAÇÃO, SOBRE A MATRIZ AINDA FRESCA, DO TECIDO EM FIBRA DE AÇO GALVANIZADO **GEOSTEEL G600**, GARANTINDO O EMBEBIMENTO PERFEITO DA BANDA NA CAMADA DE MATRIZ. NOS PONTOS DE UNIÃO LONGITUDINAL, SOBREPOR DUAS CAMADAS DE TECIDO EM FIBRA DE AÇO EM PELO MENOS 30 cm

Para mais informação sobre a sobreposição das camadas de tecido, consultar o APÊNDICE A.  
Estender sempre a fibra por todo o comprimento da vigota.

4. ACABAMENTO FINAL PROTECTOR COM **GEOLITE®** OU **GEOLITE® GEL** PARA UMA ESPESSURA TOTAL DE REFORÇO COMPREENDIDA RESPECTIVAMENTE ENTRE 5-8 mm OU 3-4 mm, COM O FIM DE EMBEBER TOTALMENTE O REFORÇO E REGULARIZAR EVENTUAIS VAZIOS, REALIZADO FRESCO SOBRE FRESCO

REFORÇO DE VIGA E LAJE



QUADRO NORMATIVO

Reforço e encamisamento com materiais compósitos

O uso de materiais compósitos (ou outros materiais resistentes à tração), no reforço sísmico de elementos de betão armado, tem como fim conseguir os seguintes objectivos:

- aumento da resistência ao corte de pilares, vigas, nós viga-pilar e paredes através de aplicação de bandas com as fibras dispostas segundo a direcção dos estribos;
- aumento da resistência nas partes finais de vigas e pilares através da aplicação de bandas com as fibras dispostas segundo a direcção dos varões longitudinais e devidamente ancorados, para que se garanta a eficácia da ancoragem ao longo do tempo;
- aumento da ductilidade dos elementos unidimensionais, por efeito da acção de confinamento passivo exercida pelas bandas com as fibras dispostas segundo a direcção dos estribos.

Para as verificações de segurança dos elementos reforçados com materiais compósitos, podem-se adoptar documentos de validade comprovada. (Circular 21 de Janeiro de 2019, n.º 7 - Instruções para a aplicação da Actualização das "Normas técnicas para a construção" segundo o decreto italiano de 17 de Janeiro de 2018 §C8.7.4.2.3)

Reforço à flexão de vigas, pilares e vigotas de lajes

O reforço à flexão é realizado aplicando faixas de tecido na face tensionada do elemento do qual se queira aumentar a capacidade de flexão. A intervenção permite ainda a redução das deformações sob cargas de serviço, e também, embora não de forma substancial, a limitação dos estados de fissuração. (CNR - DT 215/2018 §2.2.1.1)

# 10A

## Prevenção antidestacamento através da aplicação sobre o reboco existente de rede biaxial em fibra natural de basalto com reboco-barramento à base de cal hidráulica natural pura e ancoragens através de varões helicoidais

### PRESCRIÇÃO

1. Preparação dos suportes. Remover completamente as pinturas existentes e verificar o estado de aderência à laje do reboco existente. Na presença de um reboco bem aderente ao suporte, deve-se limpar o substrato para remover o pó, gordura, óleos e outras substâncias contaminantes que possam comprometer a aderência do sistema de contenção. Preparar a superfície com rugosidade de 0,5 mm igual ao grau 5 do "Kit de verificação da preparação dos suportes". Não utilizar o sistema sobre suportes em gesso ou anidrite, sobre materiais plásticos, madeira ou metais, suportes sujeitos a risco de movimento, sobre suportes com presença de humidade ascendente.
2. Aplicação do sistema de reforço. Fazer a instalação das fixações mecânicas a seco, com varões helicoidais em aço inox 316 STEEL DRYFIX 10, em número e distância entre eixos segundo as indicações do projectista (aconselham-se 2 elementos por m<sup>2</sup>). Realizar os furos guia para a instalação dos varões de fixação STEEL DRYFIX 10 com diâmetro adequado em função da consistência do suporte. Instalar os varões helicoidais utilizando a ferramenta própria MANDRINO STEEL DRYFIX 10, tendo o cuidado de atravessar as abobadilhas e perfurar cerca de 2 – 3 cm no interior da laje em betão armado. Aplicar uma primeira demão de GEOCALCE MULTIUSO, garantindo sobre o suporte uma quantidade de material suficiente (espessura média 3 – 5 mm) para aplicar e embeber o tecido de reforço. Posteriormente, aplicar, sobre a matriz ainda fresca, a rede em fibra de basalto GEO GRID 120, garantindo o embebimento perfeito da mesma na camada de matriz, exercendo uma pressão enérgica com a espátula e tendo o cuidado que a mesma saia pela malha da rede, garantindo assim uma óptima aderência entre a primeira e segunda camada de matriz. Nos pontos de junção longitudinal, sobrepor duas camadas de rede em pelo menos 20 cm. Antes de realizar a segunda demão de GEOCALCE MULTIUSO, enroscar na cabeça do varão o TASSELLO STEEL DRYFIX 10. Concluir a aplicação com o barramento final protector (espessura total do reforço 5 – 8 mm), sempre realizado com GEOCALCE MULTIUSO, com o fim de embeber totalmente o reforço.
3. Protecção e Decoração. Após o tempo de secagem do GEOCALCE MULTIUSO, a eventual decoração e protecção final das novas superfícies pode ser feita através da utilização de uma tinta para interiores da colecção MODERNA.

### ADVERTÊNCIAS

Em alternativa aos varões de fixação STEEL DRYFIX 10 e o TASSELLO STEEL DRYFIX 10, é possível instalar varões de fixação STEEL DRYFIX 8 utilizando a ferramenta específica MANDRINO STEEL DRYFIX 8 e o TASSELLO STEEL DRYFIX 8.

O projectista pode escolher, com base nas exigências do projecto, em alternativa à rede GEO GRID 120, a rede GEOSTEEL GRID 200 ou RINFORZO ARV 100:

- GEOSTEEL GRID 200: rede biaxial equilibrada em fibra de basalto e aço inox AISI 304, com tratamento protector especial resistente aos álcalis com resina de base aquosa isenta de solventes da Kerakoll (peso da rede tratada com primário = 200 g/m<sup>2</sup>, espessura equivalente 0,032 mm)
- RINFORZO ARV 100: rede biaxial em fibra de vidro resistente aos álcalis e aramida da Kerakoll (peso da rede tratada com primário de aproximadamente 250 g/m<sup>2</sup> ± 5%, espessura equivalente: urdidura 0,031 mm, trama 0,049 mm).

### ESPECIFICAÇÃO

Sistema de contenção para lajes em abobadilha cerâmica (com reboco bem aderente e a manter) com destacamento através da instalação de rede equilibrada em fibra de basalto com tratamento protector especial resistente aos álcalis com resina de base aquosa isenta de solventes – tipo GEO GRID 120 da Kerakoll – características técnicas certificadas: resistência à tracção > 1250 MPa, módulo de elasticidade E > 56 GPa; dimensão da malha 22 x 22 mm, espessura equivalente da rede tf = 0,023 mm, massa = 130 g/m<sup>2</sup>, impregnada com reboco-barramento natural com elevada higroscopicidade e transpirabilidade à base de calce hidráulica natural pura NHL 3.5 e geoligante mineral, agregados de areia de sílica e calcário dolomítico de curva granulométrica 0 – 1,4 mm, GreenBuilding Rating 5 - tipo GEOCALCE MULTIUSO da Kerakoll – características técnicas certificadas: coeficiente de resistência ao vapor de água 13 (EN 1015-19), condutibilidade térmica 0,54 W/mK (EN 1745). O reboco-barramento natural é provido de marcação CE, classe GP/ CS IV / W1 (EN 998-1), reacção ao fogo classe A1 (EN 13501-1), aderência ao suporte aos 28 dias > 1,0 N/mm<sup>2</sup> – FP: B (EN 1015-12).

A fixação da rede à base da laje é feita através da instalação de varões helicoidais certificados EN 845-1 em aço inox AISI 304 - AISI 316, providos de marcação CE, no furo guia próprio no elemento estrutural, com o eventual tratamento prévio de reparação das superfícies degradadas, fornecidos e colocados em obra através do mandril de percussão próprio, – tipo STEEL DRYFIX 8/10\* da Kerakoll – características técnicas certificadas: carga de rotura à tracção > 12,7/16,2 kN\*; carga de rotura ao corte > 7,2/9,5 kN\*; módulo de elasticidade > 150 GPa; deformação final à rotura 4/3%\*; área nominal 11/15,50 mm<sup>2</sup>\*.

A intervenção desenvolve-se nas seguintes fases: remoção das partes friáveis e/ou não perfeitamente aderentes que possam prejudicar a aderência e a realização do furo guia com a posterior instalação do varão helicoidal em aço inox 316; aplicação de uma primeira camada de barramento mineral eco-compatível, espessura média 3 mm; com o barramento ainda fresco, proceder à aplicação da rede em fibra de basalto, tendo o cuidado de garantir um embebimento completo da rede e evitar a formação de eventuais vazios ou bolhas de ar que possam comprometer a aderência da rede à matriz ou ao suporte; enroscamento do TASSELLO STEEL DRYFIX na parte terminal do varão helicoidal, previamente instalado; execução da segunda camada de matriz numa espessura total de reforço igual a cerca de 5 mm, com o fim de embeber totalmente a rede de reforço e preencher os eventuais vazios subjacentes.

Inclui-se: o fornecimento e a aplicação em obra de todos os materiais acima descritos e tudo o que seja necessário para concluir o trabalho.

Exclui-se: a remoção dos rebocos e das pinturas e a demolição das abobadilhas cerâmicas danificadas; os ensaios de aceitação do material; os inquéritos pré e pós-intervenção; todos os meios auxiliares necessários para a execução dos trabalhos.

O preço é à unidade de superfície de reforço efectivamente aplicado em obra, incluindo as sobreposições.

\* consoante o tipo de varão STEEL DRYFIX a utilizar.

1 Instalação dos varões STEEL DRYFIX.



2 Aplicação da primeira demão de GEOCALCE MULTIUSO.



3 Instalação da rede GEO GRID 120.



4 Enroscamento de TASSELLO STEEL DRYFIX no varão STEEL DRYFIX.

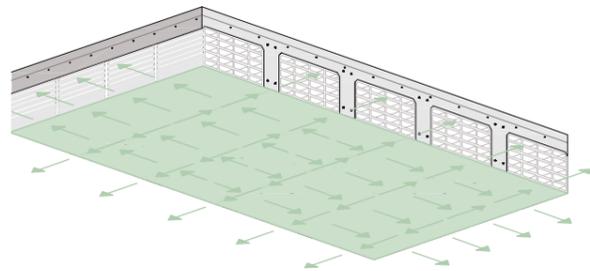


5 Aplicação da segunda demão de GEOCALCE MULTIUSO.

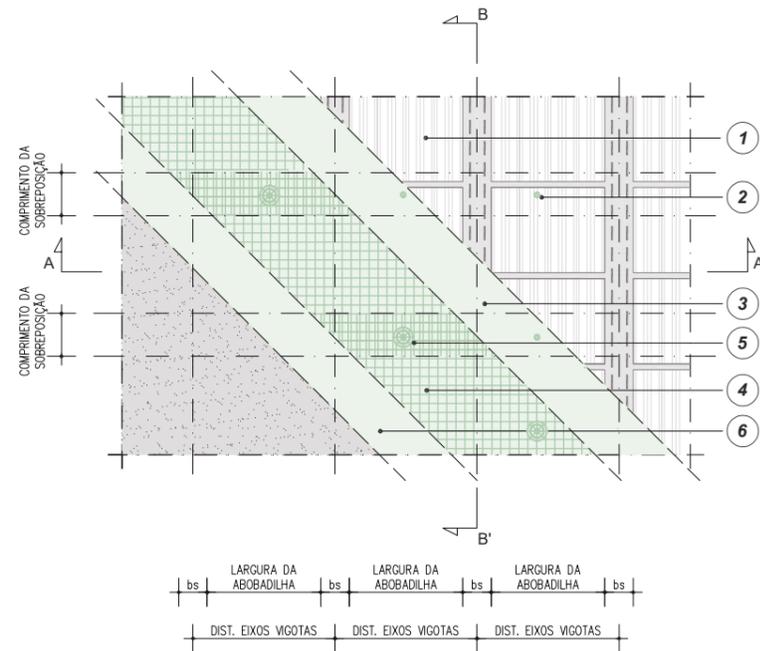


# 10A

PREVENÇÃO ANTIDESTACAMENTO ATRAVÉS DA APLICAÇÃO SOBRE O REBOCO EXISTENTE DE REDE BIAIXIAL EM FIBRA NATURAL DE BASALTO COM REBOCO-BARRAMENTO À BASE DE CAL HIDRÁULICA NATURAL PURA E ANCORAGENS ATRAVÉS DE VARÕES HELICOIDAIS

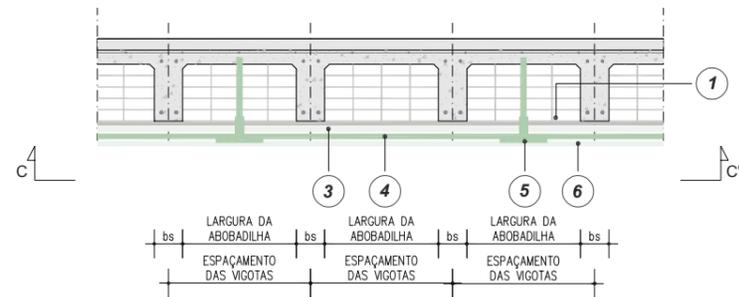


VISTA AXONOMÉTRICA  
CONTENÇÃO ANTIDESTACAMENTO DE LAJE

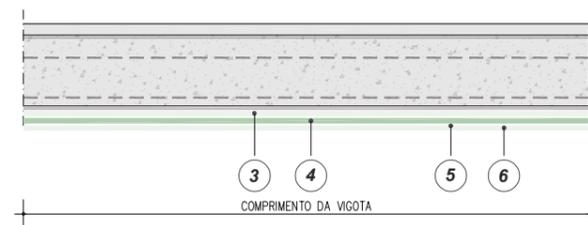


VISTA C-C'  
SISTEMA DE PREVENÇÃO EM LAJES DE ABOBADILHA CERÂMICA COM PROBLEMAS DE DESTACAMENTO COM REDE BIAIXIAL EM BASALTO GEO GRID 120

0 m 0,25 m 0,5 m 1 m



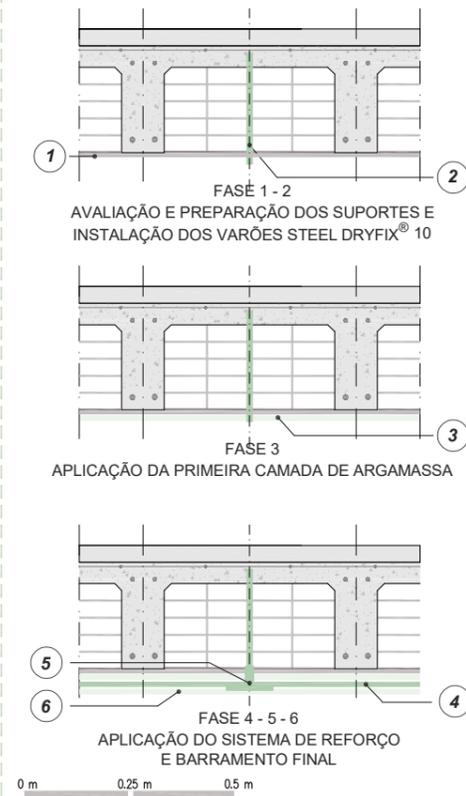
SECÇÃO A-A'  
SISTEMA DE PREVENÇÃO EM LAJES DE ABOBADILHA CERÂMICA COM PROBLEMAS DE DESTACAMENTO COM REDE BIAIXIAL EM BASALTO GEO GRID 120



SECÇÃO B-B'  
SISTEMA DE PREVENÇÃO EM LAJES DE ABOBADILHA CERÂMICA COM PROBLEMAS DE DESTACAMENTO COM REDE BIAIXIAL EM BASALTO GEO GRID 120

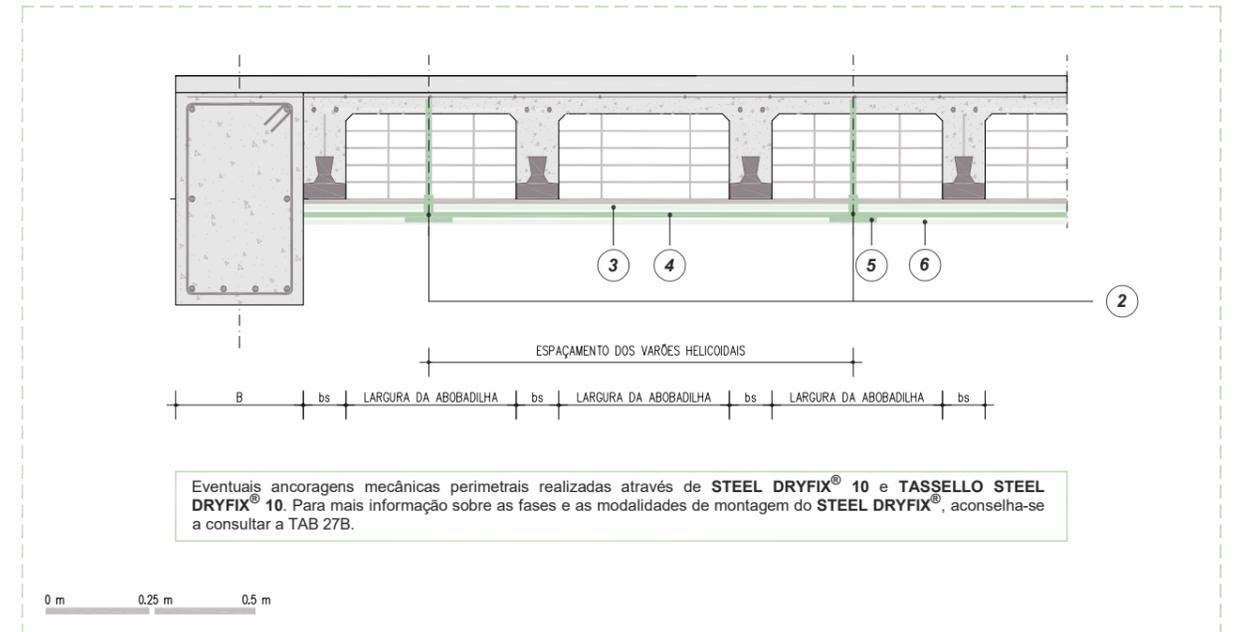
0 m 0,25 m 0,5 m 1 m

## FASES OPERATIVAS



- 1 REMOÇÃO COMPLETA DE TINTAS, VERIFICAÇÃO DA CONDIÇÃO DO REBOCO EXISTENTE E POSTERIORMENTE CRIAR RUGOSIDADE IGUAL A 0,5 mm
- 2 INSTALAÇÃO DOS VARÕES **STEEL DRYFIX® 10** NO INTERIOR DO FURO GUIA ATRAVÉS DA FERRAMENTA PRÓPRIA **MANDRINO STEEL DRYFIX® 10-12** NO ALINHAMENTO DAS ABOBADILHAS ATÉ ENTRAR POR 2 - 3 cm NA CAMADA DE COMPRESSÃO
- 3 APLICAÇÃO DE UMA PRIMEIRA DEMÃO DE **GEOCALCE® MULTIUSO**, GARANTINDO SOBRE O SUPORTE UMA QUANTIDADE DE MATERIAL SUFICIENTE (ESPESSURA DA PRIMEIRA CAMADA 3-5 mm) PARA APLICAR E EMBEBER A REDE DE REFORÇO
- 4 APLICAÇÃO SOBRE A MATRIZ AINDA FRESCA DA REDE EM FIBRA DE BASALTO **GEO GRID 120**, GARANTINDO O EMBEBIMENTO COMPLETO DA MESMA NA CAMADA DA MATRIZ, DISTRIBUÍDA SOBRE TODA A SUPERFÍCIE AFECTADA. NOS PONTOS DE UNIÃO LONGITUDINAL, SOBREPOR DUAS CAMADAS DE REDE EM PELO MENOS 20 cm (Ls)
- 5 ENROSCAMENTO NA CABEÇA DOS VARÕES HELICOIDAIS DO **TASSELLO STEEL DRYFIX® 10**
- 6 BARRAMENTO FINAL PROTECTOR REALIZADO COM **GEOLITE® MULTIUSO**, PARA EMBEBER TOTALMENTE O SISTEMA DE CONTENÇÃO (ESPESSURA TOTAL IGUAL A 5-8 mm)

## REFORÇO DE VIGA E LAJE



Eventuais ancoragens mecânicas perimetrais realizadas através de **STEEL DRYFIX® 10** e **TASSELLO STEEL DRYFIX® 10**. Para mais informação sobre as fases e as modalidades de montagem do **STEEL DRYFIX®**, aconselha-se a consultar a TAB 27B.

0 m 0,25 m 0,5 m

# 10B

## Reparação e prevenção de destacamento através de reboco-barramento à base cal hidráulica natural pura e rede biaxial em fibra natural de basalto

### PRESCRIÇÃO

1. Preparação dos suportes. Remover completamente os rebocos e pinturas e as eventuais partes de abobadilhas cerâmicas danificadas ou prestes a entrar em rotura, reabilitar as partes de vigotas em betão armado danificadas ou degradadas, reconstruindo as secções das vigotas através de GEOLITE e eventualmente reforçando através de tecidos GEOSTEEL (ver TAB. 9). Limpar o substrato, eliminando qualquer resíduo de pó, gordura, óleos e outras substâncias contaminantes com ar comprimido ou escovagem enérgica para garantir sobre toda a superfície objecto da intervenção um suporte coeso.
2. Reconstrução da face inferior da laje. Obter um perfil regular da laje com o enchimento das abobadilhas cerâmicas danificadas ou removidas, através da colocação de painéis termo-isolantes EPS KLIMA AIR em espessuras adequadas, devidamente colados à abobadilha cerâmica através de KERAKLIMA ECO, tendo o cuidado de limpar bem o substrato, garantindo uma superfície seca, consistente e isenta de partes friáveis. Para destinos de utilização particulares, submetidos ao controlo dos bombeiros, é possível substituir o painel KLIMA AIR com um painel incombustível, tipo lâ de rocha, a aplicar com KERAKLIMA ECO. A aplicação deve garantir o preenchimento de todas as cavidades e a realização de uma base de colocação complanar com o intradorso das vigotas previamente reconstruídas com GEOLITE, nivelando a superfície com uma primeira demão em espessura de KERAKLIMA ECO numa relação de 15 mm de espessura máxima para cada demão.
3. Aplicação do sistema de reforço. Terminada a colocação dos painéis em EPS KLIMA AIR e a eventual regularização da superfície, instalar o sistema de reforço estrutural através da aplicação da rede GEO GRID 120, aplicada de maneira generalizada sobre toda a superfície afectada pela degradação de destacamento, englobando pelo menos 2 vigotas na periferia da área afectada, de modo a garantir a ancoragem da rede na face inferior das vigotas, tendo o cuidado de ultrapassar em pelo menos 10 cm o bordo das mesmas.  
Aconselha-se a instalar ao longo do perímetro da superfície objecto da intervenção os varões helicoidais em aço inox 316 STEEL DRYFIX 10, em número e distância entre eixos segundo as indicações do projectista. Aplicar uma primeira demão de GEOCALCE TENACE, garantindo sobre o suporte uma quantidade de material suficiente (espessura média 3 – 5 mm) para aplicar e embeber o tecido de reforço. Posteriormente, aplicar, sobre a matriz ainda fresca, a rede em fibra de basalto GEO GRID 120, garantindo o embebimento perfeito da mesma na camada de matriz, exercendo uma pressão enérgica com a espátula e tendo o cuidado que a mesma saia pele malha da rede, garantindo assim uma óptima aderência entre a primeira e segunda camada de matriz. Nos pontos de junção longitudinal, sobrepor duas camadas de rede em pelo menos 20 cm. Antes de aplicar a segunda demão de GEOCALCE TENACE, enroscar na cabeça do varão o TASSELLO STEEL DRYFIX 10. Concluir a aplicação com o barramento final protector (espessura total do reforço 5 – 8 mm), sempre realizado com GEOCALCE TENACE, com o fim de embeber totalmente o reforço. É necessário que as duas demãos de GEOCALCE TENACE não superem a espessura máxima de 10 mm.
4. Protecção e Decoração. Após o tempo de secagem do GEOCALCE TENACE, a eventual decoração e protecção final das novas superfícies pode ser feita através da utilização de uma tinta para interiores da colecção MODERNA.

### ADVERTÊNCIAS

O projectista pode escolher, com base nas exigências do projecto, em alternativa à rede GEO GRID 120, a rede GEOSTEEL GRID 200 ou RINFORZO ARV 100:

- GEOSTEEL GRID 200: rede biaxial equilibrada em fibra de basalto e aço inox AISI 304, com tratamento protector especial resistente aos álcalis com resina de base aquosa isenta de solventes da Kerakoll (peso da rede tratada com primário  $\approx$  200 g/m<sup>2</sup>, espessura equivalente 0,032 mm)
- RINFORZO ARV 100: rede biaxial em fibra de vidro resistente aos álcalis e aramida da Kerakoll (peso da rede tratada com primário cerca de 250 g/m<sup>2</sup>  $\pm$  5%, espessura equivalente: urdidura 0,031 mm, trama 0,049 mm).

### ESPECIFICAÇÃO

Sistema de reparação e prevenção para lajes em abobadilha cerâmica com destacamento através da instalação de rede equilibrada em fibra de basalto com tratamento protector especial resistente aos álcalis com resina de base aquosa isenta de solventes – tipo GEO GRID 120 da Kerakoll – características técnicas certificadas: resistência à tracção > 1250 MPa, módulo de elasticidade E > 56 GPa; dimensão da malha 22 x 22 mm, espessura equivalente da rede  $t_f = 0,023$  mm, massa  $\approx$  130 g/m<sup>2</sup>, impregnada com reboco-barramento natural com elevada higroscopicidade e transpirabilidade à base de calce hidráulica natural pura NHL 3.5 e geoligante mineral, agregados de areia de sílica e calcário dolomítico de curva granulométrica 0 – 1,4 mm, GreenBuilding Rating 5 - tipo GEOCALCE TENACE da Kerakoll – características técnicas certificadas: coeficiente de resistência ao vapor de água 13 (EN 1015-19), condutibilidade térmica 0,54 W/mK (EN 1745). O reboco-barramento natural é provido de marcação CE, classe GP/ CS III / W1 (EN 998-1), reacção ao fogo classe A1 (EN 13501-1), aderência ao suporte aos 28 dias > 0,5 N/mm<sup>2</sup> – FP: B (EN 1015-12). Para tornar plano o suporte, aplicar os painéis em EPS – tipo KLIMA AIR da Kerakoll – colados e perfeitamente barrados com espátula dentada através de Adesivo&Barramento mineral certificado, eco-compatível, adequado para a colocação de alta resistência e elevada deformabilidade de painéis em EPS, GreenBuilding Rating 3, intervalo granulométrico 0 – 1400  $\mu$ m, provido de marcação ETAG 004, – tipo KERAKLIMA ECO da Kerakoll – características técnicas certificadas: resistência à compressão > 10 MPa (EN 1015-11), resistência à tracção por flexão aos 28 dias  $\geq$  6 MPa (EN 12808-3), aderência: sobre betão aos 28 dias > 1 MPa, sobre tijolo aos 28 dias > 0,7 MPa, sobre EPS > 0,15 MPa (ETAG 004), resistência à difusão ao vapor de água  $\mu$  23 (EN 1015-19), classe de reacção ao fogo A1 (EN 13501-1). Para fixar mecanicamente o sistema ao suporte, instalar ao longo do perímetro da superfície objecto da intervenção os varões helicoidais certificados EN 845-1 em aço inox AISI 304 - AISI 316, providos de marcação CE, no furo guia próprio no elemento estrutural, com o eventual tratamento prévio de reparação das superfícies degradadas, fornecidos e colocados em obra através do mandril de percussão próprio, – tipo STEEL DRYFIX 8/10\* da Kerakoll – características técnicas certificadas: carga de rotura à tracção > 12,7/16,2 kN\*; carga de rotura ao corte > 7,2/9,5 kN\*; módulo de elasticidade > 150 GPa; deformação final à rotura 4/3%\*; área nominal 11/15,50 mm<sup>2</sup>\*.

A intervenção desenvolve-se nas seguintes fases: remoção completa dos rebocos, pinturas e eventuais partes de abobadilha danificadas. Eventual reconstrução da face da laje através de painéis em EPS colados e perfeitamente barrados através de Adesivo&Barramento mineral. Realização do furo guia com a posterior instalação do varão helicoidal em aço; aplicação de uma primeira camada de barramento mineral eco-compatível, espessura média 3 mm; com o barramento ainda fresco, proceder à aplicação da rede em fibra de basalto, tendo o cuidado de garantir um embebimento completo da rede e evitar a formação de eventuais vazios ou bolhas de ar que possam comprometer a aderência da rede à matriz ou ao suporte; enroscamento do TASSELLO STEEL DRYFIX 8/10\* na parte terminal do varão helicoidal, previamente instalado; execução da segunda camada de matriz numa espessura total de reforço igual a cerca de 5 mm, com o fim de embeber totalmente a rede de reforço e preencher os eventuais vazios subjacentes.

Inclui-se: o fornecimento e a aplicação em obra de todos os materiais acima descritos e tudo o que seja necessário para concluir o trabalho. Exclui-se: a remoção dos rebocos e das pinturas e a demolição das abobadilhas cerâmicas danificadas, a reconstrução volumétrica das abobadilhas danificadas com painéis em EPS e a sua colagem; os ensaios de aceitação do material; os inquéritos pré e pós-intervenção; todos os meios auxiliares necessários para a execução dos trabalhos.

O preço é à unidade de superfície de reforço efectivamente aplicado em obra, incluindo as sobreposições.

\* consoante o tipo de varão STEEL DRYFIX a utilizar.

1

Enchimento dos vazios com painéis em EPS KLIMA AIR colados e barrados com KERAKLIMA ECO.



2

Aplicação da primeira demão de GEOCALCE TENACE.



3

Instalação da rede GEO GRID 120.



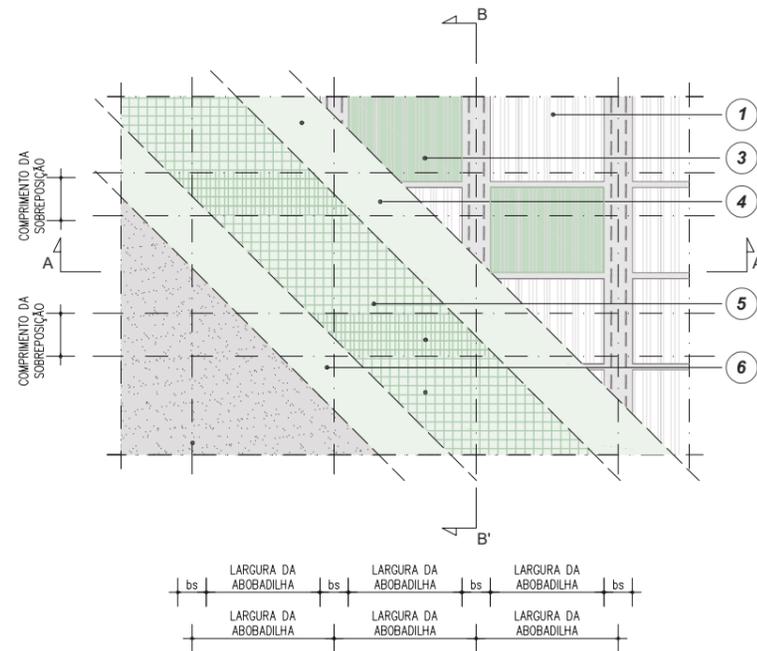
4

Barramento final com GEOCALCE TENACE.



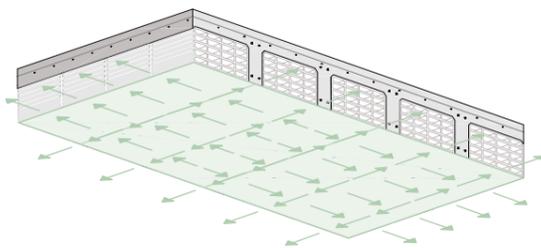
# 10B

REPARAÇÃO E PREVENÇÃO DE DESTACAMENTO ATRAVÉS DE REBOCO-BARRAMENTO À BASE CAL HIDRÁLICA NATURAL PURA E REDE BIAIXIAL EM FIBRA NATURAL DE BASALTO

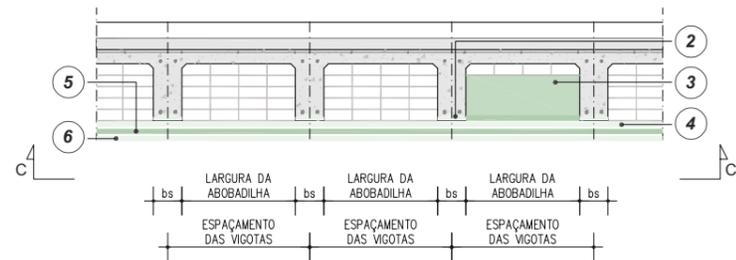


VISTA C-C'  
CONTENÇÃO DE LAJES EM ABOBADILHA CERÂMICA COM PROBLEMAS DE DESTACAMENTO COM REDE GEO GRID 120 OU GEOSTEEL GRID 200 OU RINFORZO ARV 100

0 m 0.25 m 0.5 m 1 m



VISTA AXONOMÉTRICA  
CONTENÇÃO ANTIDESTACAMENTO DE LAJE



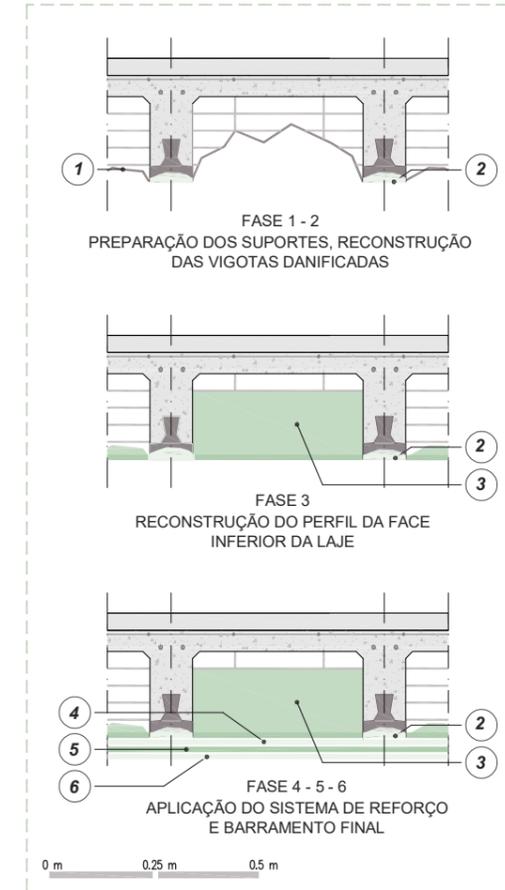
SECÇÃO A-A'  
CONTENÇÃO DE LAJES EM ABOBADILHA CERÂMICA COM PROBLEMAS DE DESTACAMENTO COM REDE GEO GRID 120 OU GEOSTEEL GRID 200 OU RINFORZO ARV 100



SECÇÃO B-B'  
CONTENÇÃO DE LAJES EM ABOBADILHA CERÂMICA COM PROBLEMAS DE DESTACAMENTO COM REDE GEO GRID 120 OU GEOSTEEL GRID 200 OU RINFORZO ARV 100

0 m 0.25 m 0.5 m 1 m

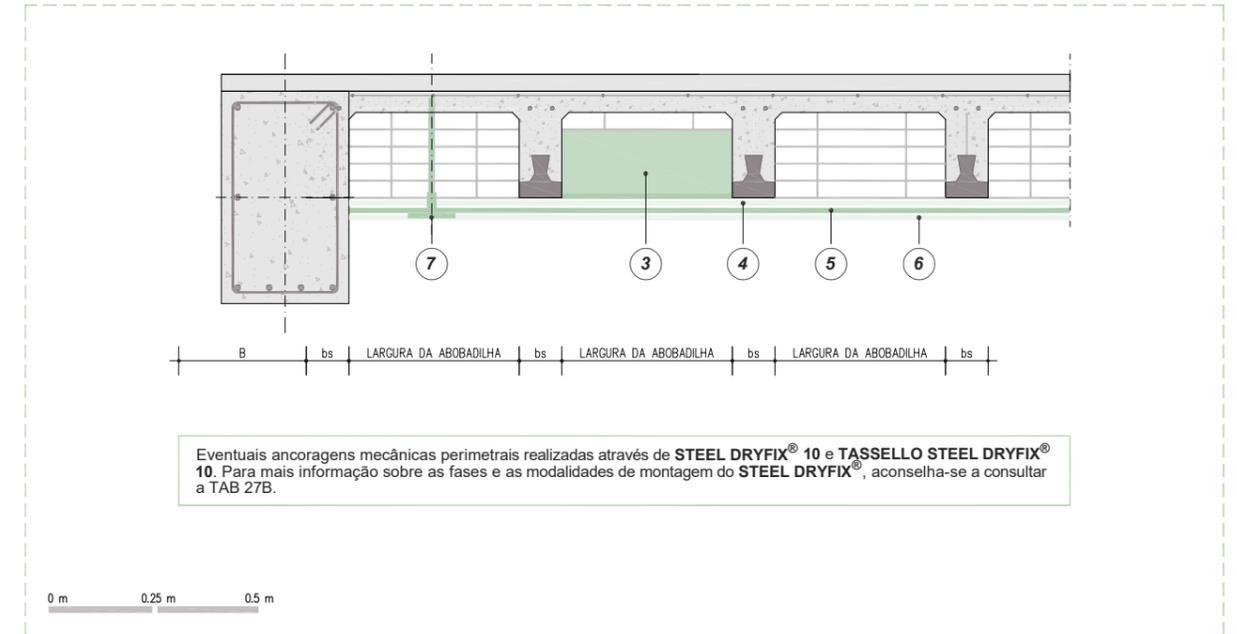
## FASES OPERATIVAS



- 1 REMOÇÃO COMPLETA DOS REBOCOS E TINTAS VELHAS E DE EVENTUAIS PARTES DE ABOBADILHA CERÂMICA DANIFICADA OU PRESTES A ENTRAR EM ROTURA
- 2 RECONSTRUÇÃO DAS VIGOTAS DANIFICADAS OU DEGRADADAS ATRAVÉS DE **GEOLITE®** E EVENTUALMENTE REFORÇADAS COM TECIDOS **GEOSTEEL G600/G1200**. REMOÇÃO DE RESÍDUOS DE PÓ, GORDURA, ÓLEOS E OUTRAS SUBSTÂNCIAS CONTAMINANTES COM AR COMPRIMIDO OU ESCOVAGEM ENÉRGICA, REMOÇÃO DE EVENTUAIS TINTAS PARA GARANTIR SOBRE TODA A SUPERFÍCIE OBJECTO DA INTERVENÇÃO UM SUPORTE COERENTE
- 3 REGULARIZAÇÃO DO PERFIL INFERIOR DA LAJE COM O ENCHIMENTO DAS ABOBADILHAS CERÂMICAS DANIFICADAS OU REMOVIDAS, ATRAVÉS DA COLOCAÇÃO DE PAINÉIS TERMO-ISOLANTES EPS **KERAKLIMA AIR** EM ESPESURAS ADEQUADAS, COLADOS À ABOBADILHA CERÂMICA COM **KERAKLIMA ECO**. A APLICAÇÃO DEVE GARANTIR O ENCHIMENTO DE TODAS AS CAVIDADES E A REALIZAÇÃO DE UMA BASE DE COLOCAÇÃO COMPLANAR COM A FACE INFERIOR DAS VIGOTAS, NIVELANDO A SUPERFÍCIE COM UMA PRIMEIRA DEMÃO DE **KERAKLIMA ECO**

Para destinos de utilização particulares, submetidos ao controlo dos bombeiros, é possível substituir o painel de EPS por um painel incombustível, tipo lâ de rocha, sempre instalável com **KERAKLIMA ECO**. Na presença de superfícies grandes para recuperar, deve-se avaliar a possibilidade de ancorar os painéis em lâ de rocha com roseta torneada em aço.
- 4 APLICAÇÃO DE UMA PRIMEIRA DEMÃO DE **GEOLITE® MULTIUSO**, GARANTINDO SOBRE O SUPORTE UMA QUANTIDADE DE MATERIAL SUFICIENTE (ESPESSURA MÉDIA 3-5 mm) PARA APLICAR E EMBEBER A REDE DE REFORÇO
- 5 APLICAÇÃO SOBRE A MATRIZ AINDA FRESCA DA REDE EM FIBRA DE BASALTO **GEO GRID 120**, OU DE BASALTO E AÇO INOX **GEOSTEEL GRID 200**, OU DA REDE EM FIBRA DE VIDRO E ARAMIDA **RINFORZO ARV 100**, GARANTINDO O EMBEBIMENTO COMPLETO DA MESMA NA CAMADA DA MATRIZ, DISTRIBUÍDA SOBRE TODA A SUPERFÍCIE AFECTADA PELO DESTACAMENTO E SOBRE TODA A SUPERFÍCIE ENTRE DUAS VIGOTAS, TENDO O CUIDADO DE ULTRAPASSAR EM PELO MENOS 10 CM O PERFIL DAS MESMAS. NOS PONTOS DE UNIÃO LONGITUDINAL, SOBREPOR DUAS CAMADAS DE REDE EM PELO MENOS 20 cm (Ls)
- 6 BARRAMENTO FINAL PROTECTOR, REALIZADO COM **GEOCALCE® MULTIUSO**, PARA EMBEBER TOTALMENTE O REFORÇO. ESPESSURA TOTAL DO REFORÇO 5-8 mm
- 7 REALIZAÇÃO DE UM SISTEMA DE LIGAÇÃO AO LONGO DO PERÍMETRO DA SUPERFÍCIE OBJECTO DA INTERVENÇÃO ATRAVÉS DE VARÕES HELICOIDAIS EM AÇO INOX 316 **STEEL DRYFIX® 10** INSTALADOS A SEÇO E ENROSCAMENTO NA CABEÇA DOS VARÕES DE **TASSELLO STEEL DRYFIX® 10**

## DETALHE LIGAÇÕES PERIMÉTRICAS



0 m 0.25 m 0.5 m

## 11A

## Reforço através de aumento de rigidez na face superior de laje em abobadilha cerâmica ou laje em betão armado com armadura complementar e de geoargamassa mineral estrutural fluida e colaborante

### PRESCRIÇÃO

1. Preparação dos suportes. Escoramento prévio da laje, remover eventuais pavimentos e betonilhas existentes, tornar o substrato em betão áspero com rugosidade maior ou igual a 5 mm, igual ao grau 9 do "Kit de verificação da preparação dos suportes" através de saneamento mecânico ou hidrodemolição, assegurando a remoção em profundidade do eventual betão degradado até atingir betão com características de boa solidez, homogeneidade e não carbonatado. Posteriormente, remover cuidadosamente a oxidação dos varões da armadura, que devem ser limpos através de escovagem (manual ou mecânica) ou jacto de areia. Limpar o substrato, eliminando qualquer resíduo de pó, gordura, óleos e outras substâncias contaminantes com ar comprimido ou jacto de água.
2. Armadura complementar. Prever uma armadura complementar adequada, devidamente calculada e verificada pelo projectista (hipoteticamente, aconselha-se uma rede electrosoldada com malha de 10x10 cm, fio 5 mm), e conectada ao suporte existente, estável e resistente, através de fixações adequadas dispostas com o espaçamento definido. É necessário que a rede fique distanciada do suporte, a cerca de metade da espessura da intervenção de argamassa, garantindo um recobrimento dos varões adequado. A rede complementar deve ser aplicada em toda a área da intervenção de reforço.
3. Reforço através de nova camada na face superior da laje, monolítica e colaborante. Realizar o aumento da secção resistente da laje através do aumento de espessura na face superior da laje com a aplicação da geoargamassa fluida GEOLITE MAGMA, sobre o suporte saturado mas sem água líquida à superfície. Como alternativa, sobre superfícies horizontais em betão, deve-se aplicar o PRIMER UNI sobre o suporte seco, para garantir uma absorção regular e favorecer a aderência da geoargamassa. Indicativamente, a nova camada de compressão deve ter uma espessura não inferior a 4 cm. Aplicar o GEOLITE MAGMA por gravidade, em função da geometria da obra. Para aplicações que prevejam espessuras superiores a 6 cm (e inferiores a 10 cm), preparar um microbetão, adicionando GHIAIA 3.6 (brita lavada e seleccionada de curva granulométrica 3 – 6 mm, em conformidade com a EN 12620) na proporção de 25 – 40% do peso de GEOLITE MAGMA. Assegurar a cura húmida das superfícies nas primeiras 24 horas. Após a cura do novo material, remover os escoramentos.

### ADVERTÊNCIAS

A intervenção na face superior da laje, se necessário, pode ser combinada com o reforço da face inferior através de sistemas de matriz mineral SRG ou matriz epoxídica SRP, como indicado na TAB. 9.

### ESPECIFICAÇÃO

Reforço através do aumento de rigidez de laje existente através da aplicação por gravidade de geoargamassa mineral certificada, eco-compatível, fluida, de presa normal, à base de geoligante, de reacção cristalina, com teor muito baixo de polímeros petroquímicos e isenta de fibras orgânicas, específica para a passivação, reparação e consolidação monolítica com durabilidade garantida de estruturas em betão e a ancoragem de elementos metálicos – tipo GEOLITE MAGMA da Kerakoll – GreenBuilding Rating 3, provida de marcação CE e em conformidade com os requisitos de desempenho exigidos pela Norma EN 1504-7 para a passivação dos varões de armadura, EN 1504-3 Classe R4 (cura CC e PCC) para a reconstrução volumétrica e a consolidação e EN 1504-6 de efeito expansivo para a ancoragem, de acordo com os Princípios 3, 4, 7 e 11 definidos pela EN 1504-9, características técnicas certificadas: nenhuma corrosão do varão metálico (EN 15183), resistência à compressão aos 28 dias > 75 MPa (EN 12190), resistência à tracção por flexão aos 28 dias > 9 MPa (EN 196-1), aderência aos 28 dias > 2 MPa (EN 1542), módulo de elasticidade E aos 28 dias ≥ 20 GPa (EN 13412), resistente à carbonatação (EN 13295). Para aumentos de espessura importantes, deve-se prever a eventual preparação com 25 – 40% em peso de brita lavada e seleccionada de curva granulométrica 3 – 6 mm (em conformidade com a EN 12620) – tipo GHIAIA 3.6 da Kerakoll Spa.

A intervenção desenvolve-se nas seguintes fases: demolição e remoção do pavimento e betonilha existentes, eventual remoção do betão degradado através de hidroescarificação, tornar ásperas e limpar as superfícies existentes; aplicação de rede metálica electrosoldada distanciada do suporte existente (a contabilizar à parte); eventual tratamento prévio do suporte através de preparador certificado eco-compatível de base aquosa, monocomponente, específico para a redução da absorção e a cristalização natural e aderência monolítica da geoargamassa ao substrato – tipo PRIMER UNI da Kerakoll – GreenBuilding Rating 5 (a aplicação por gravidade deverá ser realizada após 30 minutos e dentro de 1 hora) o sistema epoxídico fluido – tipo EPOBINDER da Kerakoll – provido de marcação CE, GreenBuilding Rating 4 e em conformidade com os requisitos de desempenho exigidos pela Norma EN 1504-4 para produtos para a colagem estrutural e pela EN 1504-6 para a ancoragem, respeitando as técnicas de aplicação correctas.

Será tudo realizado após o escoramento prévio da laje objecto da intervenção de reforço.

Incluindo o que é necessário para concluir o trabalho, excluindo a armadura complementar e os suportes. Exclui-se: os ensaios de aceitação do material; os inquéritos pré e pós-intervenção; a eventual reabilitação do suporte; a eventual remoção de pavimentos, betonilhas, etc.;

O preço é ao metro quadrado para uma espessura de n\* cm.

\* consoante a espessura aplicada

1

Instalação da rede metálica complementar.



2

Fixação de armadura adicional e escoamento do GEOLITE MAGMA.



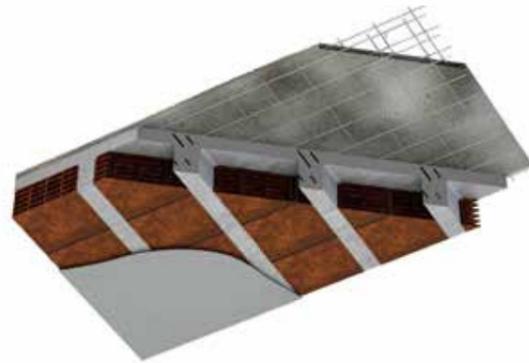
3

"Massagem" superficial da mistura vertida.

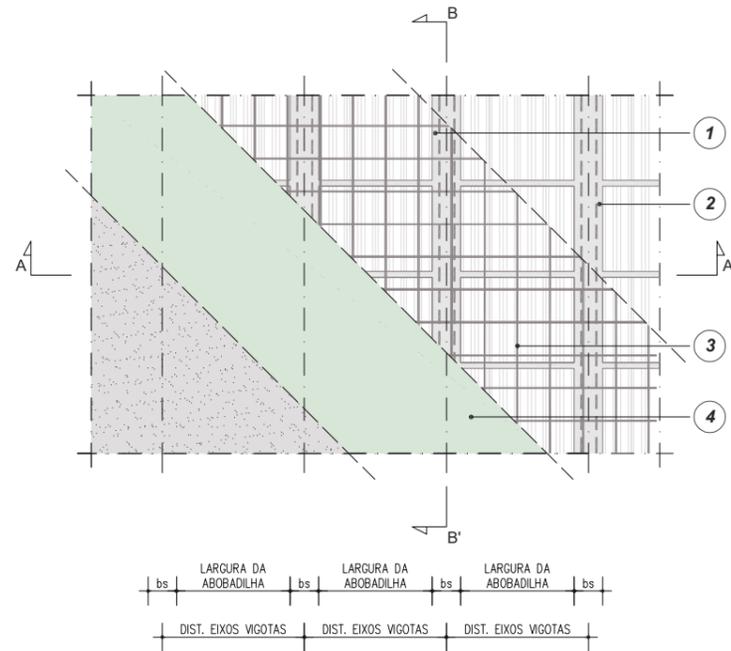


# 11A

REFORÇO ATRAVÉS DE AUMENTO DE RIGIDEZ NA FACE SUPERIOR DE LAJE EM ABOBADILHA CERÂMICA OU LAJE EM BETÃO ARMADO COM ARMADURA COMPLEMENTAR E DE GEOARGAMASSA MINERAL ESTRUTURAL FLUIDA E COLABORANTE

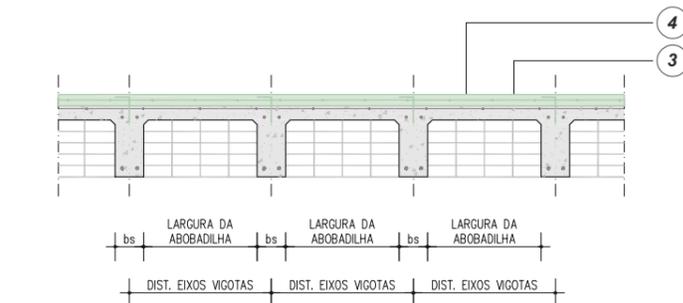


VISTA AXONOMÉTRICA  
AUMENTO DA RIGIDEZ NA FACE SUPERIOR DA LAJE

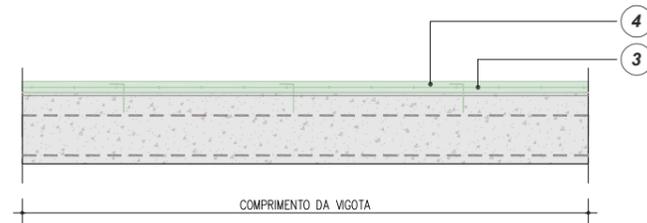


PLANTA  
REFORÇO ATRAVÉS DE AUMENTO DE RIGIDEZ NA FACE SUPERIOR DE LAJE EM ABOBADILHA CERÂMICA OU LAJE EM BETÃO ARMADO COM ARMADURA COMPLEMENTAR E DE ARGAMASSA VERTIDA E COLABORANTE

0 m 0.25 m 0.5 m 1 m



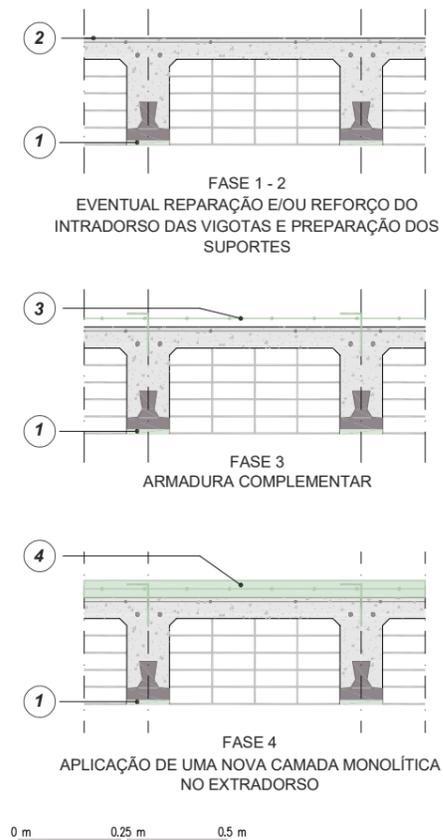
SECÇÃO A-A'  
REFORÇO ATRAVÉS DE AUMENTO DE RIGIDEZ NA FACE SUPERIOR DE LAJE EM ABOBADILHA CERÂMICA OU LAJE EM BETÃO ARMADO COM ARMADURA COMPLEMENTAR E DE ARGAMASSA VERTIDA E COLABORANTE



SECÇÃO B-B'  
REFORÇO ATRAVÉS DE AUMENTO DE RIGIDEZ NA FACE SUPERIOR DE LAJE EM ABOBADILHA CERÂMICA OU LAJE EM BETÃO ARMADO COM ARMADURA COMPLEMENTAR E DE ARGAMASSA VERTIDA E COLABORANTE

0 m 0.25 m 0.5 m 1 m

## FASES OPERATIVAS



0 m 0.25 m 0.5 m

EVENTUAL REPARAÇÃO E/OU REFORÇO DO INTRADORSO DAS VIGOTAS EM BETÃO ARMADO DA LAJE, COM ESCORAMENTO PRÉVIO DA LAJE EM OBJECTO (VER TAB 9), VERIFICAR A ADEQUABILIDADE DA CLASSE DE RESISTÊNCIA DO BETÃO DE SUPORTE

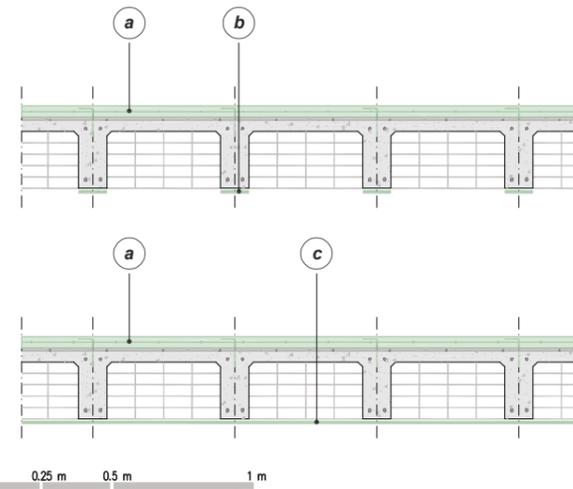
- 1 REMOÇÃO DE EVENTUAIS PAVIMENTOS E BETONILHAS EXISTENTES. CRIAR RUGOSIDADE NO SUBSTRATO EM BETÃO (RUGOSIDADE  $\geq 5$  mm) ATRAVÉS DE SANEAMENTO MECÂNICO OU HIDRODEMOLIÇÃO, REMOVER EM PROFUNDIDADE EVENTUAL BETÃO DEGRADADO ATÉ À OBTENÇÃO DA CAMADA DE BETÃO COM CARACTERÍSTICAS DE BOA SOLIDEZ E NÃO CARBONATADO. REMOÇÃO DA OXIDAÇÃO DOS VARÕES DA ARMADURA ATRAVÉS DE ESCOVAGEM (MANUAL OU MECÂNICA) OU JACTO DE AREIA. LIMPEZA DO SUBSTRATO PARA ELIMINAR QUALQUER RESÍDUO DE PÓ, GORDURA, ÓLEOS E OUTRAS SUBSTÂNCIAS CONTAMINANTES, COM AR COMPRIMIDO OU JACTO DE ÁGUA
- 2 PREVER UMA ARMADURA COMPLEMENTAR ADEQUADA, DEVIDAMENTE CALCULADA E VERIFICADA PELO PROJECTISTA (ACONSELHA-SE UMA REDE ELECTROSOLDADA COM MALHA DE 10X10 cm,  $\varnothing 5$  mm). FIXÁ-LA AO SUPORTE EXISTENTE ATRAVÉS DE ANCORAGENS ADEQUADAS POSICIONADAS COM O ESPAÇAMENTO PREESTABELECIDO E DISTANCIADA DO SUPORTE, GARANTINDO UM RECOBRIMENTO ADEQUADO. FIXÁ-LA AO SUPORTE EXISTENTE ATRAVÉS DE ANCORAGENS ADEQUADAS, POSICIONADAS COM O ESPAÇAMENTO PREESTABELECIDO, E DISTANCIADA DO SUPORTE, GARANTINDO UM RECOBRIMENTO ADEQUADO. APLICAR A REDE COMPLEMENTAR SOBRE TODA A ÁREA DA INTERVENÇÃO

Selar as eventuais lesões através de injeção com sistemas epoxídicos e remoção do pó e resíduos de betão. Sobre a superfície limpa e seca, aplicar por projecção o preparador de fundo **PRIMER UNI**. Reconstruir a secção com **GEOLITE® MAGMA**. Para intervenções de baixa espessura, de 10 a 35 mm, inserção de fibras curtas adequadas. Para intervenções de média espessura, de 35 a 60 mm, inserção de rede zincada electrosoldada  $\varnothing 5$  malha de cerca de 100x100 mm, posicionada no terço superior da espessura e ancorada com varões de aço dobrados em "L", e ancorada ao suporte com resina epoxídica **EPOFILL** (profundidade mínima de 60 mm). Para intervenções de alta espessura, de 60 a 100 mm, inserção da rede electrosoldada  $\varnothing 5$  malha 100x100 mm, posicionada no terço superior da espessura e ancorada com varões de aço dobrados em "L", e ancorada ao suporte com resina epoxídica **EPOFILL** (profundidade mínima de 100 mm). Adicionar à argamassa **GHIAIA 3.6** numa proporção de 25-40% do peso do **GEOLITE® MAGMA**. É aconselhável a utilização combinada da rede electrosoldada com fibras curtas adequadas. Assegurar a cura húmida durante pelo menos 24 horas.

PARA A REALIZAÇÃO DO REFORÇO, MOLHAGEM ATÉ À SATURAÇÃO ATÉ SE OBTIVER UM SUBSTRATO SATURADO, MAS SEM ÁGUA LÍQUIDA À SUPERFÍCIE. EM ALTERNATIVA À MOLHAGEM COM ÁGUA, SOBRE SUPERFÍCIES HORIZONTAIS EM BETÃO, APLICAR O PREPARADOR DE FUNDO **PRIMER UNI** (SOBRE O SUPORTE SECO) POR PROJECCÃO, PINCEL OU ROLO ATÉ À SATURAÇÃO. CRIAR UMA NOVA LAJE DE ESPESSURA NÃO INFERIOR A 40 mm ATRAVÉS DE **GEOLITE® MAGMA**. APLICAR O **GEOLITE® MAGMA** POR GRAVIDADE. PARA ESPESURAS SUPERIORES A 60 mm, EXECUÇÃO DE UM MICROBETÃO, ADICIONANDO **GHIAIA 3.6** (EM CONFORMIDADE COM A EN 12620) NA PROPORÇÃO DE 25-40% DO PESO DO **GEOLITE® MAGMA**. ASSEGURAR A CURA HÚMIDA DAS SUPERFÍCIES DURANTE AS PRIMEIRAS 24 HORAS

4

## COMBINAÇÃO DO REFORÇO NO INTRADORSO E NO EXTRADORSO



0 m 0.25 m 0.5 m 1 m

REFORÇO ATRAVÉS DE AUMENTO DE RIGIDEZ NA FACE SUPERIOR COM ARMADURA COMPLEMENTAR E ESCOAMENTO DE ARGAMASSA COLABORANTE

- a
  - b
  - c
- REFORÇO DAS VIGOTAS ATRAVÉS DO REFORÇO DA FACE INFERIOR (VER TAB 9)
- CONTENÇÃO ANTIDESTACAMENTO ATRAVÉS DE REDE BIAIXIAL EM FIBRA DE BASALTO TIPO **GEO GRID 120** OU BASALTO E AÇO INOX TIPO **GEOSTEEL GRID 200** OU EM FIBRA DE VIDRO TIPO **RINFORZO ARV 100** E **GEOCALCE® MULTIUSO** (VER TAB 10A E TAB 10B)

Na fase de projecto, poderá ser necessário combinar com a intervenção no extradorso a integração da armadura no intradorso, através de sistemas de matriz mineral SRG ou matriz epoxídica SRP, como indicado na TAB 9.

## QUADRO NORMATIVO

Nas lajes, para além de garantir a resistência a cargas verticais, é exigida também a rigidez no próprio plano, com o fim de distribuir correctamente as acções horizontais entre as estruturas verticais. O projectista deve verificar que as características dos materiais, das secções resistentes assim como as relações dimensionais entre as várias partes, sejam coerentes com essas expectativas. Nesse âmbito, deve verificar que:

- 1) as deformações sejam compatíveis com as condições de serviço da laje e dos elementos construtivos e dos equipamentos ligados à mesma;
- 2) exista, com base nas resistências mecânicas dos materiais, uma espessura adequada entre a secção das armaduras de aço, a largura das nervuras de betão, a sua distância entre eixos e a espessura da laje final de modo a que seja assegurada a rigidez no plano e que seja evitado o perigo de efeitos secundários indesejados. (Circular 21 de Janeiro de 2019, n.º 7 - Instruções para a aplicação da Actualização das "Normas técnicas para a construção" segundo o decreto italiano de 17 de Janeiro de 2018, § C4.1.9)

# 11B

Reforço à flexão e aumento de rigidez na face superior de laje em abobadilha cerâmica ou laje em betão armado através de geoargamassa mineral fluida e colaborante reforçada com fibras de elevado desempenho



## PRESCRIÇÃO

1. Preparação dos suportes. Escoramento prévio da laje, remover eventuais pavimentos e betonilhas existentes, tornar o substrato em betão áspero com rugosidade maior ou igual a 5 mm, igual ao grau 9 do "Kit de verificação da preparação dos suportes" através de saneamento mecânico ou hidrodemolição, assegurando a remoção em profundidade do eventual betão degradado até atingir betão com características de boa solidez, homogeneidade e não carbonatado. Posteriormente, remover cuidadosamente a oxidação dos varões da armadura, que devem ser limpos através de escovagem (manual ou mecânica) ou jacto de areia. Limpar o substrato, eliminando qualquer resíduo de pó, gordura, óleos e outras substâncias contaminantes com ar comprimido ou jacto de água.
2. Preparação da superfície. Se for necessário, instalar as ligações perimetrais entre o diafragma rígido e as alvenarias envolventes e aplicar conectores ao corte próprios, devidamente calculados e verificados pelo projectista. Molhar até à saturação de modo a obter um substrato saturado mas sem água líquida à superfície. Em alternativa, sobre superfícies horizontais em betão, aplicar o preparador de fundo PRIMER UNI (sobre o suporte seco) por projecção, pincel ou rolo até à saturação (antes da aplicação posterior, aguardar 30 a 60 minutos, em função das condições climáticas). Em condições particulares, onde é exigida uma fixação de tipo químico, sobre o suporte seco, é possível aplicar o sistema epoxídico fluido para juntas de betonagem EPOBINDER.
3. Reforço através de nova camada na face superior da laje, monolítica e colaborante. Realizar o aumento da secção resistente da laje através do aumento de espessura na face superior da laje através da aplicação de geoargamassa mineral reforçada com fibras de elevada ductilidade SISTEMA GEOLITE FRC – GEOLITE MAGMA XENON & STEEL FIBER (Fiber Reinforced Concrete). A nova camada de compressão deve ter uma espessura variável de 15 a 40 mm. Para intervenções superiores a 40 mm sobre superfícies extensas, aconselha-se a aplicação de uma armadura metálica complementar, conectada ao suporte. Após a preparação do suporte, aumentar a secção resistente pela aplicação por gravidade, respeitando as técnicas de aplicação correctas. A preparação da mistura pode ser efectuada numa betoneira ou, para quantidades reduzidas, utilizando um berbequim com misturador com baixo número de rotações (mantendo a proporção correcta entre fibras metálicas curtas e pó de 6,5% em peso). Assegurar a cura húmida das superfícies nas primeiras 48 horas. Após a cura do novo material, remover os escoramentos.

## ADVERTÊNCIAS

Antes de efectuar a intervenção, verificar se a classe de resistência do betão do suporte é adequada.

O projectista pode escolher, com base nas exigências do projecto, em alternativa à geoargamassa GEOLITE MAGMA XENON, a geoargamassa GEOLITE MAGMA, sempre em combinação com as fibras metálicas curtas STEEL FIBER, mantendo inalterada a relação de 6,5% em peso.

A intervenção na face superior da laje, se necessário, pode ser combinada com o reforço da face inferior através de sistemas de matriz mineral SRG ou matriz epoxídica SRP, como indicado na TAB. 9.

## ESPECIFICAÇÃO

Reforço na face superior da laje existente através da aplicação por gravidade, após a preparação adequada dos suportes, de geoargamassa mineral reforçada com fibras de elevada ductilidade e de elevado desempenho FRC (Fiber Reinforced Concrete), realizada com geoargamassa mineral certificada, eco-compatível, fluida, à base de geoligante, de reacção cristalina, com teor muito baixo de polímeros petroquímicos e isenta de fibras orgânicas, específica para a passivação, reparação e consolidação monolítica com durabilidade garantida de estruturas em betão e a ancoragem de elementos metálicos – tipo GEOLITE MAGMA XENON da Kerakoll - GreenBuilding Rating 2, provida de marcação CE e em conformidade com os requisitos de desempenho exigidos pela Norma EN 1504-7 para a passivação dos varões de armadura, EN 1504 3 Classe R4 (cura CC e PCC) para a reconstrução volumétrica e a consolidação e EN 1504-6 para a ancoragem, de acordo com os Princípios 3, 4, 7 e 11 definidos pela EN 1504-9; misturada com fibras de aço obtidas mediante trefilagem a frio do fio de elevada resistência e elevada índice de carbono, providas de marcação CE e em conformidade com os requisitos de desempenho exigidos pela Norma EN 14889-1 para a utilização estrutural - tipo STEEL FIBER da Kerakoll – características técnicas certificadas: comprimento 13 mm; diâmetro 0,20 mm; resistência à tracção  $\geq 3100$  MPa; módulo de elasticidade  $\geq 200$  GPa.

Características mecânicas certificadas de acordo com as linhas gerais FRC do C.S.LL.PP. (Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, Conselho Superior de Trabalhos Públicos): resistência à compressão aos 28 dias (valor característico)  $> 106,5$  MPa (EN 12190-3); resistência à tracção por flexão aos 28 dias 7,4 MPa (valor médio CNR DT 204); módulo de elasticidade à compressão aos 28 dias  $> 43,41$  GPa (NTC 2018); classe de tenacidade  $f_{R,1k}=9,54$  MPa,  $f_{R,2k}=8,83$  MPa,  $f_{R,3k}=7,33$  MPa e  $f_{R,4k}=6,10$  MPa e  $f_{R,1k}/f_{R,3k}=0,768$  (valores característicos, EN 14651).

A intervenção desenvolve-se nas seguintes fases: demolição e remoção do pavimento e betonilha existentes, eventual remoção do betão degradado através de hidroescarificação, tornar ásperas e limpar as superfícies existentes; eventual tratamento prévio do suporte através de preparador certificado eco-compatível de base aquosa, monocomponente, específico para a redução da absorção e a cristalização natural e aderência monolítica da geoargamassa ao substrato – tipo PRIMER UNI da Kerakoll – GreenBuilding Rating 5 (a aplicação por gravidade deverá ser realizada após 30 minutos e dentro de 1 hora) o sistema epoxídico fluido – tipo EPOBINDER da Kerakoll – provido de marcação CE, GreenBuilding Rating 4 e em conformidade com os requisitos de desempenho exigidos pela Norma EN 1504-4 para produtos para a colagem estrutural e pela EN 1504-6 para a ancoragem, respeitando as técnicas de aplicação correctas do sistema FRC.

Será tudo realizado após o escoramento prévio da laje objecto da intervenção de reforço.

Incluindo o que é necessário para concluir o trabalho, excluindo a armadura de conexão e o escoramento. Exclui-se: os ensaios de aceitação do material; os inquéritos pré e pós-intervenção; a eventual reabilitação do suporte; todos os meios auxiliares necessários para a execução dos trabalhos.

1

Preparação dos suportes.



2

Mistura do SISTEMA GEOLITE FRC.



3

Aplicação por gravidade do SISTEMA GEOLITE FRC.



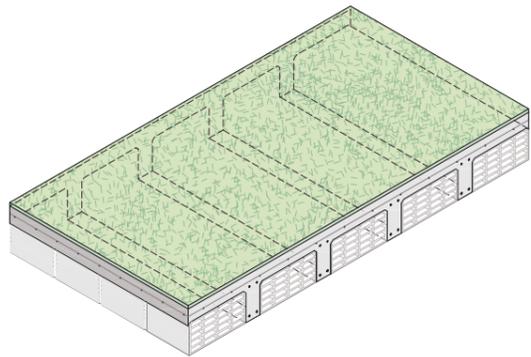
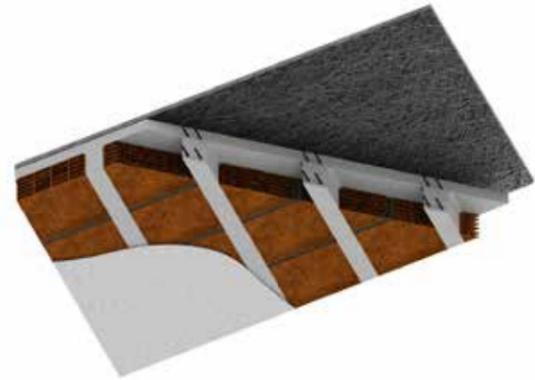
4

"Massagem" superficial da mistura vertida.



# 11B

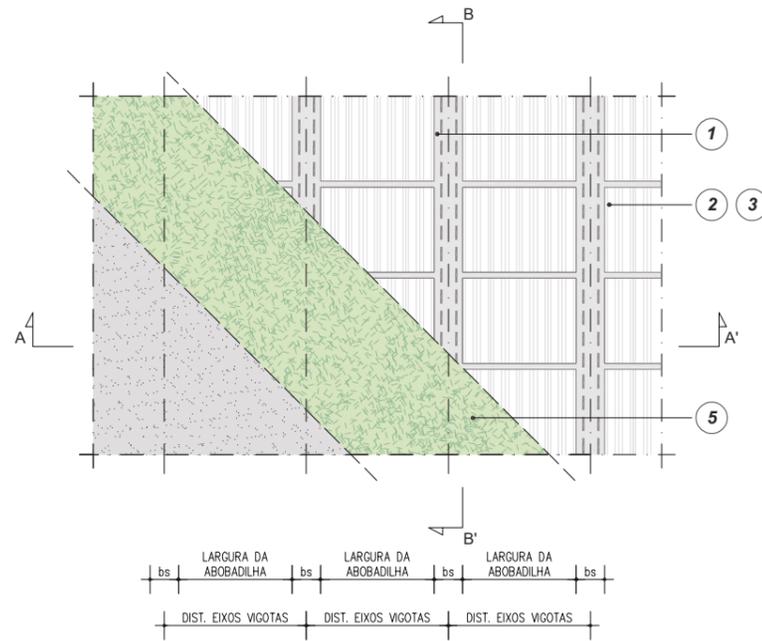
REFORÇO À FLEXÃO E AUMENTO DE RIGIDEZ NA FACE SUPERIOR DE LAJE EM ABOBADILHA CERÂMICA OU LAJE EM BETÃO ARMADO ATRAVÉS DE GEOARGAMASSA MINERAL FLUIDA E COLABORANTE REFORÇADA COM FIBRAS DE ELEVADO DESEMPENHO



VISTA AXONOMÉTRICA  
AUMENTO DA RIGIDEZ NA FACE SUPERIOR DA LAJE  
COM SISTEMAS GEOLITE® FRC

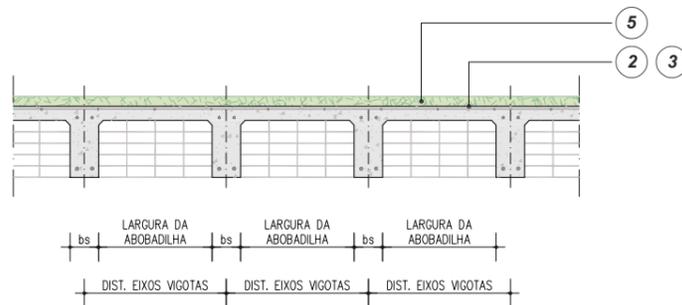
NOTA  
A camada de compressão na face superior da laje pode servir, para além do reforço à flexão para a laje existente, também de alma do diafragma do plano. Isto torna possível, com as devidas precauções, realizar em simultâneo ambas as intervenções. Consultar a TAB 11C para mais informação.

POWERED BY **kerakoll** ENGINEERED BY **ASDEA**



PLANTA  
REFORÇO À FLEXÃO E AUMENTO DE RIGIDEZ NA FACE SUPERIOR DE LAJE EM ABOBADILHA CERÂMICA OU LAJE EM BETÃO ARMADO ATRAVÉS DE CAMADA VERTIDA DE ARGAMASSA COLABORANTE COM SISTEMAS GEOLITE® FRC

0 m 0,25 m 0,5 m 1 m



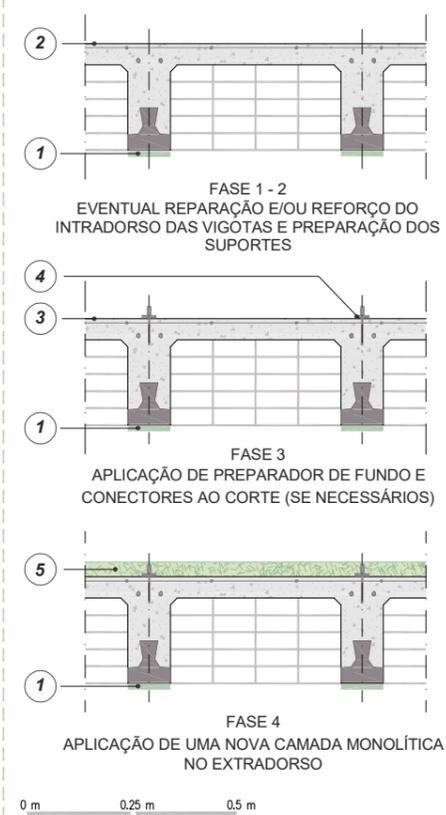
SECÇÃO A-A'  
REFORÇO À FLEXÃO E AUMENTO DE RIGIDEZ NA FACE SUPERIOR DE LAJE EM ABOBADILHA CERÂMICA OU LAJE EM BETÃO ARMADO ATRAVÉS DE CAMADA VERTIDA DE ARGAMASSA COLABORANTE COM SISTEMAS GEOLITE® FRC



SECÇÃO B-B'  
REFORÇO À FLEXÃO E AUMENTO DE RIGIDEZ NA FACE SUPERIOR DE LAJE EM ABOBADILHA CERÂMICA OU LAJE EM BETÃO ARMADO ATRAVÉS DE CAMADA VERTIDA DE ARGAMASSA COLABORANTE COM SISTEMAS GEOLITE® FRC

0 m 0,25 m 0,5 m 1 m

## FASES OPERATIVAS



1 EVENTUAL REPARAÇÃO E/OU REFORÇO DO INTRADORSO DAS VIGOTAS EM BETÃO ARMADO DA LAJE, COM ESCORAMENTO PRÉVIO DA LAJE EM OBJECTO (VER TAB 9). VERIFICAR A ADEQUABILIDADE DA CLASSE DE RESISTÊNCIA DO BETÃO DE SUPORTE

2 O esquema estrutural referido no presente documento pode ser aplicado simultaneamente com outras tipologias de reforço, como a consolidação do intradorso de vigotas existentes em betão armado ou contenção antidestacamento. Consultar as TAB 9, TAB 10A e TAB 10B para mais informação.

3 REMOÇÃO DE EVENTUAIS PAVIMENTOS E BETONILHAS EXISTENTES. CRIAR RUGOSIDADE NO SUBSTRATO EM BETÃO (RUGOSIDADE  $\geq 5$  mm) ATRAVÉS DE SANEAMENTO MECÂNICO OU HIDRODEMOLIÇÃO. REMOVER EM PROFUNDIDADE EVENTUAL BETÃO DEGRADADO ATÉ À OBTENÇÃO DA CAMADA DE BETÃO COM CARACTERÍSTICAS DE BOA SOLIDEZ E NÃO CARBONATADO. REMOÇÃO DA OXIDAÇÃO DOS VARÕES DA ARMADURA ATRAVÉS DE ESCOVAGEM (MANUAL OU MECÂNICA) OU JACTO DE AREIA. LIMPEZA DO SUBSTRATO PARA ELIMINAR QUALQUER RESÍDUO DE PÓ, GORDURA, ÓLEOS E OUTRAS SUBSTÂNCIAS CONTAMINANTES, COM AR COMPRIMIDO OU JACTO DE ÁGUA

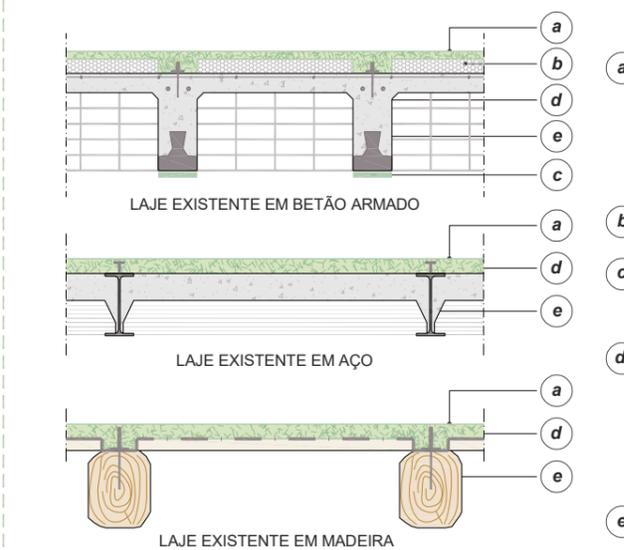
4 MOLHAGEM ATÉ À SATURAÇÃO ATÉ SE OBTIVER UM SUBSTRATO SATURADO, MAS SEM ÁGUA LÍQUIDA À SUPERFÍCIE. EM ALTERNATIVA À MOLHAGEM COM ÁGUA, SOBRE SUPERFÍCIES HORIZONTAIS EM BETÃO, APLICAR O PREPARADOR DE FUNDO **PRIMER UNI** (SOBRE O SUPORTE SECO) POR PROJECCÃO, PINCEL OU ROLO ATÉ À SATURAÇÃO

5 ONDE NECESSÁRIO, PREVER OS CONECTORES MECÂNICOS AO CORTE ADEQUADOS ENTRE A NOVA CAMADA DE COMPRESSÃO E A LAJE EXISTENTE. ESSES CONECTORES SÃO DEVIDAMENTE CALCULADOS E VERIFICADOS PELO PROJECTISTA

1 CRIAÇÃO DE UMA NOVA LAJE COM ESPESSURA ENTRE 15 E 40 mm COM SISTEMAS **GEOLITE® FRC**: **GEOLITE® MAGMA XENON & STEEL FIBER** OU **GEOLITE® MAGMA & STEEL FIBER**. A APLICAÇÃO DEVE SER FEITA POR GRAVIDADE E RECOMENDA-SE ASSEGURAR A CURA HÚMIDA DA SUPERFÍCIE NAS PRIMEIRAS 48 HORAS

2 Na correspondência das juntas de betonagem, é adequada a interposição de uma rede metálica para garantir a continuidade estrutural do reforço. Para intervenções superiores a 40 mm é ainda prevista a aplicação de uma armadura metálica complementar adequadamente fixada ao suporte. Consultar a TAB 11A para mais informação. A camada do extradoso ilustrada no presente documento aumenta a resistência à flexão da laje existente, mas pode também servir de alma do diafragma do plano. Consultar a TAB 11C para mais informação.

## SOLUÇÕES PARA TIPOLOGIAS DIFERENTES DE LAJE



a REFORÇO ATRAVÉS DE AUMENTO DE RIGIDEZ DO EXTRADORSO COM ARGAMASSA VERTIDA E COLABORANTE DE SISTEMAS **GEOLITE® FRC**

O reforço através de escoamento por gravidade no extradoso de SISTEMAS **GEOLITE® FRC** pode também ser efectuado com uma laje nervurada, tal como ilustrado no detalhe ao lado.

b APLICAÇÃO DE ESPESSURAS CONSTITUÍDAS POR PAINÉIS TERMO-ISOLANTES EM EPS **KLIMA AIR** OU MATERIAL ANÁLOGO DE ALIGEIRAMENTO

c REFORÇO DAS VIGOTAS ATRAVÉS DE REFORÇO DO INTRADORSO (TAB 9)  
ONDE NECESSÁRIO, PREVER OS CONECTORES MECÂNICOS AO CORTE ADEQUADOS ENTRE A NOVA CAMADA DE COMPRESSÃO E A LAJE EXISTENTE, SOBRE A LAJE EXISTENTE EM MADEIRA PREVER UMA TELA IMPERMEÁVEL

d Os conectores devem ser calculados e verificados pelo projectista. Na presença de lajes de madeira e aço, são sempre necessários.

e LAJE EXISTENTE: O ESQUEMA PROPOSTO PODE SER REPRODUZIDO INALTERADO EM DIVERSAS TIPOLOGIAS DE ESTRUTURAS HORIZONTAIS. NO DETALHE AO LADO SÃO REFERIDAS ALGUMAS DAS QUE SÃO MAIS UTILIZADAS

## QUADRO NORMATIVO

Nas lajes, para além de garantir a resistência a cargas verticais, é exigida também a rigidez no próprio plano, com o fim de distribuir correctamente as acções horizontais entre as estruturas verticais. O projectista deve verificar que as características dos materiais, das secções resistentes assim como as relações dimensionais entre as várias partes, sejam coerentes com essas expectativas. Nesse âmbito, deve verificar que:

- 1) as deformações sejam compatíveis com as condições de serviço da laje e dos elementos construtivos e dos equipamentos ligados à mesma;
  - 2) exista, com base nas resistências mecânicas dos materiais, uma espessura adequada entre a secção das armaduras de aço, a largura das nervuras de betão, a sua distância entre eixos e a espessura da laje final de modo a que seja assegurada a rigidez no plano e que seja evitado o perigo de efeitos secundários indesejados. (Circular 21 de Janeiro de 2019, n.º 7 - Instruções para a aplicação da Actualização das "Normas técnicas para a construção" segundo o decreto italiano de 17 de Janeiro de 2018, § C4.1.9)
- No caso em que na intervenção se faça uso de materiais compósitos, para as verificações de segurança dos elementos reforçados, podem ser utilizados documentos de validade comprovada. (Circular 21 de Janeiro de 2019, n.º 7 - Instruções para a aplicação da Actualização das "Normas técnicas para a construção" segundo o decreto italiano de 17 de Janeiro de 2018 §C8.7.4)

## 11C

## Realização de diafragma rígido através de geoargamassa mineral fluida reforçada com fibras de elevado desempenho



## PRESCRIÇÃO

1. Preparação dos suportes. Escoramento prévio da laje, remover eventuais pavimentos e betonilhas existentes, tornar o substrato em betão áspero com rugosidade maior ou igual a 5 mm, igual ao grau 9 do "Kit de verificação da preparação dos suportes" através de saneamento mecânico ou hidrodemolição, assegurando a remoção em profundidade do eventual betão degradado até atingir betão com características de boa solidez, homogeneidade e não carbonatado. Posteriormente, remover cuidadosamente a oxidação dos varões da armadura, que devem ser limpos através de escovagem (manual ou mecânica) ou jacto de areia. Limpar o substrato, eliminando qualquer resíduo de pó, gordura, óleos e outras substâncias contaminantes com ar comprimido ou jacto de água.
2. Preparação da superfície. Instalar as ligações perimetrais entre o diafragma rígido e as alvenarias envolventes e, onde necessário, aplicar conectores ao corte próprios, devidamente calculados e verificados pelo projectista. Molhar até à saturação de modo a obter um substrato saturado mas sem água líquida à superfície. Em alternativa à molhagem com água, sobre superfícies horizontais em betão, aplicar o preparador de fundo PRIMER UNI (sobre o suporte seco) por projecção, pincel ou rolo até à saturação (antes da aplicação posterior, aguardar 30 a 60 minutos, em função das condições climáticas). Em condições particulares, onde é exigida uma fixação de tipo químico, sobre o suporte seco, é possível aplicar o sistema epoxídico fluido para juntas de betonagem EPOBINDER.
3. Reforço através de nova camada na face superior da laje, monolítica e colaborante. Realizar o aumento da secção resistente da laje através do aumento de espessura na face superior da laje através da aplicação de geoargamassa mineral reforçada com fibras de elevada ductilidade SISTEMA GEOLITE FRC – GEOLITE MAGMA XENON & STEEL FIBER (Fiber Reinforced Concrete). A nova camada de compressão deve ter uma espessura variável de 15 a 40 mm. Para intervenções superiores a 40 mm sobre superfícies extensas, aconselha-se a aplicação de uma armadura metálica complementar, conectada ao suporte. Após a preparação do suporte, aumentar a secção resistente pela aplicação por gravidade, respeitando as técnicas de aplicação correctas. A preparação da mistura pode ser efectuada numa betoneira ou, para quantidades reduzidas, utilizando um berbequim com misturador com baixo número de rotações (mantendo a proporção correcta entre fibras metálicas curtas e pó de 6,5% em peso). Assegurar a cura húmida das superfícies nas primeiras 48 horas. Após a cura do novo material, remover os escoramentos.

## ADVERTÊNCIAS

Antes de efectuar a intervenção, verificar se a classe de resistência do betão do suporte é adequada.

O projectista pode escolher, com base nas exigências do projecto, em alternativa à geoargamassa GEOLITE MAGMA XENON, a geoargamassa GEOLITE MAGMA, sempre em combinação com as fibras metálicas curtas STEEL FIBER, mantendo inalterada a relação de 6,5% em peso.

A intervenção na face superior da laje, se necessário, pode ser combinada com o reforço da face inferior através de sistemas de matriz mineral SRG ou matriz epoxídica SRP, como indicado na TAB. 9.

## ESPECIFICAÇÃO

Realização de um plano rígido sobre a laje existente pela aplicação por gravidade, após a preparação adequada dos suportes, de geoargamassa fluida reforçada com fibras de elevada ductilidade e de elevado desempenho FRC (Fiber Reinforced Concrete), realizada com geoargamassa mineral certificada, eco-compatível, fluida, à base de geoligante, de reacção cristalina, com teor muito baixo de polímeros petroquímicos e isenta de fibras orgânicas, específica para a passivação, reparação e consolidação monolítica com durabilidade garantida de estruturas em betão e ancoragem de elementos metálicos – tipo GEOLITE MAGMA XENON da Kerakoll - GreenBuilding Rating 2, provida de marcação CE e em conformidade com os requisitos de desempenho exigidos pela Norma EN 1504-7 para a passivação dos varões de armadura, EN 1504-3 Classe R4 (cura CC e PCC) para a reconstrução volumétrica e a consolidação e EN 1504-6 para a ancoragem, de acordo com os Princípios 3, 4, 7 e 11 definidos pela EN 1504-9; misturada com fibras de aço obtidas mediante trefilagem a frio do fio de elevada resistência e elevado índice de carbono, providas de marcação CE e em conformidade com os requisitos de desempenho exigidos pela Norma EN 14889-1 para a utilização estrutural - tipo STEEL FIBER da Kerakoll – características técnicas certificadas: comprimento 13 mm; diâmetro 0,20 mm; resistência à tracção  $\geq 3100$  MPa; módulo de elasticidade  $\geq 200$  GPa.

Características mecânicas certificadas de acordo com as linhas gerais FRC do C.S.LL.PP. (Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, Conselho Superior de Trabalhos Públicos): resistência à compressão aos 28 dias (valor característico)  $> 106,5$  MPa (EN 12190-3); resistência à tracção por flexão aos 28 dias 7,4 MPa (valor médio CNR DT 204); módulo de elasticidade à compressão aos 28 dias  $> 43,41$  GPa (NTC 2018); classe de tenacidade  $f_{R,1k}=9,54$  MPa,  $f_{R,2k}=8,83$  MPa,  $f_{R,3k}=7,33$  MPa e  $f_{R,4k}=6,10$  MPa e  $f_{R,1k}/f_{R,3k}=0,768$  (valores característicos, EN 14651).

A intervenção desenvolve-se nas seguintes fases: demolição e remoção do pavimento e betonilha existentes, eventual remoção do betão degradado através de hidroescarificação, tornar ásperas e limpar as superfícies existentes; eventual tratamento prévio do suporte através de preparador certificado eco-compatível de base aquosa, monocomponente, específico para a redução da absorção e a cristalização natural e aderência monolítica da geoargamassa ao substrato – tipo PRIMER UNI da Kerakoll – GreenBuilding Rating 5 (a aplicação por gravidade deverá ser realizada após 30 minutos e dentro de 1 hora) o sistema epoxídico fluido – tipo EPOBINDER da Kerakoll – provido de marcação CE, GreenBuilding Rating 4 e em conformidade com os requisitos de desempenho exigidos pela Norma EN 1504-4 para produtos para a colagem estrutural e pela EN 1504-6 para a ancoragem, respeitando as técnicas de aplicação correctas do sistema FRC.

Será tudo realizado após o escoramento prévio da laje objecto da intervenção de reforço.

Incluindo o que é necessário para concluir o trabalho, excluindo a armadura de conexão e o escoramento. Exclui-se: os ensaios de aceitação do material; os inquéritos pré e pós-intervenção; a eventual reabilitação do suporte; todos os meios auxiliares necessários para a execução dos trabalhos.

1

Preparação dos suportes.



2

Instalação das ligações perimetrais.



3

Mistura do SISTEMA GEOLITE FRC.



4

Aplicação por gravidade do SISTEMA GEOLITE FRC.



5

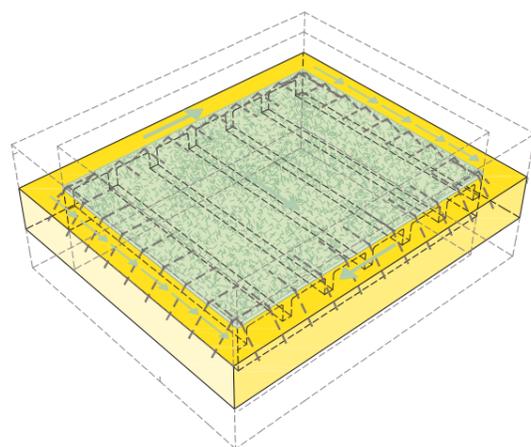
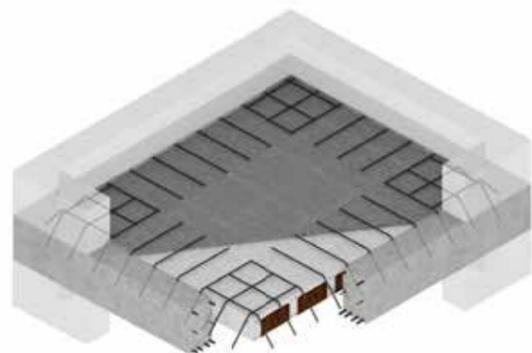
"Massagem" superficial da mistura vertida.



# 11C

REALIZAÇÃO DE DIAFRAGMA RÍGIDO ATRAVÉS DE GEOARGAMASSA MINERAL FLUIDA REFORÇADA COM FIBRAS DE ELEVADO DESEMPENHO

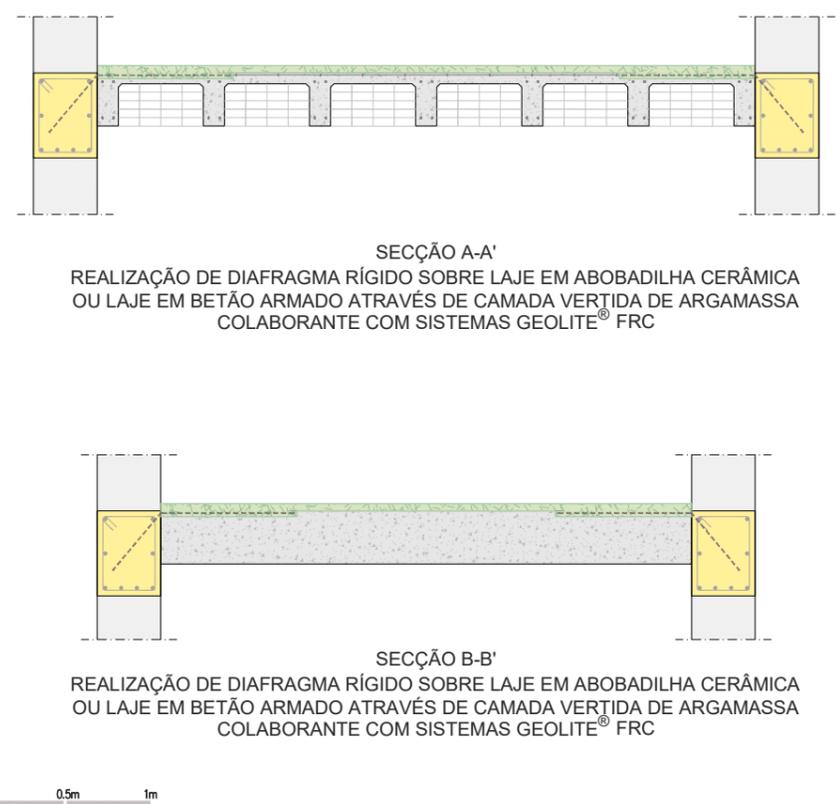
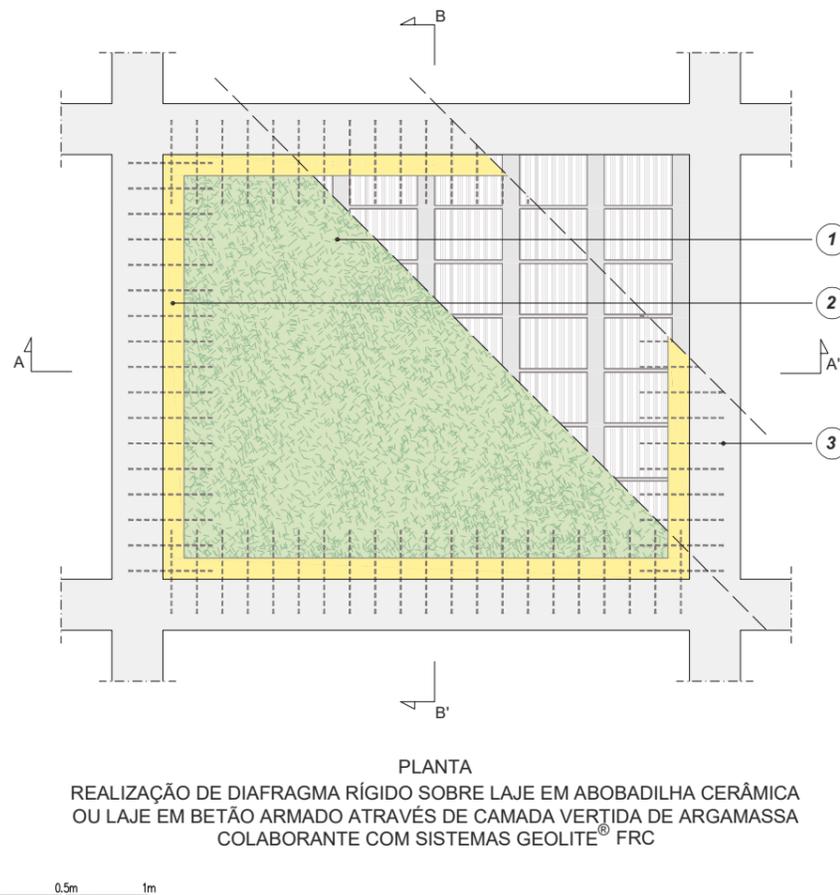
Geoforce one  
Software



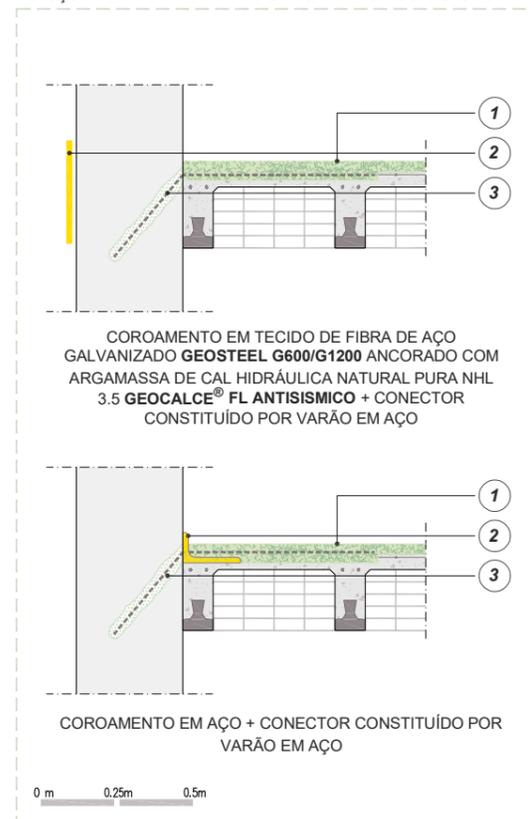
VISTA AXONOMÉTRICA  
REALIZAÇÃO DE DIAFRAGMAS DO PLANO COM SISTEMAS GEOLITE® FRC

NOTA  
A tabela ilustra a execução do diafragma do plano sobre estruturas portantes realizadas em betão armado, mas o mesmo esquema repete-se inalterado também no caso de elementos verticais em alvenaria (pedra, tijolo ou tufo) e na presença de outras tipologias de estruturas horizontais (planas ou curvas).

POWERED BY **kerakoll** ENGINEERED BY **ASDEA**



## SOLUÇÕES DIFERENTES PARA O COROAMENTO E CONECTORES



1 CRIAÇÃO DE UMA NOVA LAJE COM ESPESSURA ENTRE 15 E 40 mm COM SISTEMAS **GEOLITE® FRC**: **GEOLITE® MAGMA XENON & STEEL FIBER** OU **GEOLITE® MAGMA & STEEL FIBER**. PARA ESPESSURAS SUPERIORES A 40 mm, É POSSÍVEL PREVER UM REDE METÁLICA COMPLEMENTAR (VER TAB 11A)

2 Para informação sobre a preparação do substrato, preparação do escoamento da argamassa e da execução dos **Sistemas Geolite® FRC**, consultar a TAB 11B. A alma do diafragma de plano pode também apenas ser realizada com **Geolite® Magma**, com uma armadura metálica própria, calculada e dimensionada por um projectista (ver TAB 11A). A espessura da laje, dimensionada para o corte do plano, deve garantir um recobrimento adequado tanto para os conectores como para a eventual armadura.

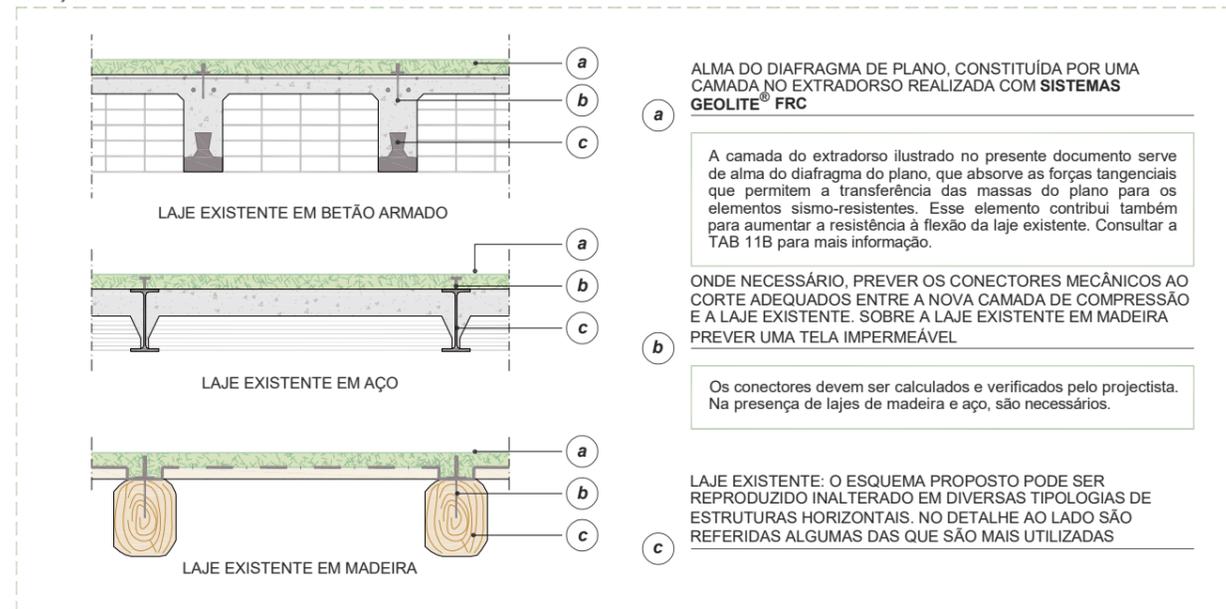
## 2 REALIZAÇÃO DE ANCORAGENS PERIMÉTRICAS DO DIAFRAGMA DE PLANO

A ligação perimetral pode ser realizada com diversas modalidades. Nos detalhes ao lado são ilustrados uma ancoragem em aço e uma banda de tecido de aço (TAB 28), mas são possíveis outras soluções como coroamentos em alvenaria armada (realizáveis apenas no topo, consultar a TAB 29). Se na estrutura existente já estão presentes vigas em betão armado ao longo do perímetro da laje, as mesmas, após conexão com os elementos sísmo-resistentes, podem servir de ancoragem. A ligação perimetral absorve as forças de tração e compressão que derivam da acção de flexão no plano, por sua vez gerada pelas acções horizontais e pelas reacções dos elementos sísmo-resistentes, portanto, deve ser dimensionada e verificada pelo projectista.

3 APLICAÇÃO DE CONECTORES AO CORTE ENTRE O DIAFRAGMA DE PLANO E OS ELEMENTOS SÍSMO-RESISTENTES CONSTITUÍDOS POR VARÕES EM AÇO ANCORADOS COM **EPOFIX** EM ELEMENTOS VERTICAIS EM BETÃO ARMADO E COM **GEOCALCE® FL ANTISMÍSMICO** EM ALVENARIA

O espaçamento, o diâmetro e o comprimento de ancoragem dos conectores requerem o cálculo e verificação por parte de um projectista. Assinala-se ainda que a resistência ao corte dos conectores não depende unicamente destes e do tipo de aço, mas também das estruturas em que são ancorados. Portanto, será aconselhável avaliar caso a caso as prestações mecânicas.

## SOLUÇÕES PARA TIPOLOGIAS DIFERENTES DE LAJE



## QUADRO NORMATIVO

Para além das intervenções destinadas a resolver as fragilidades relativas às acções não sísmicas, as que geralmente induzem os maiores benefícios quanto a acções sísmicas referem-se a:

1. A formação de diafragmas do plano, ao nível das lajes e eventualmente nas camadas de cobertura.
2. As conexões das paredes entre si e aos diafragmas do plano. [...]

O papel primário das lajes é o de sustentar as cargas verticais, mas a sua função durante o abalo sísmico é a de transferir as acções horizontais para as paredes e de evitar a activação dos mecanismos fora do plano das paredes, ligando-as eficazmente. As lajes devem, portanto, ser bem ancoradas às alvenarias, sobretudo às perimetrais. Ocorre assinalar que, enquanto pode não ser necessário realizar uma elevada rigidez, uma vez que os mecanismos fora do plano são caracterizados por deformações admissíveis mesmo que elevadas, é por outro lado necessário que os diafragmas tenham uma resistência suficiente para transferir as acções de uma parede para a outra [...].  
(Circular 21 de Janeiro de 2019, n.º 7 - Instruções para a aplicação da Actualização das "Normas técnicas para a construção" segundo o decreto italiano de 17 de Janeiro de 2018 §C8.7.4.2.1)

# 12

## Reforço à flexão de vigas através do reforço exterior com tecidos em fibra de aço galvanizado e georgamassa mineral estrutural tixotrópica



### PRESCRIÇÃO

1. Preparação dos suportes. Preparar e limpar os suportes segundo, seguindo as indicações e prescrições da Direcção de Obra. Em caso de suportes não degradados, criar uma rugosidade de pelo menos 5 mm, igual ao grau 8 do "Kit de verificação da preparação dos suportes", limpar e remover o pó e óleos que possam comprometer a aderência do sistema, através de ar comprimido ou jacto de água. Em caso de suportes evidentemente degradados, irregulares ou danificados por acções agressivas, remover em profundidade o eventual betão degradado através de saneamento mecânico ou hidrodemolição, tendo o cuidado de tornar o substrato áspero com rugosidade de pelo menos 5 mm, igual ao grau 8 do "Kit de verificação da preparação dos suportes"; remover a eventual oxidação dos varões de armadura, que devem ser limpos através de escovagem (manual ou mecânica) ou jacto de areia; realizar a eventual reconstrução monolítica ou barramento da secção através da georgamassa tixotrópica GEOLITE.
2. Aplicação do sistema de reforço. Realizar o sistema de reforço estrutural em fibra de aço Steel Reinforced Grout (combinação de fibra de aço e argamassa mineral estrutural tixotrópica à base de geoligante), realizando uma banda de reforço longitudinal no sentido do desenvolvimento da mesma viga, com a aplicação de uma primeira demão de GEOLITE, garantindo sobre o suporte uma quantidade de material suficiente (espessura média 3 – 5 mm) para regularizá-lo e para aplicar e embeber o tecido de reforço. Posteriormente, aplicar, sobre a matriz ainda fresca, o tecido em fibra de aço galvanizado UHTSS GEOSTEEL, garantindo o embebimento perfeito da banda na camada de matriz, exercendo uma pressão enérgica com a espátula e tendo o cuidado que a mesma saia por entre os cabos, garantindo assim uma óptima aderência entre a primeira e segunda camada de matriz. Nos pontos de junção longitudinal, sobrepor duas camadas de tecido em fibra de aço em pelo menos 30 cm. Concluir a aplicação com o barramento final protector (espessura total do reforço 5 – 8 mm), sempre realizado com GEOLITE, com o fim de embeber totalmente o reforço e preencher eventuais vazios subjacentes. Em caso de camadas posteriores à primeira, deve-se proceder com a aplicação da segunda camada de fibra sobre a camada de matriz ainda fresca.
3. Protecção e Decoração. Se o sistema de reforço for instalado em ambientes particularmente agressivos, ou de qualquer modo se queira garantir uma protecção adicional à já fornecida pela georgamassa, aconselha-se a aplicação final da geotinta GEOLITE MICROSILICATO ou da tinta elastomérica KERAKOVER ACRILEX FLEX, a aplicar, possivelmente, também nas zonas não reforçadas. Se as obras estiverem em contacto permanente ou ocasional com substâncias líquidas, aconselha-se a contactar o gabinete técnico da Kerakoll para preparar o sistema de protecção mais adequado.

### ADVERTÊNCIAS

O Geosteel é fornecido em 2 gramagens distintas em função das exigências de cálculo:

- GEOSTEEL G600 (gramagem: 670 g/m<sup>2</sup>; n.º de cabos por cm = 1,57 espessura equivalente da banda = 0,084 mm)
- GEOSTEEL G1200 (gramagem: 1200 g/m<sup>2</sup>; n.º de cabos por cm = 3,14; espessura equivalente da banda = 0,169 mm).

Antes de efectuar a intervenção, verificar se a classe de resistência do betão do suporte é adequada.

### ESPECIFICAÇÃO

Reforço à flexão de vigas em betão armado através da utilização de sistema composto de matriz inorgânica SRG (Steel Reinforced Grout), provido de Marcação CE através de Avaliação Técnica Europeia (ETA) segundo o art.º 26 do Regulamento UE n.º 305/2011 ou de certificação internacional de validade comprovada, realizado com tecido unidireccional em fibra de aço galvanizado com resistência muito elevada, formado por microcabos de aço produzidos segundo a norma ISO 16120-1/4 2017 fixados sobre uma microrrede em fibra de vidro, com peso líquido da fibra de cerca de 1200 g/m<sup>2</sup> – tipo GEOSTEEL G1200 da Kerakoll – características técnicas certificadas da banda: resistência à tracção valor característico > 3000 MPa; módulo de elasticidade > 190 GPa; deformação final à rotura > 1,5%; área efectiva de um cabo 3x2 (5 fios) = 0,538 mm<sup>2</sup>; n.º cabos por cm = 3,14 com envolvimento dos fios com elevado ângulo de torção em conformidade com a norma ISO/DIS 17832; espessura equivalente da banda = 0,169 mm; impregnado com uma georgamassa mineral certificada, eco-compatível, tixotrópica, de presa normal, à base de geoligante e zircónia de reacção cristalina, com teor muito baixo de polímeros petroquímicos e isenta de fibras orgânicas, específica para a passivação, reparação, barramento e protecção monolítica com durabilidade garantida de estruturas em betão, GreenBuilding Rating 4, provida de marcação CE e em conformidade com os requisitos de desempenho exigidos pela Norma EN 1504-7 para a passivação dos varões de armadura, EN 1504-3 Classe R4 (cura CC e PCC) para a reconstrução volumétrica e o barramento e pela EN 1504-2 para a protecção de superfícies, de acordo com os Princípios 2, 3, 4, 5, 7, 8 e 11 definidos pela EN 1504-9 – tipo GEOLITE da Kerakoll – características técnicas certificadas: nenhuma corrosão do varão metálico (EN 15183), resistência à compressão aos 28 dias > 50 MPa (EN 12190), resistência à tracção por flexão aos 28 dias > 8 MPa (EN 196-1), aderência aos 28 dias > 2 MPa (EN 1542), módulo de elasticidade E aos 28 dias ≥ 20 GPa (EN 13412), resistente à carbonatação (EN 13295), retracção linear < 0,3% (EN 12617-1), resistência à abrasão com perda de peso do provete < 3000 mg (EN ISO 5470-1).

A intervenção desenvolve-se nas seguintes fases: eventual tratamento de recuperação das superfícies degradadas, danificadas, incoerentes ou irregulares (a contabilizar à parte), garantindo uma rugosidade de pelo menos 5 mm e molhagem até à saturação do suporte; aplicação de uma primeira camada de georgamassa, com espessura de cerca de 3 – 5 mm; com a argamassa ainda fresca, proceder à aplicação do tecido em fibra de aço galvanizado com resistência muito elevada, tendo o cuidado de garantir um embebimento completo do tecido e evitar a formação de eventuais vazios ou bolhas de ar que possam comprometer a aderência do tecido à matriz ou ao suporte; execução da segunda camada de georgamassa, numa espessura total de reforço de 5 – 8 mm, com o fim de embeber totalmente o tecido de reforço e preencher os eventuais vazios subjacentes; eventual repetição das fases de aplicação do tecido e georgamassa em todas as camadas posteriores de reforço previstas pelo projecto; eventual fixação das extremidades do tecido em fibra de aço através do enrolamento do tecido e fixação das pontas no interior dos furos previamente realizados com adesivo mineral epoxídico ou reforço com elementos metálicos instalados com adesivo mineral epoxídico (a contabilizar à parte).

Inclui-se: o fornecimento e a aplicação em obra de todos os materiais acima descritos e tudo o que seja necessário para concluir o trabalho. Exclui-se: a eventual reabilitação das zonas degradadas e reparação do substrato; a ancoragem; os ensaios de aceitação do material; os inquéritos pré e pós-intervenção; todos os meios auxiliares necessários para a execução dos trabalhos.

O preço é à unidade de superfície de reforço efectivamente aplicado em obra, incluindo as sobreposições.

1 Preparação das superfícies de suporte.



2 Corte do tecido em fibra de aço GEOSTEEL.



3 Molhagem do suporte.



4 Aplicação da primeira demão de GEOLITE.



5 Instalação do tecido em fibra de aço GEOSTEEL.



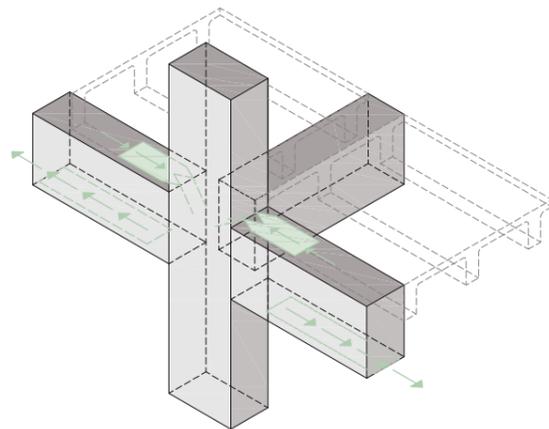
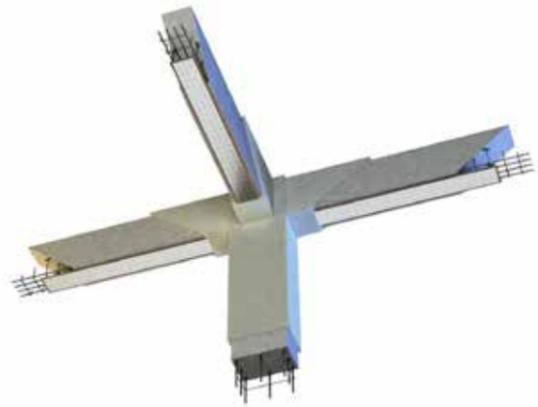
6 Aplicação da segunda demão de GEOLITE.



# 12

REFORÇO À FLEXÃO DE VIGAS ATRAVÉS DO REFORÇO EXTERIOR COM TECIDOS EM FIBRA DE AÇO GALVANIZADO E GEOARGAMASSA MINERAL ESTRUTURAL TIXOTRÓPICA

Geoforce one  
Software

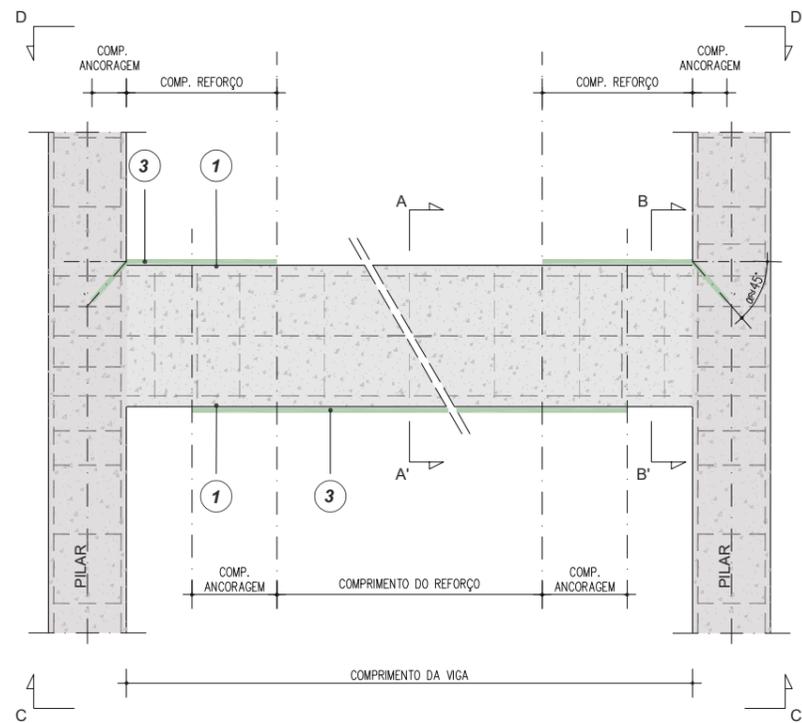


VISTA AXONOMÉTRICA  
REFORÇO À FLEXÃO DE VIGAS

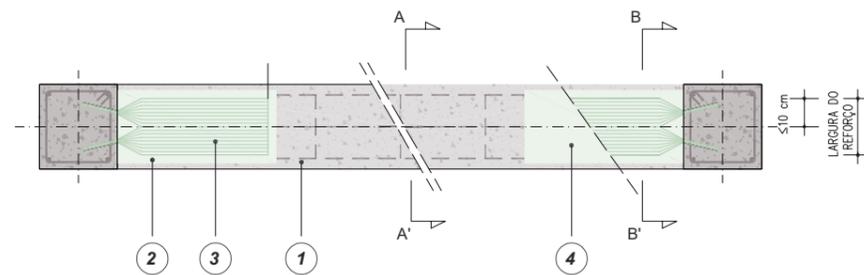
NOTA

A norma CNR-DT 215/2018, no parágrafo 5 sublinha que a resistência média à compressão do betão não deve ser inferior a 15 N/mm<sup>2</sup> no caso de reforço por aderência.

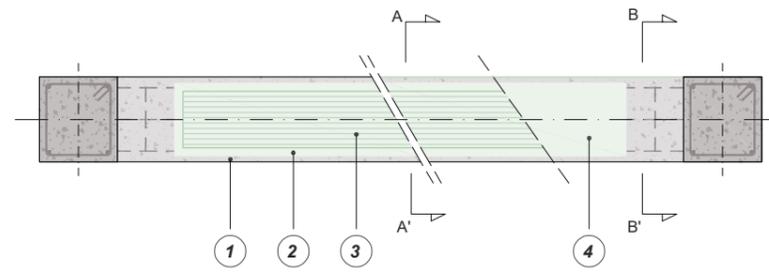
POWERED BY **kerakoll** ENGINEERED BY **ASDEA**



DETALHE  
REFORÇO À FLEXÃO DE VIGAS ATRAVÉS DO REFORÇO DO EXTRADORSO E INTRADORSO

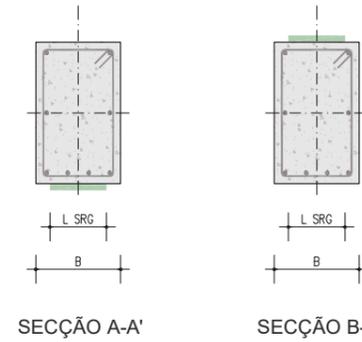


PLANTA D-D'  
REFORÇO À FLEXÃO DE VIGAS ATRAVÉS DO REFORÇO DO EXTRADORSO



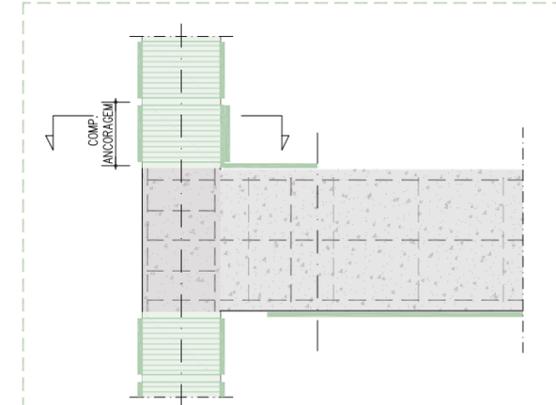
PLANTA C-C'  
REFORÇO À FLEXÃO DE VIGAS ATRAVÉS DO REFORÇO DO INTRADORSO

0 m 0,25 m 0,5 m 1 m



REFORÇO À FLEXÃO DE VIGAS ATRAVÉS DO REFORÇO DO EXTRADORSO E INTRADORSO

DETALHE DE EXECUÇÃO



Na presença de um pilar a consolidar por confinamento com bandas de tecido em fibra de aço, aconselha-se a ancorar o reforço da viga fazendo passar as bandas por baixo das utilizadas para o reforço do pilar. Para detalhes adicionais, consultar as TAB 5 e TAB 7.

CONEXÃO DE PILAR CONFINADO - VIGA REFORÇADA ATRAVÉS DO REFORÇO EXTERIOR

0 m 0,25 m 0,5 m 1 m

QUADRO NORMATIVO

**Reforço à flexão de vigas, pilares e vigotas de lajes**  
O reforço à flexão é realizado aplicando faixas de tecido na face tensionada do elemento do qual se queira aumentar a capacidade de flexão. A intervenção permite ainda a redução das deformações sob cargas de serviço, mesmo que não sejam substanciais, e a limitação dos estados de fissuração. (CNR - DT 215/2018 §2.2.1.1)

**Reforço e encamisamento com materiais compósitos**  
O uso de materiais compósitos (ou outros materiais resistentes à tracção), no reforço sísmico de elementos de betão armado, tem como fim conseguir os seguintes objectivos:  
- aumento da resistência ao corte de pilares, vigas, nós viga-pilar e paredes através de aplicação de bandas com as fibras dispostas segundo a direcção dos estribos;  
- aumento da resistência nas partes finais de vigas e pilares através da aplicação de bandas com as fibras dispostas segundo a direcção dos varões longitudinais e devidamente ancorados, para que se garanta a eficácia da ancoragem ao longo do tempo;  
- aumento da ductilidade dos elementos unidimensionais, por efeito da acção de confinamento passivo exercida pelas bandas com as fibras dispostas segundo a direcção dos estribos. Para as verificações de segurança dos elementos reforçados com materiais compósitos, podem-se adoptar documentos de validade comprovada. (Circular 21 de Janeiro de 2019, n.º 7 - Instruções para a aplicação da Actualização das "Normas técnicas para a construção" segundo o decreto italiano de 17 de Janeiro de 2018 §C8.7.4.2.3)

\* Para a limpeza do suporte, faz-se referência a normas de validade comprovada

EM CASO DE SUPORTES NÃO DEGRADADOS, TORNAR ÁSPERA A SUPERFÍCIE, LIMPEZA E REMOÇÃO DE PÓ E ÓLEOS QUE POSSAM COMPROMETER A ADERÊNCIA DO SISTEMA, ATRAVÉS DE AR COMPRIMIDO OU JACTO DE ÁGUA. EM CASO DE SUPORTE EVIDENTEMENTE DEGRADADO, IRREGULARES OU DANIFICADO POR ACÇÕES AGRESSIVAS: REMOÇÃO EM PROFUNDIDADE DO BETÃO DEGRADADO ATRAVÉS DE SANEAMENTO MECÂNICO OU HIDRODEMOLIÇÃO, TENDO O CUIDADO DE TORNAR ÁSPERO O SUBSTRATO COM RUGOSIDADE DE PELO MENOS 5 mm; REMOÇÃO DA OXIDAÇÃO DOS VARÕES DA ARMADURA ATRAVÉS DE ESCOVAGEM (MANUAL OU MECÂNICA) OU JACTO DE AREIA; RECONSTRUÇÃO MONOLÍTICA OU BARRAMENTO DA SECÇÃO COM A GEOARGAMASSA TIXOTRÓPICA **GEOLITE®**. ANTES DA APLICAÇÃO DO SISTEMA DE REFORÇO, ASSEGURAR SEMPRE A PREPARAÇÃO DO SUPORTE COM RUGOSIDADE DE PELO MENOS 5 mm

1 APLICAÇÃO DE UMA PRIMEIRA DEMÃO DE **GEOLITE®**, GARANTINDO SOBRE O SUPORTE UMA QUANTIDADE DE MATERIAL SUFICIENTE (ESPESURA MÉDIA 3-5 mm) PARA O REGULARIZAR E PARA APLICAR E EMBEBER O TECIDO DE REFORÇO PREVER A APLICAÇÃO DAS CAMADAS SEGUINTE DE TECIDO SOBRE A MATRIZ AINDA FRESCA

2 REALIZAÇÃO DE UMA BANDA DE REFORÇO LONGITUDINAL SOBRE A VIGA EM BETÃO ARMADO OBJECTO DA INTERVENÇÃO ATRAVÉS DE APLICAÇÃO, SOBRE A MATRIZ AINDA FRESCA, DE TECIDO EM FIBRA DE AÇO GALVANIZADO **GEOSTEEL G600/G120**. NOS PONTOS DE UNIÃO LONGITUDINAL, SOBREPOR DUAS CAMADAS DE TECIDO EM FIBRA DE AÇO EM PELO MENOS 30 cm

3 O sistema de reforço é aplicado no intradorso ou extradorso consoante o momento de flexão actuante seja positivo ou negativo. Para a ancoragem das extremidades das bandas através de desfibrilhamento, deve-se considerar uma largura máxima de 100 mm de banda para cada furo realizado. Realizar a ancoragem do tecido desfibrilhado com **GEOLITE® GEL**. Para mais informação sobre a sobreposição das camadas de tecido, consultar o APÉNDICE A.

Deve ser assegurado um comprimento adequado de ancoragem, no lado do comprimento maior da secção em que seja aplicado o reforço FRM. Na ausência de ensaios de caracterização mais precisos, deve ser de pelo menos 30 mm. (CNR - DT 215/2018 §6)

BARRAMENTO FINAL PROTECTOR COM **GEOLITE®** NUMA ESPESURA TOTAL DE 5-8 mm PARA EMBEBER O REFORÇO E PREENCHER EVENTUAIS VAZIOS, E TENDO O CUIDADO DE APLICAR FRESCO SOBRE FRESCO

4 Quando o sistema de reforço é instalado em ambientes particularmente agressivos ou, de qualquer modo, se queira garantir uma protecção adicional para além da já fornecida pela georgamassa, aconselha-se a aplicação final de **GEOLITE® MICROSILICATO** ou da tinta elastomérica **KERAKOVER ACRILEX FLEX**, a aplicar, se possível, também nas zonas não reforçadas. Se as obras estão em contacto permanente ou ocasional com substâncias líquidas, aconselha-se a contactar o departamento técnico da Kerakoll para preparar o sistema de protecção mais adequado.

# 13

## Reforço à flexão de vigas através do reforço exterior com tecidos em fibra de aço galvanizado e adesivo epoxídico



### PRESCRIÇÃO

1. Preparação dos suportes. Preparar e limpar os suportes, seguindo as indicações e prescrições da Direcção de Obra. Em caso de suportes não degradados, tornar a superfície rugosa através de saneamento mecânico, criando uma rugosidade de pelo menos 0,5 mm, igual ao grau 5 do "Kit de verificação da preparação dos suportes". Limpar e remover pó e óleos que possam comprometer a aderência do sistema através de ar comprimido. Em caso de suportes evidentemente degradados, irregulares ou danificados por ações agressivas, remover em profundidade o eventual betão degradado através de saneamento mecânico ou hidrodemolição, tendo o cuidado de tornar o substrato áspero com rugosidade de pelo menos 5 mm, igual ao grau 8 do "Kit de verificação da preparação dos suportes"; remover a eventual oxidação dos varões de armadura, que devem ser limpos através de escovagem (manual ou mecânica) ou jacto de areia; realizar a eventual reconstrução monolítica ou barramento da secção através da geoargamassa tixotrópica GEOLITE.
2. Aplicação do sistema de reforço. Realizar o sistema de reforço estrutural em fibra de aço Steel Reinforced Polymer (combinação de fibra de aço e adesivo mineral epoxídico), realizando uma banda de reforço longitudinal no sentido do desenvolvimento da mesma viga, com a eventual regularização prévia do suporte com GEOLITE. Após a cura dos tratamentos prévios descritos, aplicar uma primeira demão do adesivo mineral epoxídico GEOLITE GEL, garantindo sobre o suporte uma quantidade de material suficiente (espessura média 2 – 3 mm) para aplicar e embeber o tecido de reforço. Posteriormente, aplicar, sobre a matriz ainda fresca, o tecido em fibra de aço galvanizado UHTSS GEOSTEEL, garantindo o embebimento perfeito da banda na camada de matriz, exercendo uma pressão enérgica com a espátula ou o rolo em aço e tendo o cuidado que a mesma saia por entre os cabos, garantindo assim uma óptima aderência entre a primeira e segunda camada de matriz. Nos pontos de junção longitudinal, sobrepor duas camadas de tecido em fibra de aço em pelo menos 20 cm. Concluir a aplicação com o barramento final protector, aplicando a quantidade de adesivo necessária (espessura total do reforço 3 – 4 mm) para a cobertura total do tecido em aço, trabalhando fresco sobre fresco. Em caso de camadas posteriores à primeira, deve-se proceder com a aplicação da segunda camada de fibra sobre a camada de matriz ainda fresca. No caso em que o sistema aplicado deva ser rebocado ou revestido com barramento, aconselha-se a utilização de GEOCALCE MULTIUSO ou RASOBUILD ECO TOP, tendo o cuidado de polvilhar, com a resina ainda fresca, QUARZO 5.12 ou areia seca com granulometria adequada para facilitar a aderência.
3. Protecção e Decoração. Se o sistema de reforço for instalado em ambientes particularmente agressivos, ou de qualquer modo se queira garantir uma protecção adicional à já fornecida pela matriz, aconselha-se a aplicação final da tinta elastomérica KERAKOVER ACRILEX FLEX, a aplicar, possivelmente, também nas zonas não reforçadas. Se as obras estiverem em contacto permanente ou ocasional com substâncias líquidas, aconselha-se a contactar o gabinete técnico da Kerakoll para preparar o sistema de protecção mais adequado.

### ADVERTÊNCIAS

O Geosteel é fornecido em 4 gramagens distintas em função das exigências de cálculo:

- GEOSTEEL G600 (gramagem: 670 g/m<sup>2</sup>; n.º de cabos por cm = 1,57; espessura equivalente da banda = 0,084 mm)
- GEOSTEEL G1200 (gramagem: 1200 g/m<sup>2</sup>; n.º de cabos por cm = 3,14; espessura equivalente da banda = 0,169 mm)
- GEOSTEEL G2000 (gramagem: 2000 g/m<sup>2</sup>; n.º de cabos por cm = 4,72; espessura equivalente da banda = 0,254 mm)
- GEOSTEEL G3300 (gramagem: 3300 g/m<sup>2</sup>; n.º de cabos por cm = 7,09; espessura equivalente da banda = 0,381 mm).

Antes de efectuar a intervenção, verificar se a classe de resistência do betão do suporte é adequada.

### ESPECIFICAÇÃO

Reforço à flexão de vigas em betão armado através da utilização de sistema composto de matriz orgânica SRP (Steel Reinforced Polymer), provido de Marcação CE através de Avaliação Técnica Europeia (ETA) segundo o art.º 26 do Regulamento UE n.º 305/2011 ou de certificação internacional de validade comprovada, realizado com tecido unidireccional em fibra de aço galvanizado com resistência muito elevada, formado por microcabos de aço produzidos segundo a norma ISO 16120-1/4 2017 fixados sobre uma microrrede em fibra de vidro, com peso líquido da fibra de cerca de 3300 g/m<sup>2</sup> – tipo GEOSTEEL G3300 da Kerakoll – características técnicas certificadas da banda: resistência à tracção valor característico > 3000 MPa; módulo de elasticidade > 190 GPa; deformação final à rotura > 1,5%; área efectiva de um cabo 3x2 (5 fios) = 0,538 mm<sup>2</sup>; n.º cabos por cm = 7,09 com envolvimento dos fios com elevado ângulo de torção em conformidade com a norma ISO/DIS 17832; espessura equivalente da banda = 0,381 mm, impregnado com sistema epoxídico bicomponente em gel tixotrópico, em conformidade com os requisitos de desempenho exigidos pela norma EN 1504-4 para a colagem de elementos estruturais e pela norma EN 1504-6 para a ancoragem de varões. Adequado como matriz orgânica mineral em combinação com tecidos de aço galvanizado Geosteel, nos sistemas certificados de reforço estrutural, melhoria e adaptação sísmica, sem a necessidade de utilização de primário de aderência, isento de solventes, com emissões muito baixas de substâncias orgânicas voláteis, – tipo GEOLITE GEL da Kerakoll – características técnicas certificadas: Euroclasse de reacção ao fogo C-s2,d0 (EN 13501-1); emissão de substâncias orgânicas voláteis EC1 Plus certificado GEV-Emicode; temperatura de transição vítrea +60 °C (EN 12614); resistência ao corte > 20 MPa (EN 12188); retracção linear < 0,005% (EN 12617-1); módulo de elasticidade à flexão > 2500 MPa (EN ISO 178).

A intervenção desenvolve-se nas seguintes fases: eventual tratamento de reparação das superfícies degradadas, danificadas, incoerentes ou irregulares, tornar a superfície áspera com rugosidade de pelo menos 0,5 mm; aplicação de uma primeira camada com espessura de cerca de 2 – 3 mm, de adesivo mineral epoxídico; com o adesivo ainda fresco, proceder à aplicação do tecido em fibra de aço galvanizado com resistência muito elevada, tendo o cuidado de garantir um embebimento completo do tecido e evitar a formação de eventuais vazios ou bolhas de ar que possam comprometer a aderência do tecido à matriz ou ao suporte; execução da segunda camada de matriz, até à cobertura completa do tecido de reforço numa espessura total de reforço de 3 – 4 mm; eventual repetição das fases de aplicação do tecido e adesivo em todas as camadas posteriores de reforço previstas no projecto; eventual fixação das extremidades do tecido em fibra de aço através do enrolamento do tecido e fixação das pontas no interior dos furos previamente realizados com adesivo mineral epoxídico ou reforço com elementos metálicos instalados com adesivo mineral epoxídico.

Inclui-se: o fornecimento e a aplicação em obra de todos os materiais acima descritos e tudo o que seja necessário para concluir o trabalho. Exclui-se: a eventual reabilitação das zonas degradadas e reparação do substrato; a ancoragem; os ensaios de aceitação do material; os inquéritos pré e pós-intervenção; todos os meios auxiliares necessários para a execução dos trabalhos.

O preço é à unidade de superfície de reforço efectivamente aplicado em obra, incluindo as sobreposições.

1 \_\_\_\_\_ 2 \_\_\_\_\_ 3 \_\_\_\_\_

Preparação das superfícies de suporte.



2 \_\_\_\_\_

Corte do tecido em fibra de aço GEOSTEEL.



3 \_\_\_\_\_

Aplicação da primeira demão de GEOLITE GEL.



4 \_\_\_\_\_

Instalação do tecido em fibra de aço GEOSTEEL.



5 \_\_\_\_\_

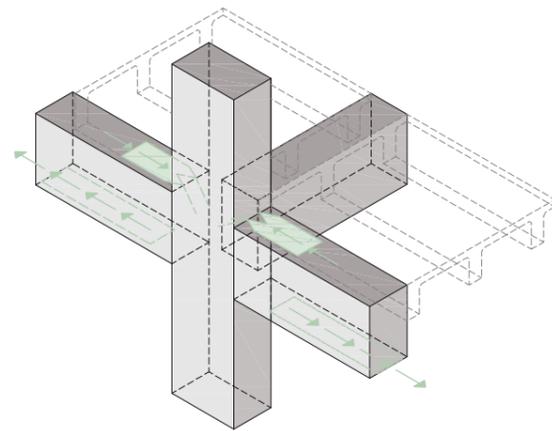
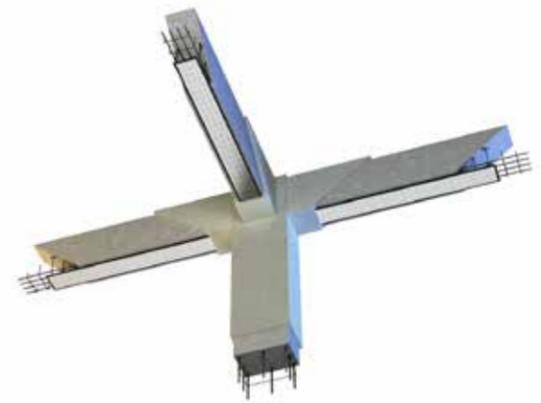
Aplicação da segunda demão de GEOLITE GEL.



# 13

REFORÇO À FLEXÃO DE VIGAS ATRAVÉS DO REFORÇO EXTERIOR COM TECIDOS EM FIBRA DE AÇO GALVANIZADO E ADESIVO EPOXÍDICO

Geoforce one  
Software

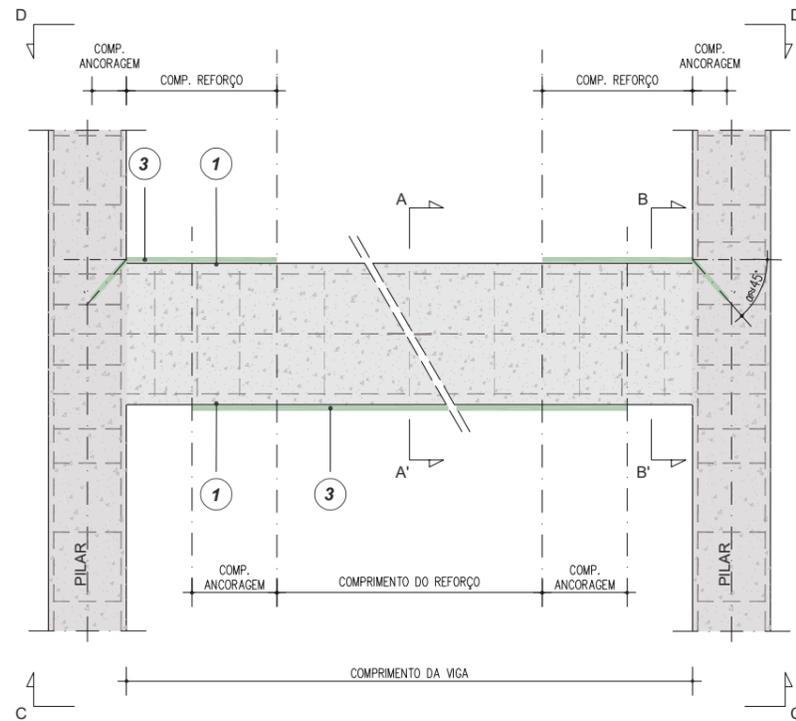


VISTA AXONOMÉTRICA  
REFORÇO À FLEXÃO DE VIGAS

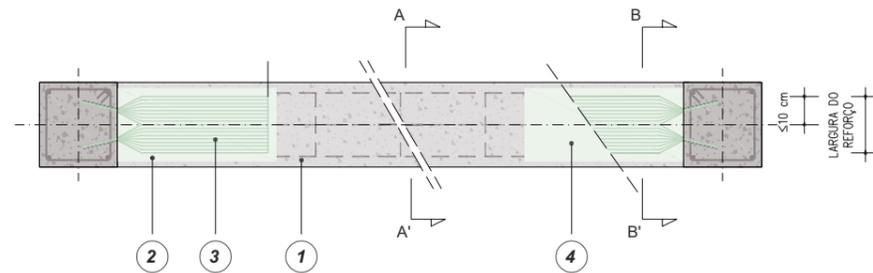
NOTA

A norma CNR-DT 200 R1/2013, no parágrafo 4.8.1.1, sublinha que a resistência média à compressão do betão não deve ser inferior a 15 N/mm<sup>2</sup> no caso de reforço por aderência.

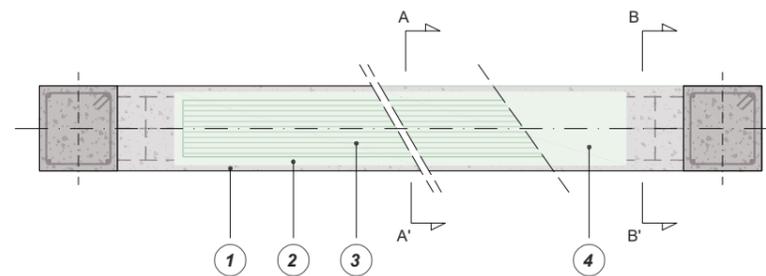
POWERED BY **kerakoll** ENGINEERED BY **ASDEA**



DETALHE  
REFORÇO À FLEXÃO DE VIGAS ATRAVÉS DO REFORÇO DO EXTRADORSO E INTRADORSO

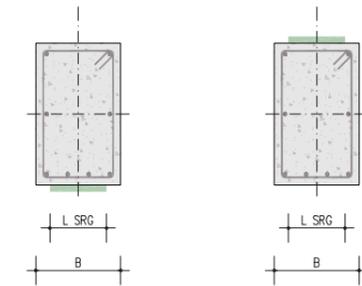


PLANTA D-D'  
REFORÇO À FLEXÃO DE VIGAS ATRAVÉS DO REFORÇO DO EXTRADORSO



PLANTA C-C'  
REFORÇO À FLEXÃO DE VIGAS ATRAVÉS DO REFORÇO DO INTRADORSO

0 m 0.25 m 0.5 m 1 m



SECÇÃO A-A' SECÇÃO B-B'  
REFORÇO À FLEXÃO DE VIGAS ATRAVÉS DO REFORÇO DO EXTRADORSO E INTRADORSO

DETALHE DE EXECUÇÃO



Na presença de um pilar a consolidar por confinamento com bandas de tecido em fibra de aço, aconselha-se a ancorar o reforço da viga fazendo passar as bandas por baixo das utilizadas para o reforço do pilar. Para detalhes adicionais, consultar as TAB 5 e TAB 7.

CONEXÃO DE PILAR CONFINADO - VIGA REFORÇADA ATRAVÉS DO REFORÇO EXTERIOR

QUADRO NORMATIVO

O reforço à flexão torna-se necessário para elementos estruturais sujeitos a um momento de flexão de projecto maior do que a resistência correspondente. A título de exemplo, de seguida é tratado o caso da flexão que se verifica, por exemplo, quando o eixo de solicitação coincide com um eixo de simetria da secção transversal do elemento reforçado. O reforço à flexão com materiais compósitos pode ser realizado aplicando à face tensionada do elemento a reforçar uma ou mais lâminas pré-formadas, ou uma ou mais camadas de tecido embebidas *in situ*. (CNR - DT 200 R1/2013 § 4.2.1.)

Reforço e encamisamento com materiais compósitos

O uso de materiais compósitos (ou outros materiais resistentes à tracção), no reforço sísmico de elementos de betão armado, tem como fim conseguir os seguintes objectivos:

- aumento da resistência ao corte de pilares, vigas, nós viga-pilar e paredes através de aplicação de bandas com as fibras dispostas segundo a direcção dos estribos;
- aumento da resistência nas partes finais de vigas e pilares através da aplicação de bandas com as fibras dispostas segundo a direcção dos varões longitudinais e devidamente ancorados, para que se garanta a eficácia da ancoragem ao longo do tempo;
- aumento da ductilidade dos elementos unidimensionais, por efeito da acção de confinamento passivo exercida pelas bandas com as fibras dispostas segundo a direcção dos estribos.

Para as verificações de segurança dos elementos reforçados com materiais compósitos, podem-se adoptar documentos de validade comprovada. (Circular 21 de Janeiro de 2019, n.º 7 - Instruções para a aplicação da Actualização das "Normas técnicas para a construção" segundo o decreto italiano de 17 de Janeiro de 2018 §C8.7.4.2.3)

EM CASO DE SUPORTES NÃO DEGRADADOS, TORNAR ÁSPERA A SUPERFÍCIE, LIMPEZA E REMOÇÃO DE PÓ E ÓLEOS QUE POSSAM COMPROMETER A ADERÊNCIA DO SISTEMA, ATRAVÉS DE AR COMPRIMIDO OU JACTO DE ÁGUA. EM CASO DE SUPORTE EVIDENTEMENTE DEGRADADO, IRREGULARES OU DANIFICADO POR AÇÕES AGRESSIVAS: REMOÇÃO EM PROFUNDIDADE DO BETÃO DEGRADADO ATRAVÉS DE SANEAMENTO MECÂNICO OU HIDRODEMOLIÇÃO, TENDO O CUIDADO DE TORNAR ÁSPERO O SUBSTRATO COM RUGOSIDADE DE PELO MENOS 5 mm; REMOÇÃO DA OXIDAÇÃO DOS VARÕES DA ARMADURA ATRAVÉS DE ESCOVAGEM (MANUAL OU MECÂNICA) OU JACTO DE AREIA; RECONSTRUÇÃO MONOLÍTICA OU BARRAMENTO DA SECÇÃO COM A GEOARGAMASSA TIXOTRÓPICA **GEOLITE®**. ANTES DA APLICAÇÃO DO SISTEMA DE REFORÇO, PREPARAR O SUPORTE COM RUGOSIDADE DE PELO MENOS 0,5 mm, SE ESTÃO PREVISTOS EVENTUAIS TRATAMENTOS PRÉVIOS DE REGULARIZAÇÃO COM **GEOLITE®**. AGUARDAR A CURA DESTES ÚLTIMOS PARA APLICAR A PRIMEIRA DEMÃO DE **GEOLITE® GEL**

1

Após a comprovação da qualidade do suporte e ter procedido à reparação eventual do betão degradado e o tratamento dos varões metálicos, pode ser adequado recorrer a uma passagem com jacto de areia adicional sobre a superfície envolvida no reforço.

[...] Caso se trabalhe sobre uma superfície de betão que não necessite de reparação, mas que seja de qualidade insuficiente, deve-se avaliar a possibilidade de aplicar sobre a mesma um consolidante.

[...] Em geral, é necessário verificar que sobre a superfície de aplicação do reforço não estejam presentes poeiras, gorduras, hidrocarbonetos e/ou tensoactivos. (CNR - DT 200 R1/2013 § 4.8.1.3)

2

APLICAÇÃO DE UMA PRIMEIRA DEMÃO DE ADESIVO MINERAL EPOXÍDICO **GEOLITE® GEL**, GARANTINDO SOBRE O SUPORTE UMA QUANTIDADE DE MATERIAL SUFICIENTE (ESPESSURA MÉDIA 2-3 mm) PARA APLICAR E EMBEBER O TECIDO DE REFORÇO. PREVER A APLICAÇÃO DAS CAMADAS SEGUINTE DE TECIDO SOBRE A MATRIZ AINDA FRESCA

APLICAÇÃO SOBRE A MATRIZ AINDA FRESCA DO TECIDO EM FIBRA DE AÇO GALVANIZADO **GEOSTEEL G600/G1200/G2000/G3300**, GARANTINDO O EMBEBIMENTO PERFEITO DA BANDA NA CAMADA DA MATRIZ, EXERCENDO UMA PRESSÃO ENERGÍCA COM A ESPÁTULA OU O ROLO EM AÇO E TENDO O CUIDADO QUE A MESMA SAIA PELOS CABOS, GARANTINDO ASSIM UMA ÓPTIMA ADERÊNCIA ENTRE A PRIMEIRA E SEGUNDA CAMADA DE MATRIZ. NOS PONTOS DE UNIÃO LONGITUDINAL, SOBREPOR DUAS CAMADAS DE TECIDO EM FIBRA DE AÇO EM PELO MENOS 20 cm

3

O sistema de reforço é aplicado no intradorso ou extradorso consoante o momento de flexão actuante seja positivo ou negativo. Para a ancoragem das extremidades das bandas através de desfibrilhamento, deve-se considerar uma largura máxima de 100 mm de banda para cada furo realizado. Realizar a ancoragem do tecido desfibrilhado com **GEOLITE® GEL**. Para mais informação sobre a sobreposição das camadas de tecido, consultar o APÉNDICE A.

Deve ser previsto um comprimento de ancoragem igual a pelo menos 200 mm. Em alternativa, é possível o uso de conectores mecânicos. (CNR - DT 200 R1/2013 § 4.8.2.2)

4

INSERIR UMA QUANTIDADE NECESSÁRIA DE **GEOLITE® GEL** (ESPESSURA MÉDIA TOTAL DE 3-4 mm), PARA A COBERTURA TOTAL DO TECIDO EM AÇO, APLICADO FRESCO SOBRE FRESCO. ANTES DO EVENTUAL REBOCO, RECOMENDA-SE O BARRAMENTO COM **GEOCALCE® MULTIUSO** OU **RASOBUILD® ECO TOP** POLVILHADO COM **QUARZO 5.12** OU AREIA SECA DE GRANULOMETRIA ADEQUADA SOBRE O SISTEMA EPOXÍDICO AINDA FRESCO

Quando o sistema de reforço é instalado em ambientes particularmente agressivos ou, de qualquer modo, se queira garantir uma protecção adicional para além da já fornecida pela geoargamassa, aconselha-se a aplicação final da tinta elastomérica **KERAKOVER ACRILEX FLEX**, a aplicar, se possível, também nas zonas não reforçadas. Se as obras estão em contacto permanente ou ocasional com substâncias líquidas, aconselha-se a contactar o departamento técnico da Kerakoll para preparar o sistema de protecção mais adequado.

## 14

## Reforço ao corte de vigas através do reforço exterior com tecidos em fibra de aço galvanizado e geoargamassa mineral estrutural tixotrópica



### PRESCRIÇÃO

- Preparação dos suportes. Preparar e limpar os suportes segundo, seguindo as indicações e prescrições da Direcção de Obra. Em caso de suportes não degradados, criar uma rugosidade de pelo menos 5 mm, igual ao grau 8 do "Kit de verificação da preparação dos suportes", limpar e remover o pó e óleos que possam comprometer a aderência do sistema, através de ar comprimido ou jacto de água. Em caso de suportes evidentemente degradados, irregulares ou danificados por acções agressivas, remover em profundidade o eventual betão degradado através de saneamento mecânico ou hidrodemolição, tendo o cuidado de tornar o substrato áspero com rugosidade de pelo menos 5 mm, igual ao grau 8 do "Kit de verificação da preparação dos suportes"; remover a eventual oxidação dos varões de armadura, que devem ser limpos através de escovagem (manual ou mecânica) ou jacto de areia; realizar a eventual reconstrução monolítica ou barramento da secção através da geoargamassa tixotrópica GEOLITE. Concluir a preparação do suporte através do arredondamento das arestas com raio de curvatura mínimo de 20 mm.
- Aplicação do sistema de reforço. Realizar o sistema de reforço estrutural em fibra de aço Steel Reinforced Grout (combinação de fibra de aço e argamassa mineral estrutural tixotrópica à base de geoligante), efectuando reforços em "U" ou com envolvimento completo (que, de qualquer modo, deverão ser projectadas pelo projectista), com a aplicação de uma primeira demão de GEOLITE, garantindo sobre o suporte uma quantidade de material suficiente (espessura média 3 – 5 mm) para regularizá-lo e para aplicar e embeber o tecido de reforço. Posteriormente, aplicar, sobre a matriz ainda fresca, o tecido em fibra de aço galvanizado UHTSS GEOSTEEL (pré-moldado em função da geometria do elemento estrutural através da utilização da PIEGATRICE GEOSTEEL), garantindo o embebimento perfeito da banda na camada de matriz, exercendo uma pressão enérgica com a espátula e tendo o cuidado que a mesma saia por entre os cabos, garantindo assim uma óptima aderência entre a primeira e segunda camada de matriz. Concluir a aplicação com o barramento final protector (espessura total do reforço 5 – 8 mm), sempre realizado com GEOLITE, com o fim de embeber totalmente o reforço e preencher eventuais vazios subjacentes. Em caso de camadas posteriores à primeira, deve-se proceder com a aplicação da segunda camada de fibra sobre a camada de matriz ainda fresca. Em caso de reforço em "U", é possível estender o comprimento eficaz do reforço por toda a altura útil da viga, realizando a fixação da banda no interior da espessura da laje através da utilização do adesivo mineral epoxídico GEOLITE GEL.
- Protecção e Decoração. Se o sistema de reforço for instalado em ambientes particularmente agressivos, ou de qualquer modo se queira garantir uma protecção adicional à já fornecida pela geoargamassa, aconselha-se a aplicação final da geotinta GEOLITE MICROSILICATO ou da tinta elastomérica KERAKOVER ACRILEX FLEX, a aplicar, possivelmente, também nas zonas não reforçadas. Se as obras estiverem em contacto permanente ou ocasional com substâncias líquidas, aconselha-se a contactar o gabinete técnico da Kerakoll para preparar o sistema de protecção mais adequado.

### ADVERTÊNCIAS

O Geosteel é fornecido em 2 gramagens distintas em função das exigências de cálculo:

- GEOSTEEL G600 (gramagem: 670 g/m<sup>2</sup>; n.º de cabos por cm = 1,57; espessura equivalente da banda = 0,084 mm)
- GEOSTEEL G1200 (gramagem: 1200 g/m<sup>2</sup>; n.º de cabos por cm = 3,14; espessura equivalente da banda = 0,169 mm).

Antes de efectuar a intervenção, verificar se a classe de resistência do betão do suporte é adequada.

### ESPECIFICAÇÃO

Reforço ao corte de vigas em betão armado com reforço exterior em "U" ou com envolvimento completo da viga, através da utilização de sistema compósito de matriz inorgânica SRG (Steel Reinforced Grout), provido de Marcação CE através de Avaliação Técnica Europeia (ETA) segundo o art.º 26 do Regulamento UE n.º 305/2011 ou de certificação internacional de validade comprovada, realizado com tecido unidireccional em fibra de aço galvanizado com resistência muito elevada (pré-moldado em função da geometria do elemento estrutural mediante utilização de máquina de dobrar adequada certificada), formado por microcabos de aço produzidos segundo a norma ISO 16120-1/4 2017 fixados sobre uma microrrede em fibra de vidro, com peso líquido da fibra de cerca de 1200 g/m<sup>2</sup> – tipo GEOSTEEL G1200 da Kerakoll – características técnicas certificadas da banda: resistência à tracção valor característico > 3000 MPa; módulo de elasticidade > 190 GPa; deformação final à rotura > 1,5%; área efectiva de um cabo 3x2 (5 fios) = 0,538 mm<sup>2</sup>; n.º cabos por cm = 3,14 com envolvimento dos fios com elevado ângulo de torção em conformidade com a norma ISO/DIS 17832; espessura equivalente da banda = 0,169 mm, impregnado com uma geoargamassa mineral certificada, eco-compatível, tixotrópica, de presa normal, à base de geoligante e zircónia de reacção cristalina, com teor muito baixo de polímeros petroquímicos e isenta de fibras orgânicas, específica para a passivação, reparação, barramento e protecção monolítica com durabilidade garantida de estruturas em betão, GreenBuilding Rating 4, provida de marcação CE e em conformidade com os requisitos de desempenho exigidos pela Norma EN 1504-7 para a passivação dos varões de armadura, EN 1504-3 Classe R4 (cura CC e PCC) para a reconstrução volumétrica e o barramento e pela EN 1504-2 para a protecção de superfícies, de acordo com os Princípios 2, 3, 4, 5, 7, 8 e 11 definidos pela EN 1504-9 – tipo GEOLITE da Kerakoll – características técnicas certificadas: nenhuma corrosão do varão metálico (EN 15183), resistência à compressão aos 28 dias > 50 MPa (EN 12190), resistência à tracção por flexão aos 28 dias > 8 MPa (EN 196-1), aderência aos 28 dias > 2 MPa (EN 1542), módulo de elasticidade E aos 28 dias ≥ 20 GPa (EN 13412), resistente à carbonatação (EN 13295), retracção linear < 0,3% (EN 12617-1), resistência à abrasão com perda de peso do provete < 3000 mg (EN ISO 5470-1).

A intervenção desenvolve-se nas seguintes fases: eventual tratamento de reparação das superfícies degradadas, danificadas, incoerentes ou irregulares, garantindo uma rugosidade de pelo menos 5 mm, arredondamento das arestas com raio de curvatura de pelo menos 20 mm e molhagem até à saturação das superfícies; dobragem do tecido em fibra de aço galvanizado de resistência muito alta, em função da geometria do elemento estrutural através da utilização de máquina de dobrar adequada certificada; aplicação de uma primeira camada de geoargamassa, com espessura de cerca de 3 – 5 mm; com a argamassa ainda fresca, proceder à aplicação do tecido em fibra de aço galvanizado com resistência muito elevada, tendo o cuidado de garantir um embebimento completo do tecido e evitar a formação de eventuais vazios ou bolhas de ar que possam comprometer a aderência do tecido à matriz ou ao suporte; execução da segunda camada de geoargamassa, numa espessura total de reforço de 5 – 8 mm, com o fim de embeber totalmente o tecido de reforço e preencher os eventuais vazios subjacentes; eventual repetição das fases de aplicação do tecido e geoargamassa em todas as camadas posteriores de reforço previstas no projecto; no caso de reforço em "U", prever a fixação das extremidades dos tecidos no interior da laje, fixadas com adesivo mineral epoxídico (a contabilizar à parte).

Inclui-se: o fornecimento e a aplicação em obra de todos os materiais acima descritos e tudo o que seja necessário para concluir o trabalho. Exclui-se: a eventual reabilitação das zonas degradadas e reparação do substrato; a ancoragem; os ensaios de aceitação do material; os inquéritos pré e pós-intervenção; todos os meios auxiliares necessários para a execução dos trabalhos.

O preço é à unidade de superfície de reforço efectivamente aplicado em obra, incluindo as sobreposições.

1 —  
Arredondamento das arestas da viga.



2 —  
Preparação das superfícies de suporte.



3 —  
Dobragem do tecido em fibra de aço GEOSTEEL.



4 —  
Aplicação da primeira demão de GEOLITE.



5 —  
Instalação do tecido em fibra de aço GEOSTEEL.

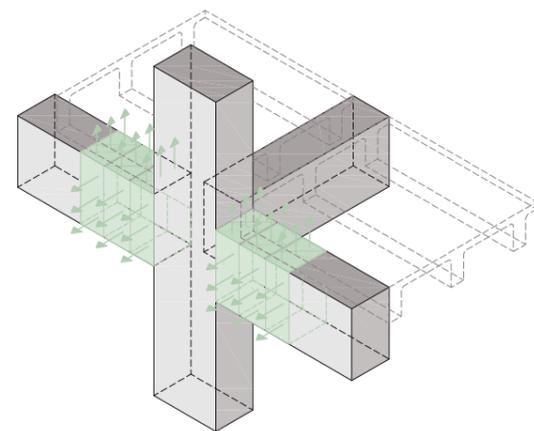
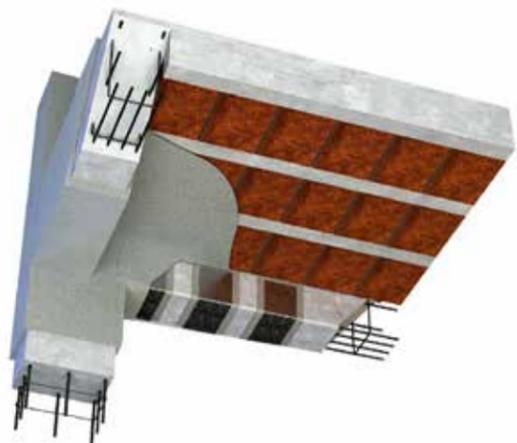


6 —  
Aplicação da segunda demão de GEOLITE.



# 14

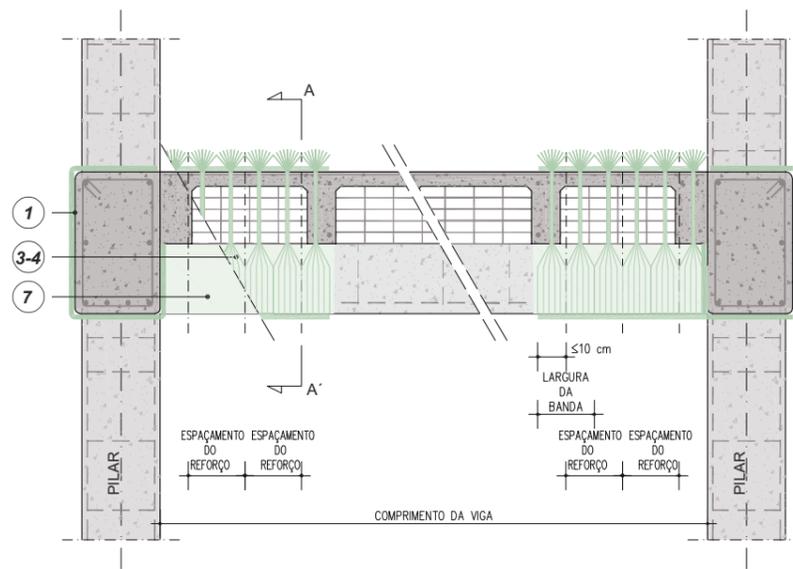
REFORÇO AO CORTE DE VIGAS ATRAVÉS DO REFORÇO EXTERIOR COM TECIDOS EM FIBRA DE AÇO GALVANIZADO E GEOARGAMASSA MINERAL ESTRUTURAL TIXOTRÓPICA



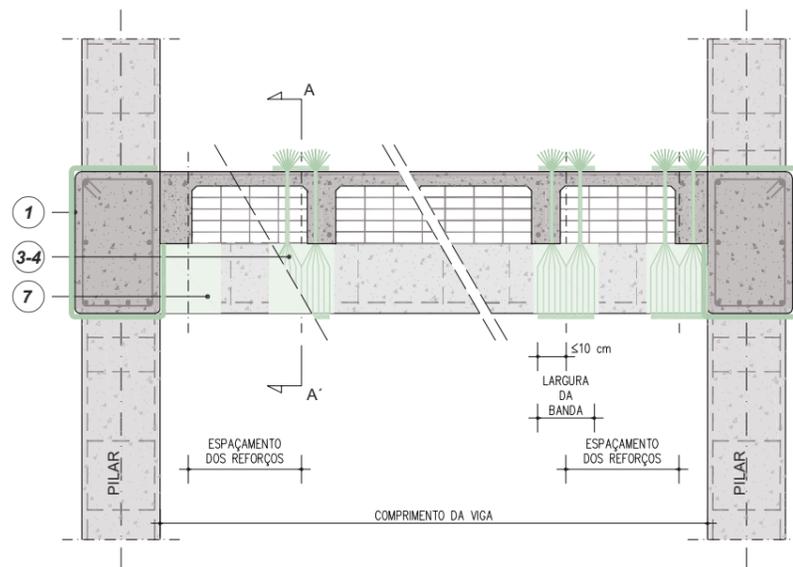
VISTA AXONOMÉTRICA REFORÇO AO CORTE DE VIGAS

NOTA

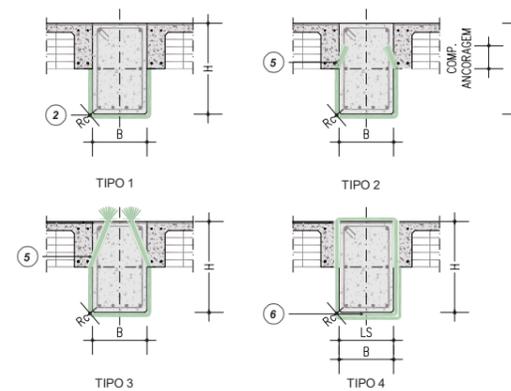
A norma CNR-DT 215/2018, no parágrafo 5 sublinha que a resistência média à compressão do betão não deve ser inferior a 15 N/mm<sup>2</sup> no caso de reforço por aderência.



DETALHE REFORÇO AO CORTE DE VIGAS ATRAVÉS DO REFORÇO CONTÍNUO



DETALHE REFORÇO AO CORTE DE VIGAS ATRAVÉS DO REFORÇO DESCONTÍNUO



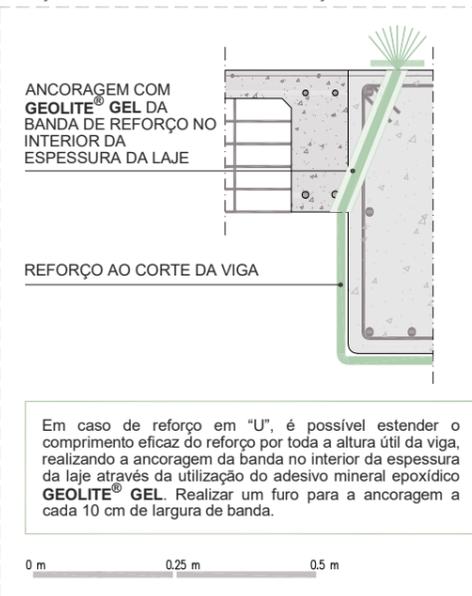
SECÇÃO A-A' POSICIONAMENTO DO REFORÇO AO CORTE

0 m 0,25 m 0,5 m 1 m

As soluções TIPO 1 e TIPO 2 são apenas adequadas no caso em que seja possível ancorar o tecido na zona comprimida. Quando as fibras tensionadas estão no extradorso, é aconselhável adoptar as soluções TIPO 3 ou TIPO 4.

Para a ancoragem das extremidades das bandas através de desfibrilhamento, deve-se considerar uma largura máxima de 100 mm de banda para cada furo realizado. A ancoragem do tecido desfibrilhado será realizada com **GEOLITE® GEL**. Para o TIPO 4, em secções consecutivas, aconselha-se a inverter a posição do comprimento de sobreposição para otimizar a ancoragem do sistema de reforço.

SOLUÇÕES DE ANCORAGEM PARA REFORÇO AO CORTE EM "U"



Em caso de reforço em "U", é possível estender o comprimento eficaz do reforço por toda a altura útil da viga, realizando a ancoragem da banda no interior da espessura da laje através da utilização do adesivo mineral epoxídico **GEOLITE® GEL**. Realizar um furo para a ancoragem a cada 10 cm de largura de banda.

EM CASO DE SUPORTES NÃO DEGRADADOS, TORNAR ÁSPERA A SUPERFÍCIE, LIMPEZA E REMOÇÃO DE PÓ E ÓLEOS QUE POSSAM COMPROMETER A ADERÊNCIA DO SISTEMA, ATRAVÉS DE AR COMPRIMIDO OU JACTO DE ÁGUA. EM CASO DE SUPORTE EVIDENTEMENTE DEGRADADO, IRREGULARES OU DANIFICADO POR AÇÕES AGRESSIVAS: REMOÇÃO EM PROFUNDIDADE DO BETÃO DEGRADADO ATRAVÉS DE SANEAMENTO MECÂNICO OU HIDRODEMOLIÇÃO, TENDO O CUIDADO DE TORNAR ÁSPERO O SUBSTRATO COM RUGOSIDADE DE PELO MENOS 5 mm; REMOÇÃO DA OXIDAÇÃO DOS VARÕES DA ARMADURA ATRAVÉS DE ESCOVAGEM (MANUAL OU MECÂNICA) OU JACTO DE AREIA; RECONSTRUÇÃO MONOLÍTICA OU BARRAMENTO DA SECÇÃO COM A GEOARGAMASSA TIXOTRÓPICA **GEOLITE®**

- 1 PREPARAR O SUPORTE COM RUGOSIDADE DE PELO MENOS 5 mm E ARREDONDAR AS ARESTAS COM UM RAIO DE CURVATURA MÍNIMO DE 20 mm
- 2

Nos casos em que o sistema FRM deva ser aplicado contornando arestas, estas devem ser devidamente arredondadas e o raio de curvatura deve ser de pelo menos de 20 mm. Esse arredondamento pode não ser necessário para redes de aço, de acordo com declaração do fabricante, sempre que tenham sido realizados ensaios específicos de laboratório. Será indicada no manual de instalação a ferramenta de dobragem que deve ser utilizada. (CNR - DT 215/2018 §6)

- 3 APLICAÇÃO DE UMA PRIMEIRA DEMÃO DE **GEOLITE®**, GARANTINDO SOBRE O SUPORTE UMA QUANTIDADE DE MATERIAL SUFICIENTE (ESPESSURA MÉDIA 3-5 mm) PARA APLICAR E EMBEBER O TECIDO DE REFORÇO. NO CASO DE CAMADAS POSTERIORES À PRIMEIRA, PROCEDER À APLICAÇÃO DA SEGUNDA CAMADA DE FIBRA SOBRE A CAMADA DE MATRIZ AINDA FRESCA

- 4 APLICAÇÃO SOBRE A MATRIZ AINDA FRESCA DO TECIDO EM FIBRA DE AÇO GALVANIZADO **GEOSTEEL G600/G1200** (PRÉ-MOLDADO EM FUNÇÃO DA GEOMETRIA DO ELEMENTO ESTRUTURAL ATRAVÉS DA UTILIZAÇÃO DA **PIEGATRICE GEOSTEEL**), GARANTINDO O EMBEBIMENTO PERFEITO DA BANDA NA CAMADA DE MATRIZ

- 5 ANCORAGEM DAS EXTREMIDADES ATRAVÉS DE DESFIBRILHAMENTO PASSANTE OU NO FURO OCULTO

- 6 APLICAÇÃO DO TECIDO COM UM COMPRIMENTO DE SOBREPOSIÇÃO L<sub>s</sub> DE MODO A GARANTIR O FUNCIONAMENTO CORRECTO DO SUPORTE

- 7 BARRAMENTO FINAL PROTECTOR COM **GEOLITE®** NUMA ESPESSURA TOTAL DE 5-8 mm, PARA ENGBOLAR TOTALMENTE O REFORÇO E FECHAR EVENTUAIS VAZIOS SUBJACENTES, ACTUANDO FRESCO SOBRE FRESCO

Quando o sistema de reforço é instalado em ambientes particularmente agressivos ou, de qualquer modo, se queira garantir uma protecção adicional para além da já fornecida pela geoargamassa, aconselha-se a aplicação final da geotinta **GEOLITE® MICROSILICATO** ou da tinta elastomérica **KERAKOVER ACRILEX FLEX**, a aplicar, se possível, também nas zonas não reforçadas. Se as obras estão em contacto permanente ou ocasional com substâncias líquidas, aconselha-se a contactar o departamento técnico da Kerakoll para preparar o sistema de protecção mais adequado.

QUADRO NORMATIVO

**Reforço ao corte de vigas e pilares**

O reforço ao corte é realizado aplicando faixas de tecido na superfície do elemento do qual se queira aumentar a resistência. O reforço pode ser contínuo, aplicando cada faixa de tecido de modo adjacente à precedente, ou descontínuo, intervalando com espaços entre as faixas sucessivas de reforço. O reforço pode ainda ser realizado envolvendo completamente a secção ou com uma configuração em "U", eventualmente utilizando conectores. (CNR - DT 215/2018 §2.2.2.2)

**Reforço e encamisamento com materiais compósitos**

O uso de materiais compósitos (ou outros materiais resistentes à tracção), no reforço sísmico de elementos de betão armado, tem como fim conseguir os seguintes objectivos:

- aumento da resistência ao corte de pilares, vigas, nós viga-pilar e paredes através de aplicação de bandas com as fibras dispostas segundo a direcção dos estribos;
- aumento da resistência nas partes finais de vigas e pilares através da aplicação de bandas com as fibras dispostas segundo a direcção dos varões longitudinais e devidamente ancorados, para que se garanta a eficácia da ancoragem ao longo do tempo;
- aumento da ductilidade dos elementos unidimensionais, por efeito da acção de confinamento passivo exercida pelas bandas com as fibras dispostas segundo a direcção dos estribos.

Para as verificações de segurança dos elementos reforçados com materiais compósitos, podem-se adoptar documentos de validade comprovada. (Circular 21 de Janeiro de 2019, n.º 7 - Instruções para a aplicação da Actualização das "Normas técnicas para a construção" segundo o decreto italiano de 17 de Janeiro de 2018 §C8.7.4.2.3)

## 15

## Reforço ao corte de vigas através do reforço exterior com tecidos em fibra de aço galvanizado e adesivo epoxídico



### PRESCRIÇÃO

1. Preparação dos suportes. Preparar e reabilitar os suportes, seguindo as indicações e prescrições da Direcção de Obra. Em caso de suportes não degradados, tornar a superfície áspera, garantindo uma rugosidade de pelo menos 0,5 mm, igual ao grau 5 do "Kit de verificação da preparação dos suportes". Limpar e remover pó e óleos que possam comprometer a aderência do sistema através de ar comprimido. Em caso de suportes evidentemente degradados, irregulares ou danificados por acções agressivas, remover em profundidade o eventual betão degradado através de saneamento mecânico ou hidrodemolição, tendo o cuidado de tornar o substrato áspero com rugosidade de pelo menos 5 mm, igual ao grau 8 do "Kit de verificação da preparação dos suportes"; remover a eventual oxidação dos varões de armadura, que devem ser limpos através de escovagem (manual ou mecânica) ou jacto de areia; realizar a eventual reconstrução monolítica ou barramento da secção através da geoargamassa tixotrópica GEOLITE. Concluir a preparação do suporte através do arredondamento das arestas com raio de curvatura mínimo de 20 mm.
2. Aplicação do sistema de reforço. Realizar o sistema de reforço estrutural em fibra de aço Steel Reinforced Polymer (combinação de fibra de aço e adesivo mineral epoxídico), efectuando reforços exteriores em "U" ou com envolvimento completo (que, de qualquer modo, deverão ser projectadas pelo projectista) com a eventual regularização prévia do suporte com GEOLITE. Após a cura dos tratamentos prévios descritos, aplicar uma primeira demão do adesivo mineral epoxídico GEOLITE GEL, garantindo sobre o suporte uma quantidade de material suficiente (espessura média 2 - 3 mm) para aplicar e embeber o tecido de reforço. Posteriormente, aplicar, sobre a matriz ainda fresca, o tecido em fibra de aço GEOSTEEL (pré-moldado em função da geometria do elemento estrutural através da utilização da PIEGATRICE GEOSTEEL), garantindo o embebimento perfeito da banda na camada de matriz, exercendo uma pressão enérgica com a espátula ou o rolo em aço e tendo o cuidado que a mesma saia por entre os cabos, garantindo assim uma óptima aderência entre a primeira e segunda camada de matriz. Concluir a aplicação com o barramento final protector, aplicando a quantidade de adesivo necessária (espessura total do reforço 3 - 4 mm) para a cobertura total do tecido em aço, trabalhando fresco sobre fresco. Em caso de camadas posteriores à primeira, deve-se proceder com a aplicação da segunda camada de fibra sobre a camada de matriz ainda fresca. No caso em que o sistema aplicado deva ser rebocado ou revestido com barramento, aconselha-se a utilização de GEOCALCE MULTIUSO ou RASOBUILD ECO TOP, tendo o cuidado de polvilhar, com a resina ainda fresca, QUARZO 5.12 ou areia seca com granulometria adequada para facilitar a aderência. Em caso de reforço em "U", é possível estender o comprimento eficaz do reforço por toda a altura útil da viga, realizando a fixação da banda no interior da espessura da laje através da utilização do adesivo mineral epoxídico GEOLITE GEL.
3. Protecção e Decoração. Se o sistema de reforço for instalado em ambientes particularmente agressivos, ou de qualquer modo se queira garantir uma protecção adicional à já fornecida pela matriz, aconselha-se a aplicação final da tinta elastomérica KERAKOVER ACRILEX FLEX, a aplicar, possivelmente, também nas zonas não reforçadas. Se as obras estiverem em contacto permanente ou ocasional com substâncias líquidas, aconselha-se a contactar o gabinete técnico da Kerakoll para preparar o sistema de protecção mais adequado.

### ADVERTÊNCIAS

O Geosteel é fornecido em 4 gramagens distintas em função das exigências de cálculo:

- GEOSTEEL G600 (gramagem: 670 g/m<sup>2</sup>; n.º de cabos por cm = 1,57; espessura equivalente da banda = 0,084 mm)
- GEOSTEEL G1200 (gramagem: 1200 g/m<sup>2</sup>; n.º de cabos por cm = 3,14; espessura equivalente da banda = 0,169 mm)
- GEOSTEEL G2000 (gramagem: 2000 g/m<sup>2</sup>; n.º de cabos por cm = 4,72; espessura equivalente da banda = 0,254 mm)
- GEOSTEEL G3300 (gramagem: 3300 g/m<sup>2</sup>; n.º de cabos por cm = 7,09; espessura equivalente da banda = 0,381 mm).

Antes de efectuar a intervenção, verificar se a classe de resistência do betão do suporte é adequada.

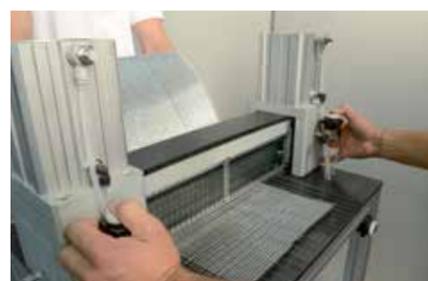
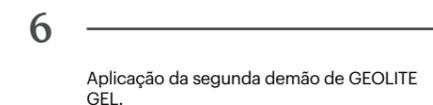
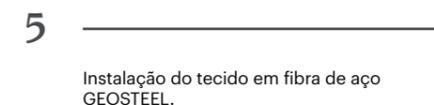
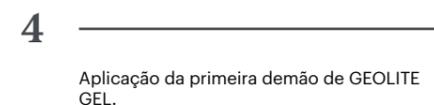
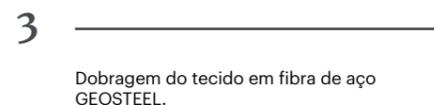
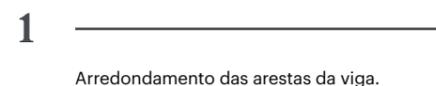
### ESPECIFICAÇÃO

Reforço ao corte de vigas em betão armado com reforço exterior em "U" ou com envolvimento completo da viga, através da utilização de sistema composto de matriz inorgânica SRP (Steel Reinforced Polymer), provido de Marcação CE através de Avaliação Técnica Europeia (ETA) segundo o art.º 26 do Regulamento UE n.º 305/2011, realizado com tecido unidireccional em fibra de aço galvanizado com resistência muito elevada (pré-moldado em função da geometria do elemento estrutural mediante utilização de máquina de dobrar adequada certificada), formado por microcabos de aço produzidos segundo a norma ISO 16120-1/4 2017 fixados sobre uma microrrede em fibra de vidro, com peso líquido da fibra de cerca de 3300 g/m<sup>2</sup> - tipo GEOSTEEL G3300 da Kerakoll - características técnicas certificadas da banda: resistência à tracção valor característico > 3000 MPa; módulo de elasticidade > 190 GPa; deformação final à rotura > 1,5%; área efectiva de um cabo 3x2 (5 fios) = 0,538 mm<sup>2</sup>; n.º cabos por cm = 7,09 com envolvimento dos fios com elevado ângulo de torção em conformidade com a norma ISO/DIS 17832; espessura equivalente da banda = 0,381 mm, impregnada com sistema epoxídico bicomponente em gel tixotrópico, em conformidade com os requisitos de desempenho exigidos pela norma EN 1504-4 para a colagem de elementos estruturais e pela norma EN 1504-6 para a ancoragem de varões. Adequado como matriz orgânica mineral em combinação com tecidos de aço galvanizado Geosteel, nos sistemas certificados de reforço estrutural, melhoria e adaptação sísmica, sem a necessidade de utilização de primário de aderência, isento de solventes, com emissões muito baixas de substâncias orgânicas voláteis, - tipo GEOLITE GEL da Kerakoll - características técnicas certificadas: Euroclasse de reacção ao fogo C-s2,d0 (EN 13501-1); emissão de substâncias orgânicas voláteis EC1 Plus certificado GEV-Emicode; temperatura de transição vítrea +60 °C (EN 12614); resistência ao corte > 20 MPa (EN 12188); retracção linear < 0,005% (EN 12617-1); módulo de elasticidade à flexão > 2500 MPa (EN ISO 178).

A intervenção desenvolve-se nas seguintes fases: eventual tratamento de reparação das superfícies degradadas, danificadas, incoerentes ou irregulares, tornar a superfície áspera garantindo uma rugosidade de pelo menos 0,5 mm e arredondamento das arestas com raio de curvatura de pelo menos 20 mm; dobragem do tecido em fibra de aço galvanizado de resistência muito alta, em função da geometria do elemento estrutural através da utilização de máquina de dobrar adequada certificada; aplicação de uma primeira camada com espessura de cerca de 2 - 3 mm, de adesivo mineral epoxídico; com o adesivo ainda fresco, proceder à aplicação do tecido em fibra de aço galvanizado com resistência muito elevada, tendo o cuidado de garantir um embebimento completo do tecido e evitar a formação de eventuais vazios ou bolhas de ar que possam comprometer a aderência do tecido à matriz ou ao suporte; execução da segunda camada de matriz, até à cobertura completa do tecido de reforço numa espessura total de reforço de 3 - 4 mm; eventual repetição das fases de aplicação do tecido e adesivo em todas as camadas posteriores de reforço previstas no projecto; no caso de reforço em "U", prever a fixação das extremidades dos tecidos no interior da laje, fixadas com adesivo mineral epoxídico (a contabilizar à parte).

Inclui-se: o fornecimento e a aplicação em obra de todos os materiais acima descritos e tudo o que seja necessário para concluir o trabalho. Exclui-se: a eventual reabilitação das zonas degradadas e reparação do substrato; a ancoragem; os ensaios de aceitação do material; os inquéritos pré e pós-intervenção; todos os meios auxiliares necessários para a execução dos trabalhos.

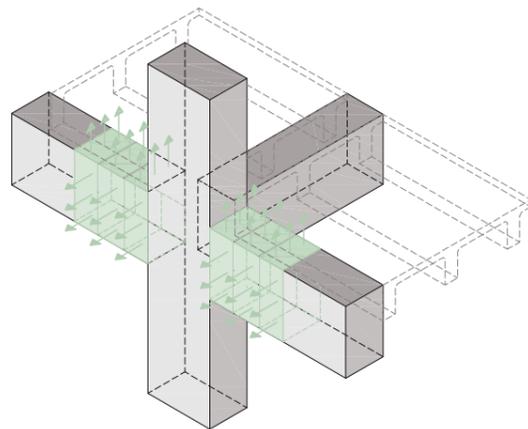
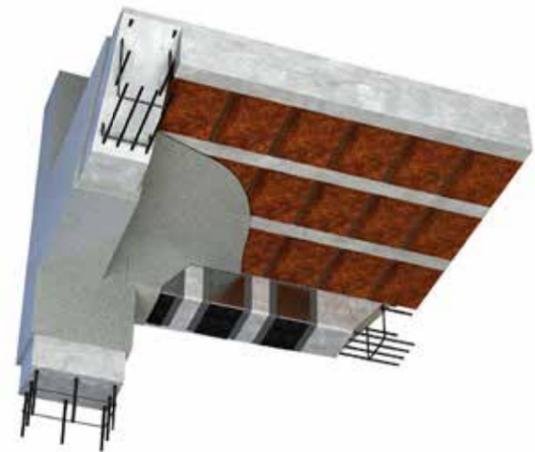
O preço é à unidade de superfície de reforço efectivamente aplicado em obra, incluindo as sobreposições.



# 15

REFORÇO AO CORTE DE VIGAS ATRAVÉS DO REFORÇO EXTERIOR COM TECIDOS EM FIBRA DE AÇO GALVANIZADO E ADESIVO EPOXÍDICO

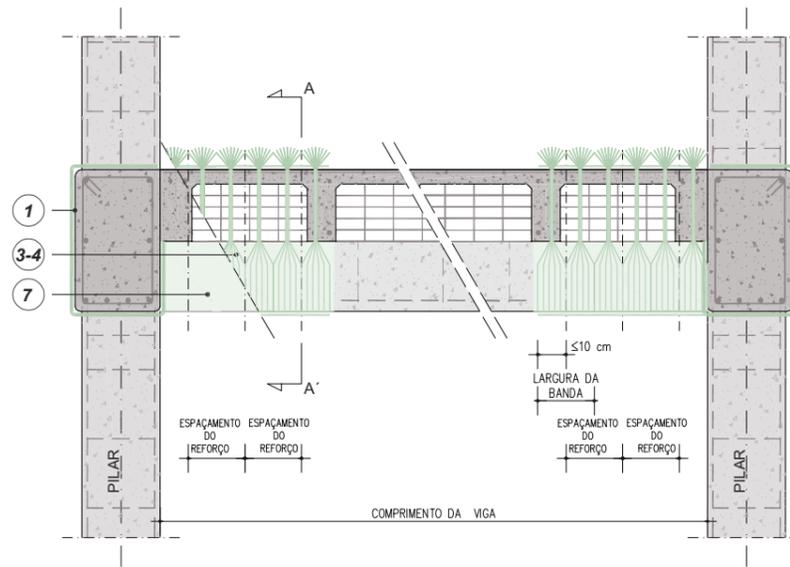
Geoforce one  
Software



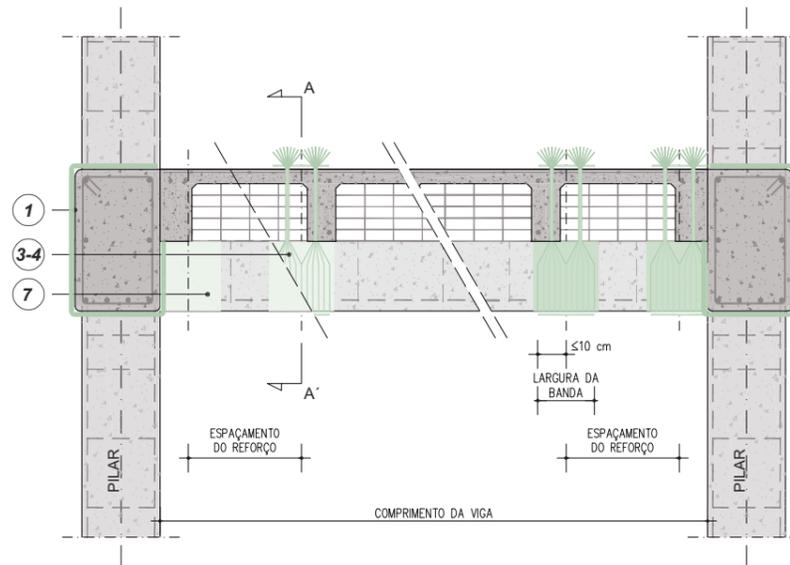
VISTA AXONOMÉTRICA  
REFORÇO AO CORTE DE VIGAS

## NOTA

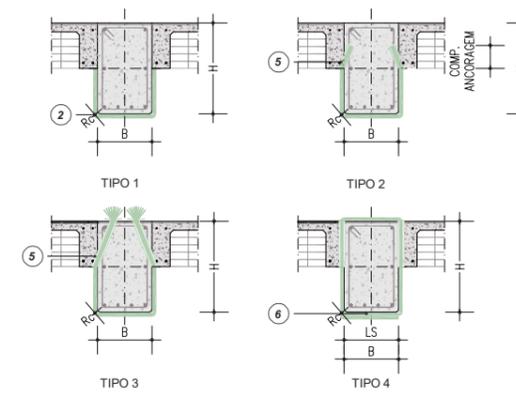
A norma CNR-DT 200 R1/2013, no parágrafo 4.8.1.1, sublinha que a resistência média à compressão do betão não deve ser inferior a 15 N/mm<sup>2</sup> no caso de reforço por aderência.



DETALHE  
REFORÇO AO CORTE DE VIGAS ATRAVÉS DO REFORÇO CONTÍNUO



DETALHE  
REFORÇO AO CORTE DE VIGAS ATRAVÉS DO REFORÇO DESCONTÍNUO

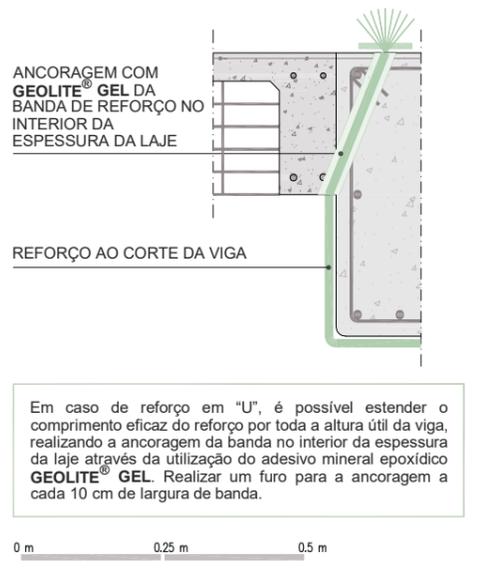


SECÇÃO A-A'  
POSICIONAMENTO DO REFORÇO AO CORTE

0 m 0.25 m 0.5 m 1 m

As soluções TIPO 1 e TIPO 2 são apenas adequadas no caso em que seja possível ancorar o tecido na zona comprimida. Quando as fibras tensionadas estão no extradorso, é aconselhável adoptar as soluções TIPO 3 ou TIPO 4.  
Para a ancoragem das extremidades das bandas através de desfibrilhamento, deve-se considerar uma largura máxima de 100 mm de banda para cada furo realizado. A ancoragem do tecido desfibrilhado será realizada com **GEOLITE® GEL**.  
Para o TIPO 4, em secções consecutivas, aconselha-se a inverter a posição do comprimento de sobreposição para otimizar a ancoragem do sistema de reforço.

## SOLUÇÕES DE ANCORAGEM PARA REFORÇO AO CORTE EM "U"



Em caso de reforço em "U", é possível estender o comprimento eficaz do reforço por toda a altura útil da viga, realizando a ancoragem da banda no interior da espessura da laje através da utilização do adesivo mineral epoxídico **GEOLITE® GEL**. Realizar um furo para a ancoragem a cada 10 cm de largura de banda.

1 CRIAR RUGOSIDADE NA SUPERFÍCIE, LIMPAR E REMOVER O PÓ E ÓLEOS QUE POSSAM COMPROMETER A ADERÊNCIA DO SISTEMA, ATRAVÉS DE AR COMPRIMIDO OU JACTO DE ÁGUA. EM CASO DE SUPORTE DEGRADADO: REMOÇÃO DO BETÃO DEGRADADO ATRAVÉS DE SANEAMENTO MECÂNICO OU HIDRODEMOLIÇÃO, TENDO O CUIDADO DE TORNAR ASPERO O SUBSTRATO COM RUGOSIDADE DE PELO MENOS 0,5 mm; REMOÇÃO DA OXIDAÇÃO DOS VARÕES DA ARMADURA ATRAVÉS DE ESCOVAGEM (MANUAL OU MECÂNICA) OU JACTO DE AREIA; RECONSTRUÇÃO MONOLÍTICA OU BARRAMENTO DA SECÇÃO ATRAVÉS DA GEOARGAMASSA **GEOLITE®**

7 Após a comprovação da qualidade do suporte e ter procedido à reparação eventual do betão degradado e o tratamento dos varões metálicos, pode ser adequado recorrer a uma passagem com jacto de areia adicional sobre a superfície envolvida no reforço.  
[...] Caso se trabalhe sobre uma superfície de betão que não necessite de reparação, mas que seja de qualidade insuficiente, deve-se avaliar a possibilidade de aplicar sobre a mesma um consolidante.  
[...] Em geral, é necessário verificar que sobre a superfície de aplicação do reforço não estejam presentes poeiras, gorduras, hidrocarbonetos e/ou tensoactivos.  
(CNR - DT 200 R1/2013 § 4.8.1.3\*)

2 PREPARAR O SUPORTE COM RUGOSIDADE DE PELO MENOS 0,5 mm E ARREDONDAR AS ARESTAS COM UM RAIO DE CURVATURA MÍNIMO DE 20 mm

2 Nas intervenções de reforço ao corte, torsão e confinamento, deve-se proceder a um arredondamento prévio das arestas dos elementos reforçados, com o fim de evitar concentrações de tensões localizadas na correspondência das mesmas, que poderiam provocar uma rotura prematura dos compósitos. O raio de curvatura do arredondamento deve ser pelo menos igual a 20 mm. (CNR - DT 200 R1/2013 § 4.8.2.2)

3 APLICAR UMA PRIMEIRA DEMÃO DE ADESIVO MINERAL EPOXÍDICO **GEOLITE® GEL**, GARANTINDO SOBRE O SUPORTE UMA QUANTIDADE DE MATERIAL SUFICIENTE (ESPESSURA MÉDIA 2-3 mm) PARA APLICAR E EMBEBER O TECIDO DE REFORÇO. SE ESTÁ PREVISTO UM EVENTUAL TRATAMENTO PRÉVIO, AGUARDAR A CURA DESSE TRATAMENTO ANTES DE APLICAR A PRIMEIRA DEMÃO DE ADESIVO EPOXÍDICO. NO CASO DE CAMADAS POSTERIORES À PRIMEIRA, PROCEDER À APLICAÇÃO DA SEGUNDA CAMADA DE FIBRA SOBRE A CAMADA DE MATRIZ AINDA FRESCA

3 APLICAR SOBRE A MATRIZ FRESCA O TECIDO EM FIBRA DE AÇO GALVANIZADO **GEOSTEEL G600/G1200/G2000/G3300** (PRÉ-MOLDADO EM FUNÇÃO DA GEOMETRIA DO ELEMENTO ESTRUTURAL COM UTILIZAÇÃO DA PIEGATRICE **GEOSTEEL**), GARANTINDO O EMBEBIMENTO PERFEITO DA BANDA NA CAMADA DE MATRIZ

4 No caso de sistemas de reforço em "U" sobre secções rectangulares ou em T, é possível melhorar as condições de ligação das extremidades livres dos compósitos (não envolvidos completamente em torno dos ângulos das secções), por exemplo aplicando varões, lâminas ou faixas de FRP. Nessa eventualidade, se for demonstrada a eficácia da ligação oferecido pelos dispositivos referidos acima, o comportamento do sistema de reforço em "U" pode ser considerado equivalente ao do reforço por envolvimento.  
(CNR - DT 200 R1/2013 § 4.3.2)

5 ANCORAGEM DAS EXTREMIDADES ATRAVÉS DE DESFIBRILHAMENTO PASSANTE OU NO FURO OCULTO

6 APLICAÇÃO DO TECIDO COM UM COMPRIMENTO DE SOBREPOSIÇÃO L<sub>s</sub> DE MODO A GARANTIR O FUNCIONAMENTO CORRECTO DO REFORÇO

7 BARRAMENTO FINAL PROTECTOR COM **GEOLITE® GEL** NUMA ESPESSURA TOTAL DO SISTEMA IGUAL A 3-4 mm, PARA A COBERTURA TOTAL DO TECIDO EM AÇO, APLICAR FRESCO SOBRE FRESCO. ANTES DO EVENTUAL REBOCO, RECOMENDA-SE O BARRAMENTO COM **GEOCALCE® MULTIUSO** OU **RASOBUILD® ECO TOP** POLVILHADO COM **QUARZO 5.12** OU AREIA SECA DE GRANULOMETRIA ADEQUADA SOBRE O SISTEMA EPOXÍDICO AINDA FRESCO

7 Quando o sistema de reforço é instalado em ambientes particularmente agressivos ou, de qualquer modo, se queira garantir uma protecção adicional para além da já fornecida pela georgamassa, aconselha-se a aplicação final da tinta elastomérica **KERAKOVER ACRILEX FLEX**, a aplicar, se possível, também nas zonas não reforçadas. Se as obras estão em contacto permanente ou ocasional com substâncias líquidas, aconselha-se a contactar o departamento técnico da Kerakoll para preparar o sistema de protecção mais adequado.

## QUADRO NORMATIVO

O reforço ao corte torna-se necessário no caso de elementos estruturais para os quais o esforço de corte de cálculo, eventualmente avaliado com critérios da hierarquia das resistências, seja superior à correspondente resistência de cálculo. Esta última deve ser determinada considerando os contributos do betão e da eventual armadura transversal metálica presente.  
(CNR - DT 200 R1/2013 § 4.3.1.)

O reforço ao corte com materiais compósitos é realizado aplicando em aderência sobre a superfície externa do elemento a reforçar (Figura 4-7) elementos uni ou bidimensionais de compósito (comumente tecidos), constituídos por uma ou mais camadas de material. No caso de aplicações de elementos unidimensionais, as bandas de compósito podem ser aplicadas de modo adjacente entre elas, ou de modo descontínuo. Elementos distintivos do sistema de reforço são: a geometria (espessura, largura, passo) das bandas de compósito aderentes ao elemento reforçado e o ângulo de inclinação das fibras em relação ao eixo longitudinal deste último. A disposição do sistema de reforço em torno da secção pode ser feita nos seguintes modos: em "U" ou por envolvimento (Figura 4-8).  
(CNR - DT 200 R1/2013 § 4.3.2)

## Reforço e encamisamento com materiais compósitos

O uso de materiais compósitos (ou outros materiais resistentes à tracção), no reforço sísmico de elementos de betão armado, tem como fim conseguir os seguintes objectivos:

- aumento da resistência ao corte de pilares, vigas, nós viga-pilar e paredes através de aplicação de bandas com as fibras dispostas segundo a direcção dos estribos;
- aumento da resistência nas partes finais de vigas e pilares através da aplicação de bandas com as fibras dispostas segundo a direcção dos varões longitudinais e devidamente ancorados, para que se garanta a eficácia da ancoragem ao longo do tempo;
- aumento da ductilidade dos elementos unidimensionais, por efeito da acção de confinamento passivo exercida pelas bandas com as fibras dispostas segundo a direcção dos estribos. Para as verificações de segurança dos elementos reforçados com materiais compósitos, podem-se adoptar documentos de validade comprovada.

(Circular 21 de Janeiro de 2019, n.º 7 - Instruções para a aplicação da Actualização das "Normas técnicas para a construção" segundo o decreto italiano de 17 de Janeiro de 2018 §C8.7.4.2.3)

\* Para a limpeza do suporte, faz-se referência a normas de validade comprovada

**kerakoll**



[kerakoll.com](http://kerakoll.com)