



REFERÊNCIAS TÉCNICAS

Manual Técnico e Executivo de Manutenção e Recuperação do Pavimento Urbano de Concreto (PUC) Reforçado com Macrofibras

Apoio:





MANUAL TÉCNICO E EXECUTIVO DE MANUTENÇÃO E RECUPERAÇÃO DO PAVIMENTO URBANO DE CONCRETO (PUC) - REFORÇADO COM MACROFIBRAS

**Transformando o Urbanismo com Inovação e
Sustentabilidade**

Coordenador: MSc Engº Álvaro Sérgio Barbosa Júnior

Colaboradores: MSc Engº Eduardo Guida Tartuce

Especialista Gabriel Pinheiro

Engª Vitória Alves Cabral

Sumário

1. OBJETIVO.....	3
2. REFERÊNCIAS NORMATIVAS	3
3. DEFINIÇÕES E ESPECIFICAÇÃO DE MACROFIBRAS E DEFEITOS	3
3.1. Definição e Tipologia de Defeitos	3
3.1.1. esborcinamento de junta:	3
3.1.2. fissura estrutural:	3
3.2. Diretrizes Tecnológicas do Concreto Reforçado com Fibras (CRF) ..	4
4. AVALIAÇÃO DA CONDIÇÃO E ÍNDICE DE CONDIÇÃO DO PAVIMENTO (ICP-PUC).....	4
4.1. Amostragem e Inspeção em Vias Urbanas	4
4.2. Metodologia de Cálculo do ICP-PUC.....	5
4.3. Matriz de Decisão Operacional.....	5
5. PROCEDIMENTOS EXECUTIVOS DE MANUTENÇÃO E REPARO	6
5.1. Procedimento A: Tratamento e Injeção de Fissuras Estabilizadas. ..	6
5.1.1. Fissuras Passivas (Abertura $\leq$ 0,5 mm)	6
5.1.2. Fissuras de Grande Abertura ($>$ 0,5 mm a 1,5 mm)	6
5.2. Procedimento B: Reparo de Profundidade Parcial com Argamassa/Microconcreto Fibrorreforçado.....	6
5.3. Procedimento C: Reconstrução Total de Placas em Concreto com Macrofibras (CRF).	7
6. PADRONIZAÇÃO PARA INTERVENÇÕES DE CONCESSIONÁRIAS DE SERVIÇOS PÚBLICOS	8
6.1. Geometria da Escavação	8
6.2. Recomposição com Concreto Reforçado com Macrofibras.	8
7. ANEXOS:	9
7.1. Fluxo Cronológico Executivo do PUC:	9
7.2. Fluxo Cronológico Executivo de Recomposição de Placa / Vala: ...	10

1. OBJETIVO

Esta Norma/Manual estabelece as diretrizes técnicas, critérios de avaliação e procedimentos executivos padronizados para as atividades de conservação, reparo e reabilitação de Pavimentos Urbanos de Concreto (PUC), incorporando a tecnologia do Concreto Reforçado com Macrofibras Estruturais (CRF) para garantia de ductilidade, controle tridimensional de fissuração e tenacidade estrutural.

2. REFERÊNCIAS NORMATIVAS

Os documentos relacionados a seguir contêm disposições que constituem prescrições para este Manual:

- ABNT PR 1011: Projeto de Pavimento Urbano de Concreto
- ABNT NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento.
- ABNT NBR 12655: Concreto de cimento Portland - Preparo, controle, recebimento e aceitação - Procedimento.
- ABNT NBR 16935: Concreto reforçado com fibras - Projeto e controle.
- ABNT NBR 15530: Fibras de aço para concreto - Especificação.
- ABNT NBR 16940: Concreto reforçado com fibras - Determinação das resistências à tração na flexão (limite de proporcionalidade e resistências residuais).
- DNIT 060/2004-TER: Pavimento rígido - Defeitos - Terminologia.
- DNIT 062/2004-PRO: Pavimento rígido - Avaliação da condição - Procedimento.

3. DEFINIÇÕES E ESPECIFICAÇÃO DE MACROFIBRAS E DEFEITOS

3.1. Definição e Tipologia de Defeitos

3.1.1. esborcinamento de junta:

quebra ou esfacelamento das bordas das placas, situado a uma distância de até 0,50 m das juntas.

3.1.2. fissura estrutural:

descontinuidade no concreto decorrente de tensões de tração. No Concreto Reforçado com Macrofibras, as fissuras mantêm abertura controlada devido ao efeito de costura (*bridging effect*) provocado pelas fibras.

3.2. Diretrizes Tecnológicas do Concreto Reforçado com Fibras (CRF)

O concreto para recomposição e execução do PUC deve ser dosado conforme os parâmetros fixados na Tabela 1, atendendo rigorosamente à resistência à tração na flexão $f_{ctm,k} \geq 4,2$ MPa aos 28 dias e à relação $a/c \leq 0,55$.

Tabela 1 — Especificação Tecnológica do Concreto Reforçado com Fibras (CRF)

Característica	Especificação
1 Resistência à tração na flexão	$f_{ctm, k} \geq 4,2$ MPa
2. Resistência à compressão – 28 dias (f_{ck})	$\geq 30,0$ MPa
3. Abatimento	100 a 120 mm(*)
4. Teor de argamassa	$49\% \leq a \leq 52\%$
5. Consumo de cimento	300 a 360 kg/m ³
6. Consumo de água	≤ 190 litros/m ³
7. Adição de Microfibra de polipropileno monofilamento (*)	(*) g/m ³
8. Adição de Macro fibra $Fr4 \geq 1,3$ mpa-k90%	3,0kg/m ³ a 4,5kg/m ³
9. Retração (8 semanas)	≤ 300 μ m/m
10. Teor de ar incorporado	$\leq 3\%$
11. Exsudação	$\leq 4\%$
12. Relação água / cimento	$\leq 0,55$
13. Aditivo compensador de retração:	≥ 8 kg/m ³

As macrofibras estruturais (sintéticas ou metálicas) devem garantir desempenho mecânico pós-fissuração com resistência residual à flexão $Fr4 \geq 1,3$ MPa ($K = 90\%$), comprovado via ensaio segundo a ABNT NBR 16940.

É obrigatório o uso de macrofibra estrutural para proporcionar tenacidade e controle da fissuração estrutural, em conjunto com aditivo compensador de retração, na dosagem mínima de 8,0 kg/m³.

A dosagem da macrofibra estrutural deverá ser determinada por estudo de dosagem e comprovada por ensaios realizados conforme a ABNT NBR 16940, de forma a atender às resistências residuais especificadas em projeto. A faixa de 3,0 a 4,5 kg/m³ poderá ser adotada apenas como referência inicial para o estudo de dosagem, não constituindo, por si só, critério de aceitação ou comprovação do desempenho estrutural.

4. AVALIAÇÃO DA CONDIÇÃO E ÍNDICE DE CONDIÇÃO DO PAVIMENTO (ICP-PUC)

4.1. Amostragem e Inspeção em Vias Urbanas

A unidade de amostra padronizada para meio urbano corresponde a 1

(uma) quadra ou a um segmento contínuo contendo no máximo 20 (vinte) placas.

Singularidades urbanas (caixas de inspeção, interseções e intervenções) devem ser registradas obrigatoriamente como Amostras Atípicas (Adicionais).

4.2. Metodologia de Cálculo do ICP-PUC

O Índice de Condição do Pavimento Urbano (ICP-PUC) varia de 0 a 100 e deve ser calculado segundo a Equação (1):

$$ICP_t = \frac{N - A}{N} \times ICP_1 + \frac{A}{N} \times ICP_2$$

Onde:

ICP_t: é o Índice de Condição do Pavimento Total do trecho;

ICP₁: é a média ponderada dos ICPs das amostras aleatórias normais;

ICP₂: é a média ponderada dos ICPs das amostras atípicas;

N: é o número total de amostras inspecionadas na via;

A: é o número de amostras atípicas inspecionadas.

4.3. Matriz de Decisão Operacional

A definição da intervenção deve seguir os intervalos constantes na Tabela 2.

Tabela 2 — Diretrizes de intervenção por classe de ICP

Intervalo do ICP	Conceito	Diretriz de Intervenção
85 a 100	Excelente	Manutenção Preventiva de Rotina
70 a 84	Bom	Selagem de juntas e microfissuras
55 a 69	Razoável	Reparos parciais (argamassa c/ fibra)
40 a 54	Ruim	Reparos de profundidade total (CRF)
0 a 39	Péssimo	Reconstrução Total / Overlay (CRF)

5. PROCEDIMENTOS EXECUTIVOS DE MANUTENÇÃO E REPARO

A seleção do método de reparo deverá ser precedida por inspeção visual, levantamento das aberturas, avaliação da atividade das fissuras (fissura passiva e sem perda de transferência de carga; fissura ativa, com variação de abertura; e fissura estrutural, com degrau, bombeamento, quebra de bordas ou perda de suporte), verificação da transferência de carga, identificação de vazios sob a placa e análise das condições da base e da sub-base.

5.1. Procedimento A: Tratamento e Injeção de Fissuras Estabilizadas.

Nota 1: Em concretos estruturais com macrofibras, fissuras com abertura $\leq 0,5$ mm costumam apresentar alta estabilidade estrutural devido ao engrenamento do agregado somado ao efeito de ancoragem das fibras.

5.1.1. Fissuras Passivas (Abertura $\leq 0,5$ mm)

- a) Limpar a superfície ao longo do traçado da fissura com jato de ar comprimido isento de óleo;
- b) Selar a fissura por gravidade mediante aplicação de resina epóxica ou metacrilato de baixa viscosidade (< 100 MPa.s) para evitar o ingresso de agentes agressivos.

5.1.2. Fissuras de Grande Abertura ($> 0,5$ mm a $1,5$ mm)

- a) Executar perfurações de diâmetro 12 mm ao longo da fissura (espaçamento de 300 mm a 500 mm);
- b) Limpar as perfurações, fixar bicos e estancar a face exposta da fissura com adesivo epóxico tixotrópico;
- c) Injetar resina epóxica sob pressão contínua controlada de 0,3 MPa até o preenchimento completo da cavidade e consolidação do plano da fissura.

5.2. Procedimento B: Reparo de Profundidade Parcial com Argamassa/Microconcreto Fibrorreforçado.

O Reparo de Profundidade Parcial é indicado para esborcinamento e danos no terço superior da espessura da placa ($h \leq H/3$).

A execução deve seguir a sequência cronológica:

- a) Delimitar a área em formato quadrado, estendendo o perímetro em 50 mm além do defeito;
- b) Executar corte perimetral com serra diamantada a uma profundidade de 20 mm;
- c) Escavar o concreto deteriorado com martelo leve (massa ≤ 10 kg) em ângulo de 45° até atingir concreto sã (profundidade mínima do cavado: 50 mm);
- d) Limpar a cavidade com jato de ar/água sob alta pressão;

- e) Recompôr a junta de dilatação com a inserção de placa rígida de isopor/isofoam, impedindo a colagem estrutural entre placas vizinhas.

5.3. Procedimento C: Reconstrução Total de Placas em Concreto com Macrofibras (CRF).

Indicado para placas destruídas ou com severo comprometimento estrutural.

O CRF poderá substituir telas destinadas ao controle de fissuração, desde que a equivalência estrutural e o desempenho pós-fissuração sejam comprovadas por dimensionamento e ensaios. A substituição não se aplica automaticamente às barras de transferência, barras de ligação ou armaduras destinadas a funções estruturais específicas.

Nota 2: barras de transferência (barras lisas, normalmente em juntas transversais, permitindo movimentação longitudinal); barras de ligação (barras nervuradas, utilizadas para manter placas ou faixas unidas); e barras de costura (utilizadas em situações específicas de reparo ou estabilização).

A execução deve obedecer aos seguintes critérios:

- a) Demolição e remoção do concreto da placa afetada com serra e martelo;
- b) Regularização e compactação do suporte da sub-base (CCR ou BGTC);
- c) Instalação obrigatória das barras de transferência de carga (aço liso CA-24/A36) nas bordas transversais ancoradas quimicamente, preservando o mecanismo de transferência de cortar/cisalhamento do pavimento;
- d) Posicionamento obrigatório de lona/filme plástico impermeabilizante sobre a sub-base para evitar a perda prematura da água de amassamento do concreto por sucção do suporte;
- e) Lançamento do Concreto Reforçado com Macrofibras (CRF):
 - Dosagem das fibras e aditivos conforme especificados na Tabela 1;
 - Uso de aditivos superplastificantes para manter a trabalhabilidade e o abatimento (slump entre 100 mm e 120 mm) sem adição extra de água (mantendo $a/c \leq 0,55$ água $\leq 170 \text{ l/m}^3$);
 - Garantia da homogeneidade do lote de concreto no caminhão betoneira (mistura em alta rotação por no mínimo 5 minutos após a introdução das fibras);
- f) Adensamento (vibração de imersão e régua vibratória, treliçada ou rolo giratório), nivelamento, alisamento superficial com float, texturização mecânica/vassouramento e aplicação imediata de cura química por dispersão de resina;
- g) Corte inicial das juntas de indução nas primeiras horas (janela de corte), limpeza com jato de ar comprimido e selamento elastomérico;
- h) Liberação ao tráfego assim que atingida a resistência à tração na flexão de $f_{ctm} \geq 3,0 \text{ MPa}$.

6. PADRONIZAÇÃO PARA INTERVENÇÕES DE CONCESSIONÁRIAS DE SERVIÇOS PÚBLICOS

6.1. Geometria da Escavação

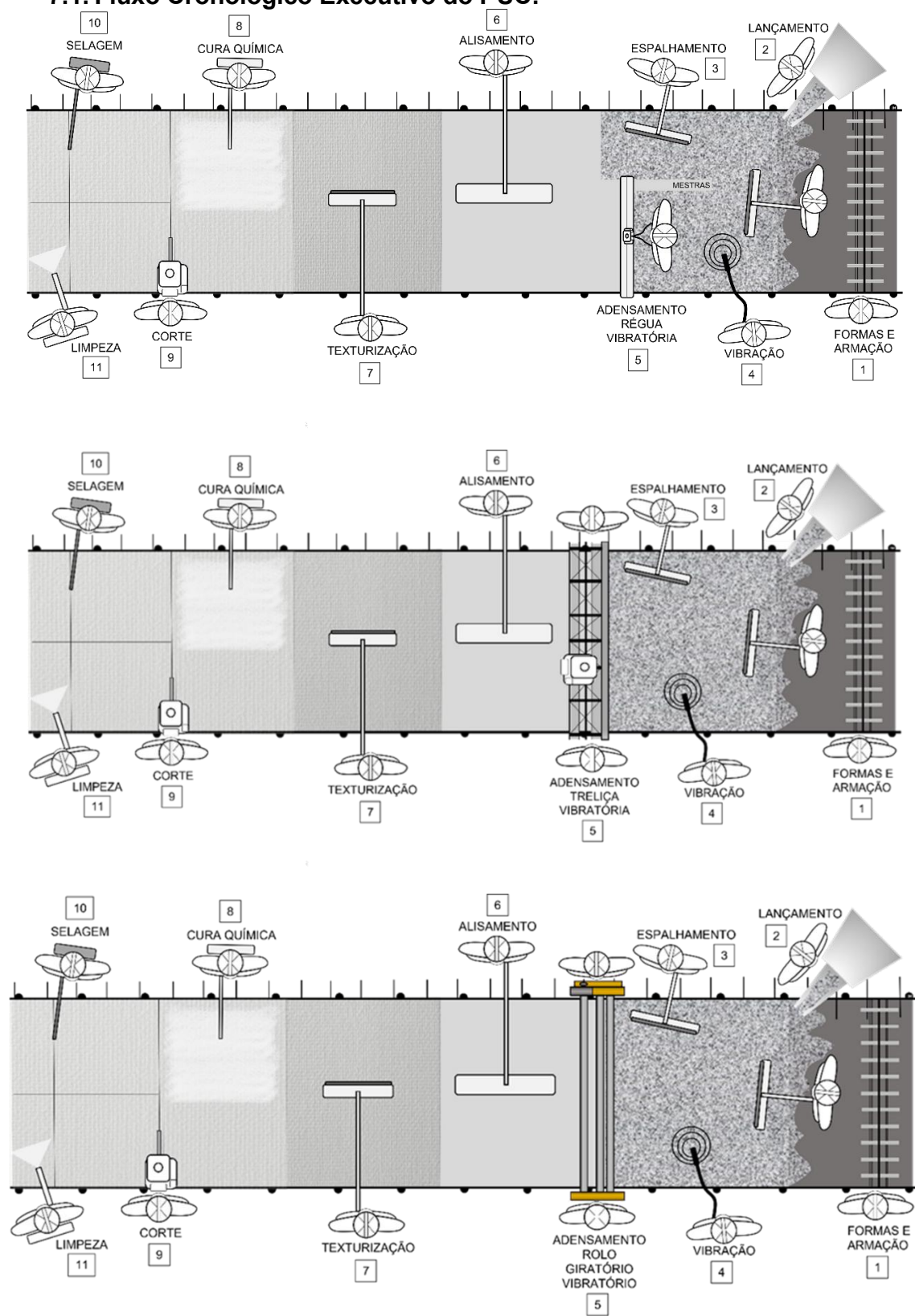
As aberturas devem ser retangulares, paralelas às juntas da pista. Caso a borda da escavação diste menos de 0,50 m de uma junta existente, o corte deve ser estendido até a referida junta.

6.2. Recomposição com Concreto Reforçado com Macrofibras.

- O preenchimento da vala na camada de subleito deve ser executado com Material Autocondensável Fluido (CLSM) ou solo selecionado compactado (I.S.C. $\geq 12\%$).
- Executar a camada de sub-base em Concreto Magro ou CCR (espessura min. 100 mm).
- Restabelecer a ligação estrutural com o pavimento remanescente por meio de barras de ligação (aço CA-50/CA-60) ancoradas quimicamente nas bordas cortadas.
- Posicionar filme plástico sobre a sub-base e preencher a camada do pavimento com Concreto Reforçado com Macrofibras (CRF), atendendo integralmente às especificações da Tabela 1. A presença do arranjo tridimensional de fibras previne o aparecimento de fissuras longitudinais e esborcinamento na interface entre o concreto novo e o antigo.
- Executar o corte de indução, limpeza com jato de ar comprimido e selamento perimetral da vala com mastique elastomérico à base de poliuretano ou silicone.

7. ANEXOS:

7.1. Fluxo Cronológico Executivo do PUC:



7.2. Fluxo Cronológico Executivo de Recomposição de Placa / Vala:

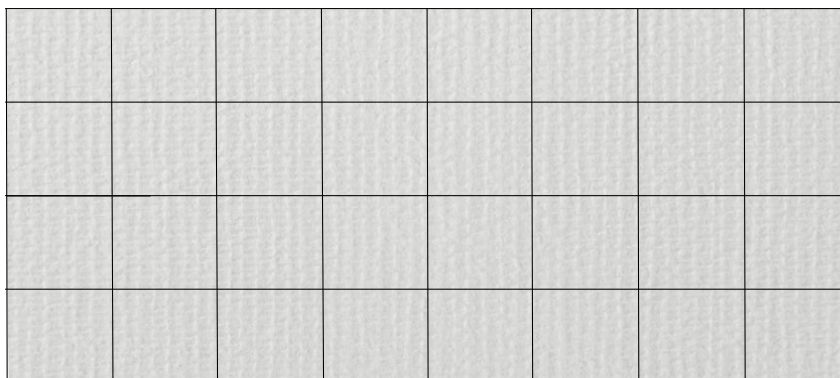


Figura 1 - Pavimento Urbano de concreto executado.

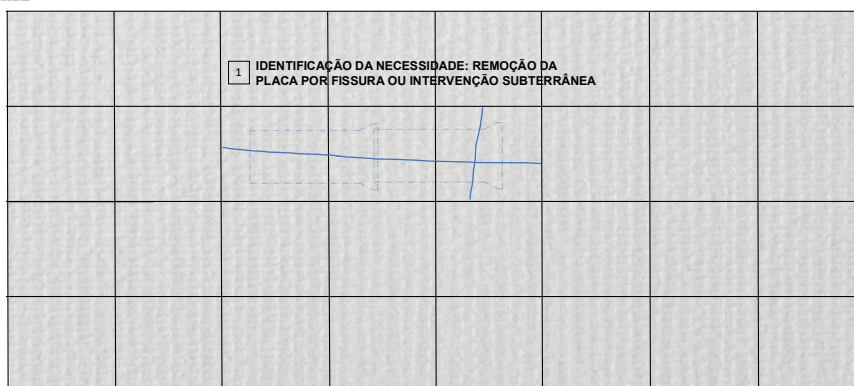


Figura 2 - Identificação da necessidade: remoção da placa por fissura ou intervenção subterrânea.

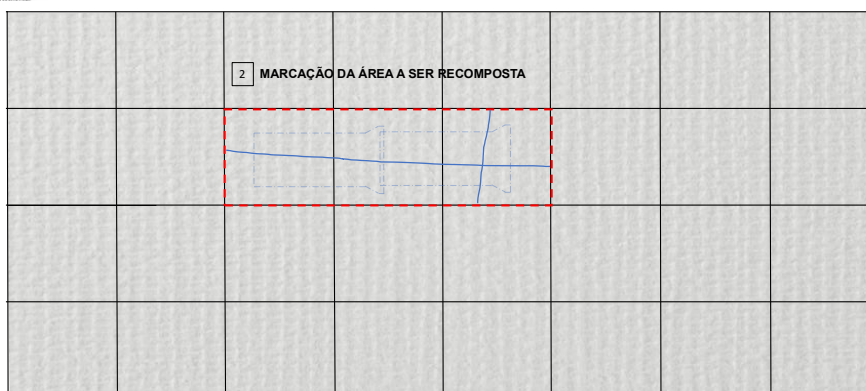


Figura 3 - Marcação da área a ser recomposta (geometria quadrada paralela às juntas).

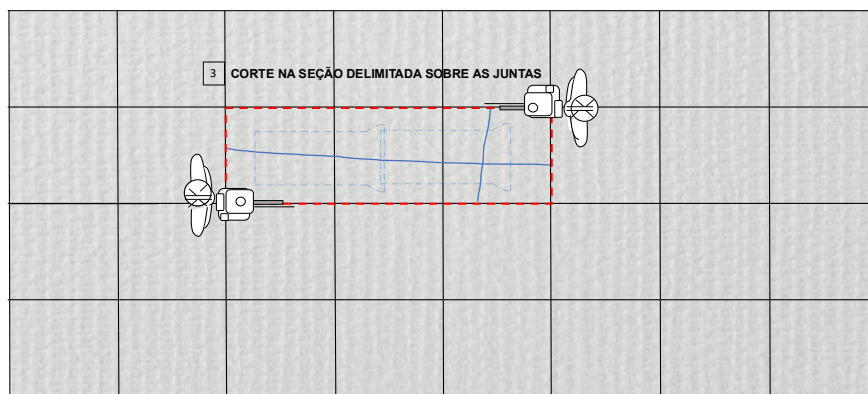


Figura 4 - Corte na seção delimitada sobre as juntas com serra diamantada.

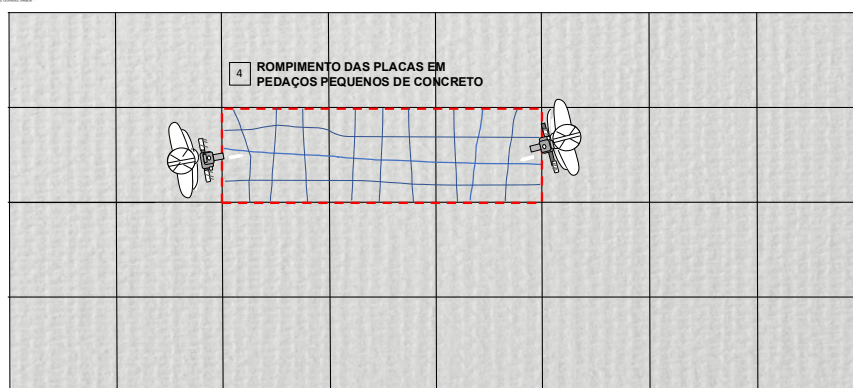


Figura 5 - Rompimento e demolição do concreto em pedaços pequenos.

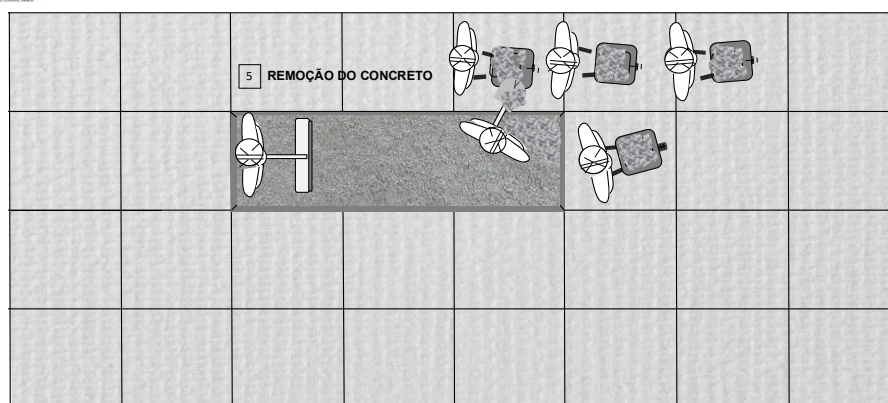


Figura 6 - Remoção do concreto deteriorado e limpeza da caixa de escavação.

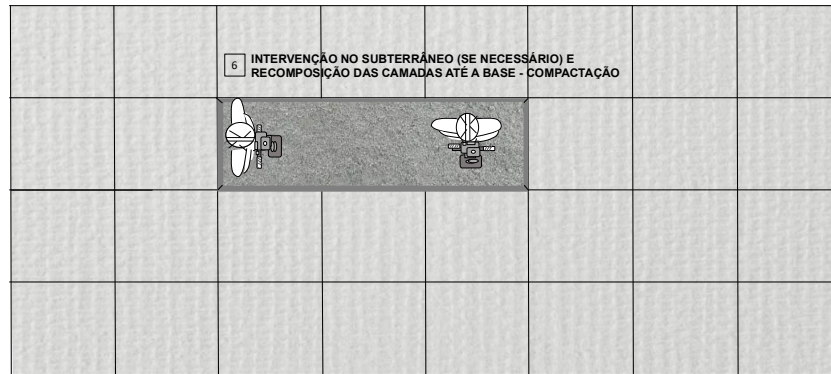


Figura 7 - Intervenção na rede subterrânea (se necessário) e recomposição compactada das camadas de suporte.

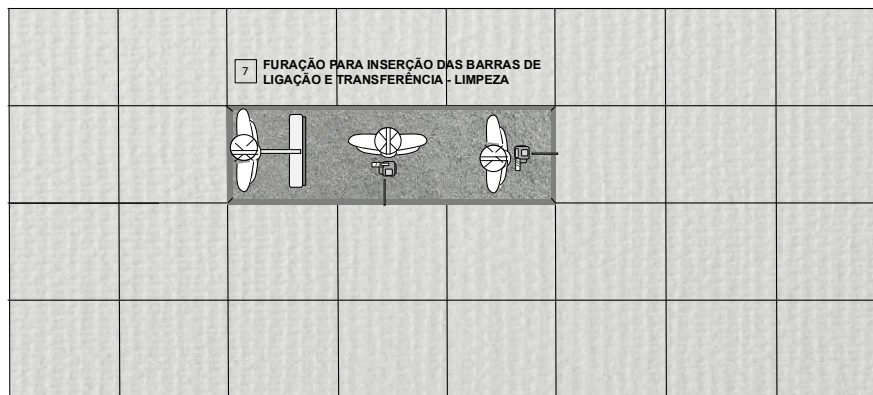


Figura 8 - Furação lateral no concreto existente para inserção das barras de ligação/transferência e limpeza criteriosa das perfurações.

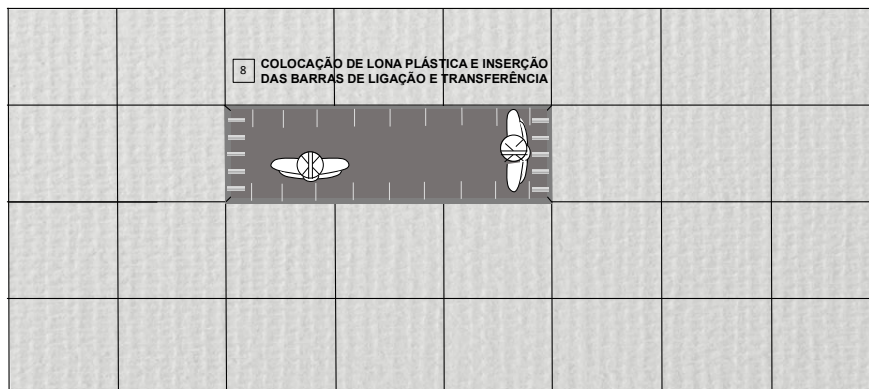


Figura 9 - Colocação de lona plástica sobre a sub-base e inserção das barras de ligação/transferência.

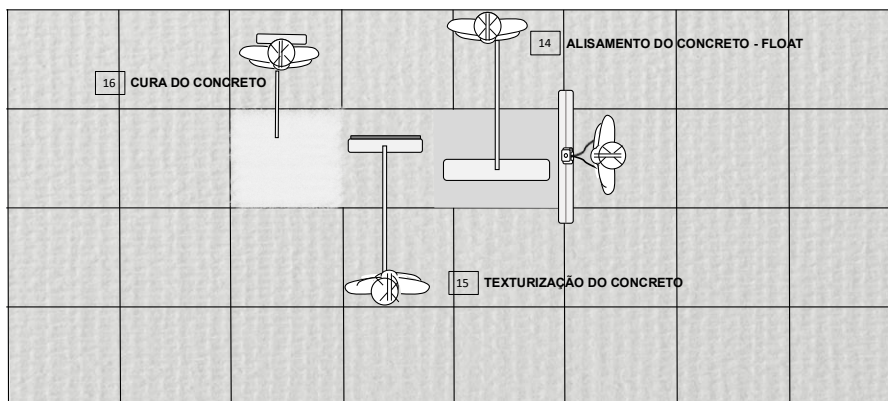


Figura 10 - Sequência de execução da concretagem: lançamento, adensamento, acabamento superficial e cura química.

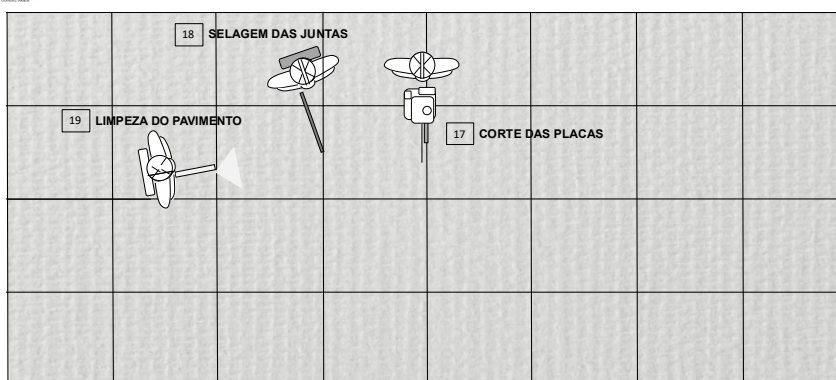


Figura 11 - Execução das juntas: corte das placas, limpeza e selagem definitiva.



Figura 12 – Recomposição realizada.

Esta publicação foi
elaborada pela
Coordenadoria Técnica da
ABESC e não pode ser
reproduzida no todo ou
em partes sem sua prévia
autorização.



Av. Brig. Faria Lima, 2894 - 7º. andar - cj. 71/72

São Paulo - SP - CEP 01451-902

Tel: (11) 3167-6446