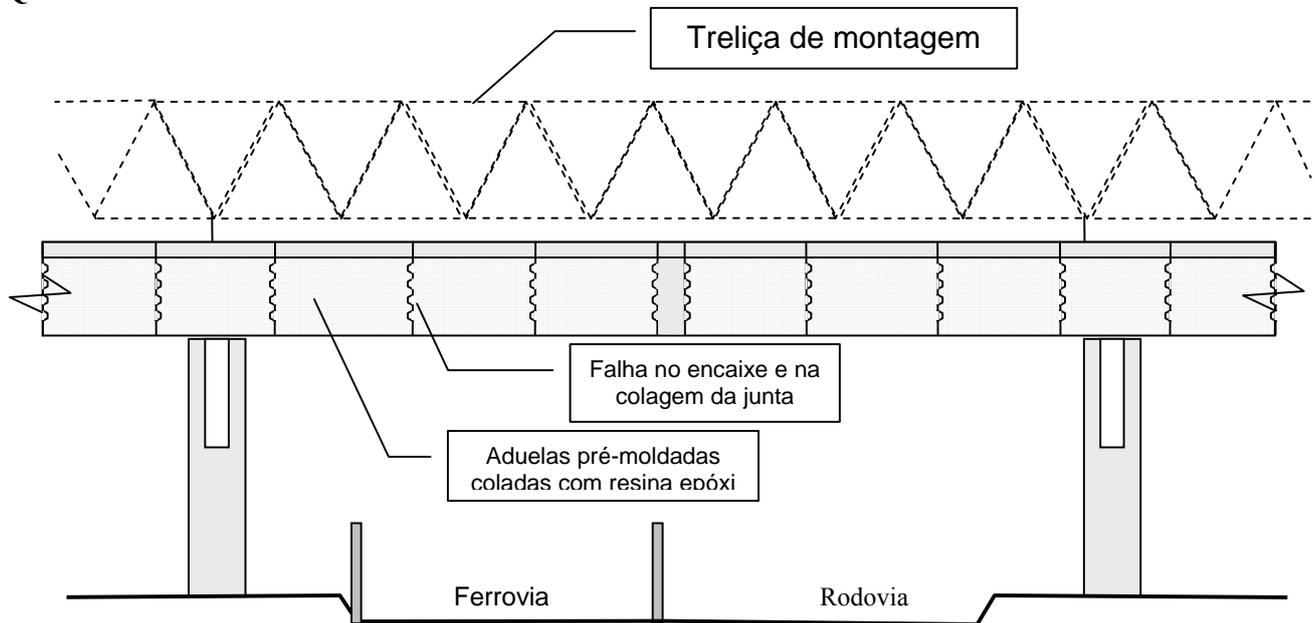


EXEMPLO Nº 165

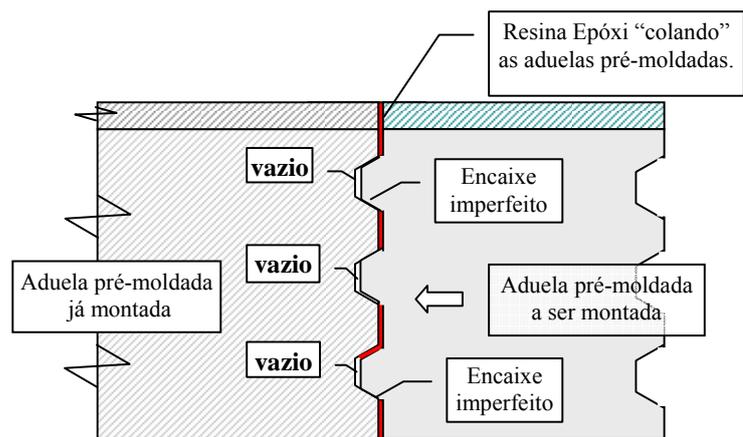
ESTRUTURA: Viaduto urbano com tabuleiro celular, construído com aduelas pré-moldadas, coladas com resina epóxi.

FISSURAÇÃO : Falhas no preenchimento com resina epóxi na junta colada, entre duas aduelas pré-moldadas.

ESQUEMA :



Início da montagem de uma aduela junto a um apoio. Foto de Catálogo SIKA



Encaixe imperfeito - Detalhe da Falha na Junta

CAUSA : A geometria da aduela a ser montada **não coincidiu exatamente** com a geometria da aduela já montada. Isso impediu o encaixe completo das duas peças, deixando partes da junta com vazios, sem resina epóxi. A abertura da falha observada era de 1,5cm.

Os dentes ao longo da alma da viga são usados para facilitar a montagem com encaixe e principalmente para aumentar a resistência na transmissão da força cortante. A colagem das aduelas deve ser feita com uma camada de resina epóxi com cerca de 1,6mm de espessura, segundo a norma ASTM C881-90, ver [158].

SOLUÇÃO : Nas obras já concluídas, preencher com injeção de resina epóxi os espaços vazios entre as duas aduelas. Nas obras a executar, **concretar, no canteiro da obra, cada aduela “contra” a aduela anterior**. A aduela anterior, já endurecida, serve de forma para a aduela seguinte. Esse método serve de pré-montagem de toda a estrutura, garantindo o encaixe perfeito na fase final de montagem e colagem.

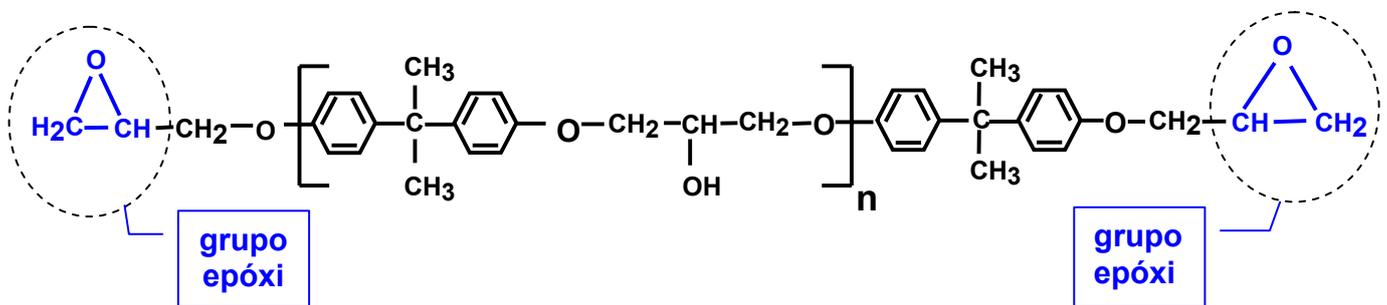
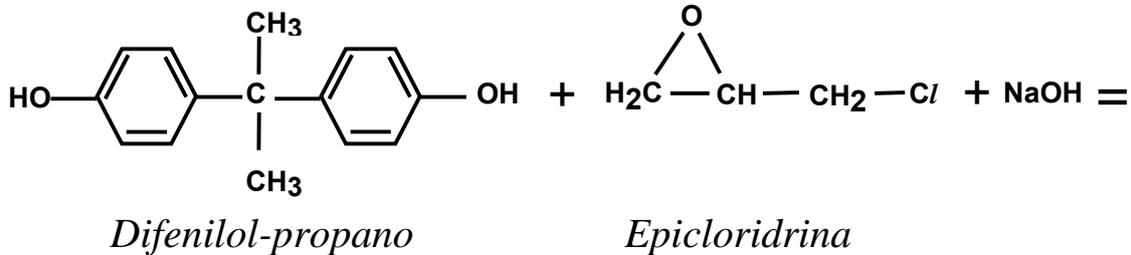
EXEMPLO No 165 : Continuação

ESTRUTURA: Viaduto urbano com tabuleiro celular, construído com aduelas pré-moldadas, coladas com resina epóxi.

FISSURAÇÃO : Falha de preenchimento na junta colada, entre duas aduelas pré-moldadas.

OBSERVAÇÃO : Epóxi é um polímero termo-rígido que cura (polimeriza e "crosslink") quando misturado com um agente catalisador ou "endurecedor". Polímeros termo-rígidos não apresentam fusão, mas sofrem carbonização por aquecimento. Ver S. M. Allen [157] e ASTM C881-90 [158].

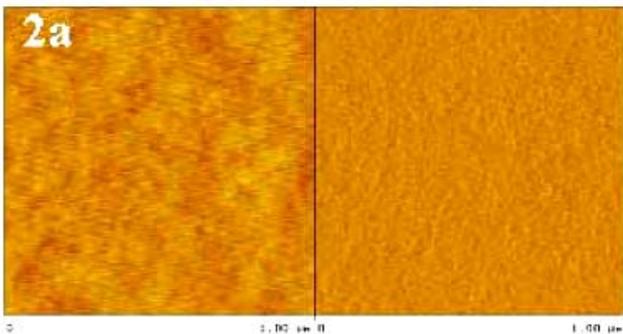
As resinas epóxi mais usuais são produzidas pela reação entre *Difenilol -Propano* e *Epicloridrina*.



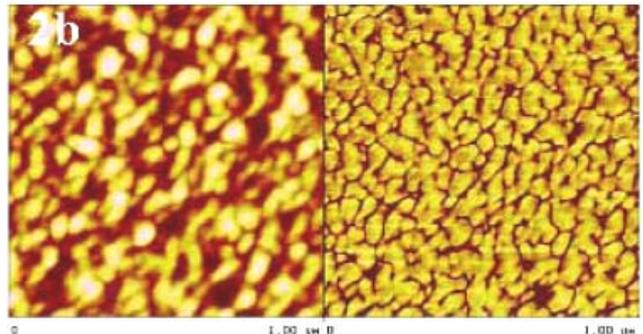
A molécula acima é da resina epóxi antes da mistura com o catalisador (poliamida / poliamina).

Misturada com o agente de cura, catalisador (endurecedor), que é uma amina poli-funcional, como o etileno diamina, $\text{NH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{NH}_2$, resulta no polímero termo-rígido *Epóxi endurecida*.

Existe uma proporção ótima para a mistura da resina epóxi com o catalisador. Essa proporção resulta na melhor resistência. Ela é testada pelo fabricante da resina. Se a resina epóxi e o "catalisador" forem misturados em proporções outras, resultarão micro-estruturas diferentes. Isso pode ser observado nas duas micrografias abaixo, feitas com uso de Microscopia de Força Atômica (AFM), em resinas epóxi, misturadas com o endurecedor poliamina, em duas proporções diferentes.



Mistura Epóxi A: Micrografias AFM com tamanho do campo = 1μm x 1μm



Mistura Epóxi B : Micrografias AFM com tamanho do campo = 1μm x 1μm - Ver T. Nguyen [156]

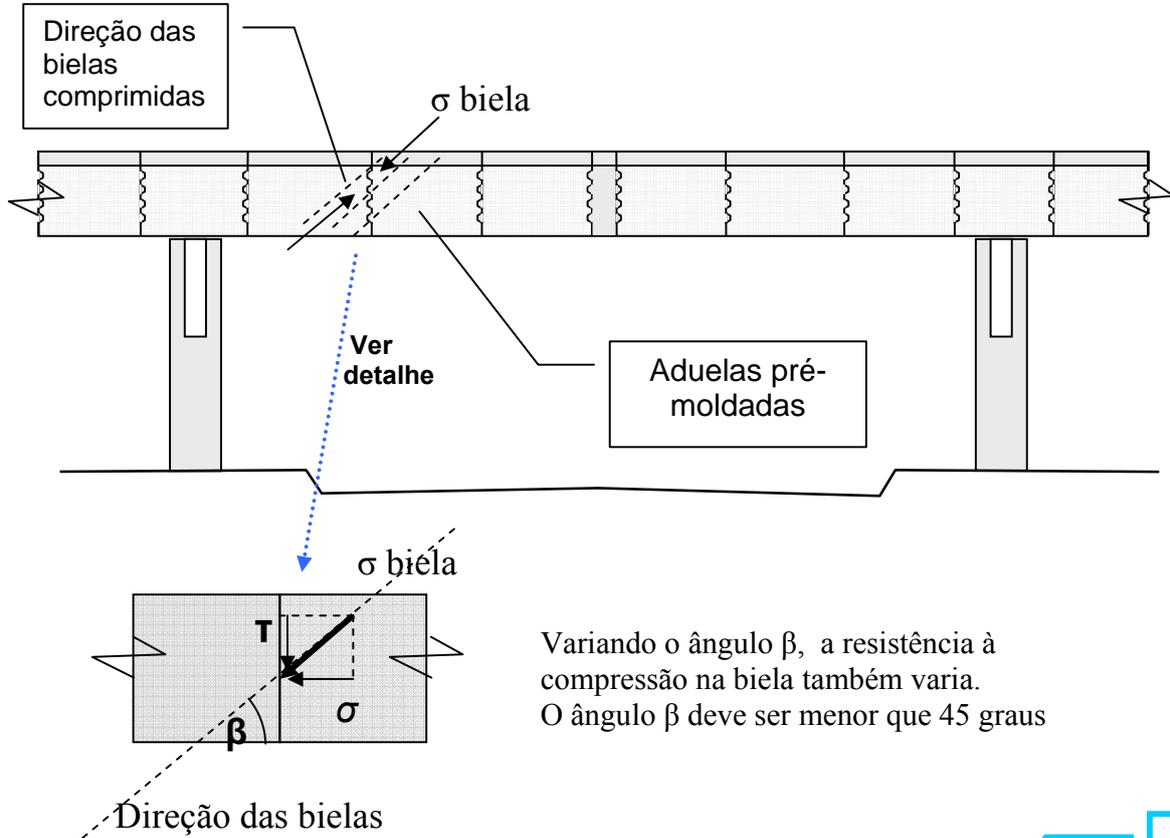
Na montagem das aduelas, a mistura dos componentes (epóxi + endurecedor) deve ser feita com uma proporção pré-testada, pois uma variação nessa proporção causa mudança na resistência da resina epóxi.

EXEMPLO No 165 : Continuação

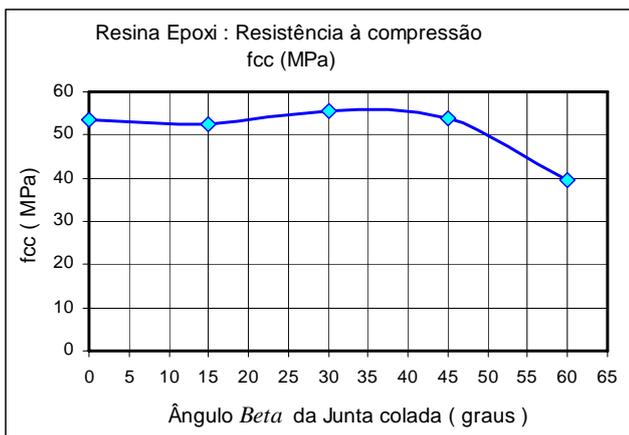
ESTRUTURA: Viaduto urbano com tabuleiro celular, construído com aduelas pré-moldadas, coladas com resina epóxi.

FISSURAÇÃO: Falha de preenchimento na junta colada, entre duas aduelas pré-moldadas.

COMENTÁRIO: As tensões na junta colada entre 2 aduelas pré-moldadas devem ser verificadas.



Variando o ângulo β , a resistência à compressão na biela também varia. O ângulo β deve ser menor que 45 graus



A variação da resistência à compressão na biela, com o ângulo β , deve ser levada em conta no projeto da ponte. Essa variação reflete a influência da relação entre a tensão normal e a tensão tangencial na face da junta. O critério de ruptura de Mohr considera esse efeito, como se pode ver na próxima página.

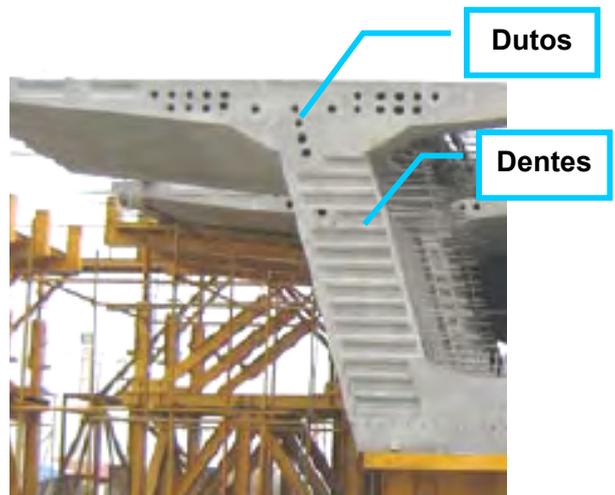


Foto do Catálogo Sika. São usados dentes para melhorar a transmissão da força cortante na alma da viga.

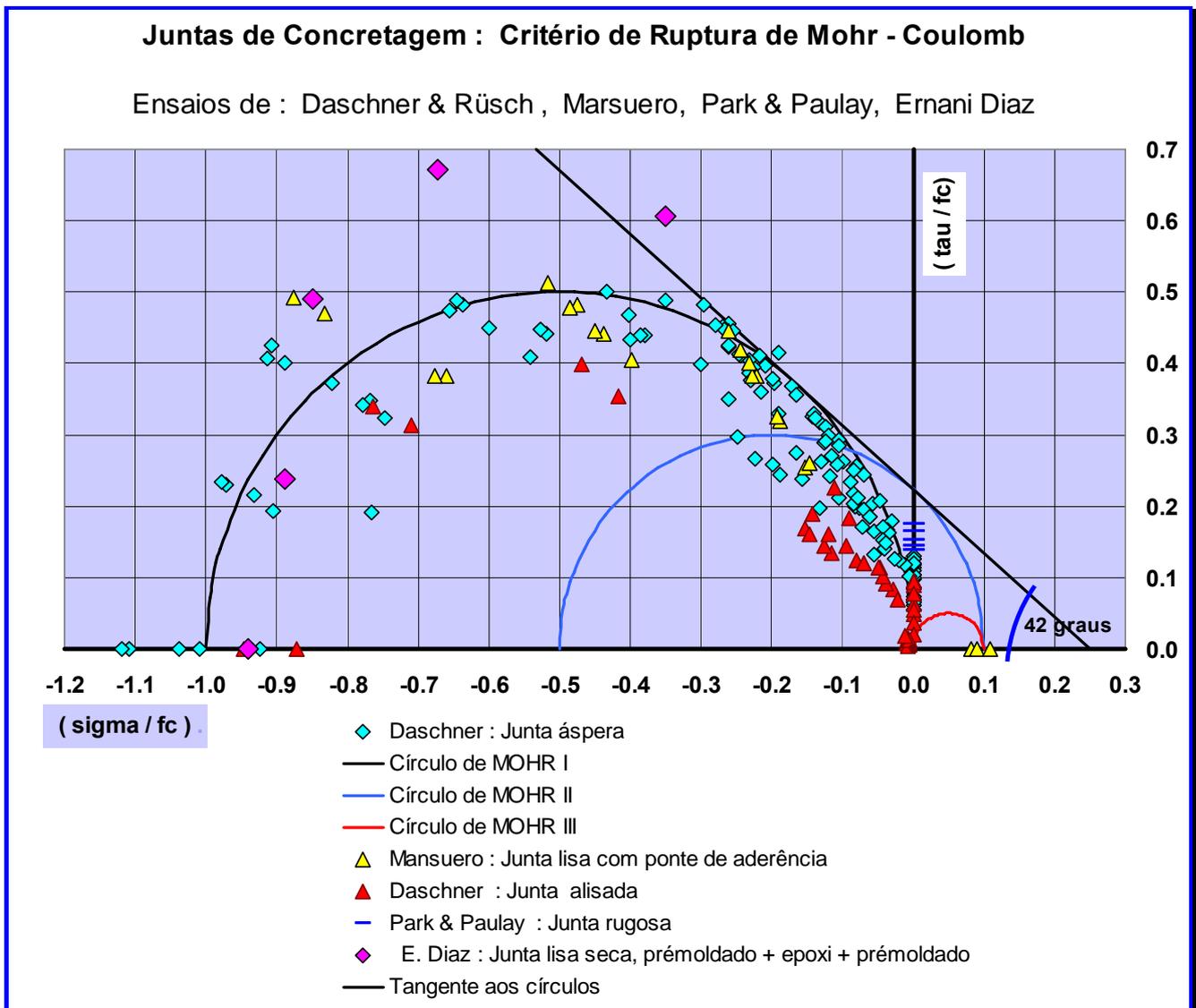
Cuidado deve ser tomado para evitar que a resina epóxi, ainda mole, entupa os dutos, nos quais serão enfiados os cabos de protensão.

EXEMPLO Nº 165 : Continuação

ESTRUTURA: Viaduto urbano construído com aduelas pré-moldadas, coladas com resina epóxi.

FISSURAÇÃO : Falha de preenchimento na junta colada, entre duas aduelas pré-moldadas.

OBSERVAÇÃO : Ensaios mostram que o critério de ruptura de Mohr – Coulomb serve para o dimensionamento da junta colada, desde que essas juntas sejam bem executadas.



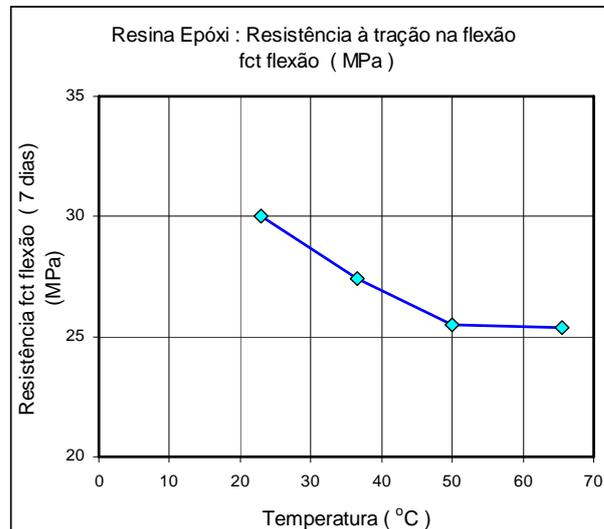
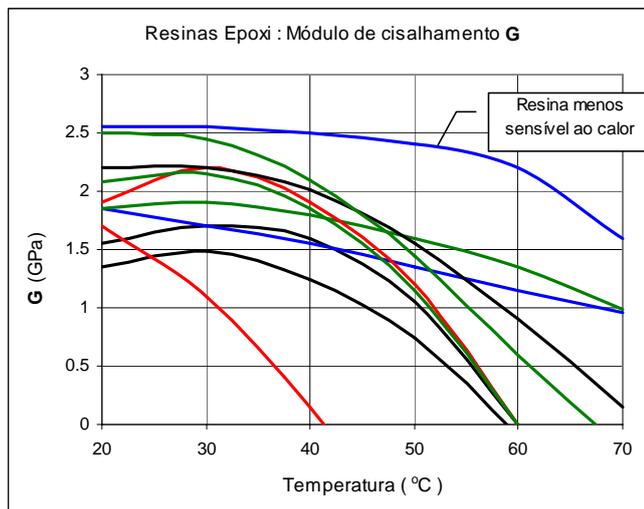
- Todos os ensaios mostrados na figura acima foram feitos com um concreto novo sendo lançado sobre um concreto já endurecido, exceto os ensaios citados por E. Dias [154], que foram feitos com a colagem de dois concretos já endurecidos, usando uma camada de resina epóxi entre eles.
- Segundo E. Diaz [154] a superfície do concreto deve estar totalmente seca no momento da colagem.
- A superfície estando molhada a *eficiência* da junta colada com epóxi diminui muito:
 - Superfície encharcada de água 0,55
 - Superfície úmida 0,58
 - Superfície úmida secada com álcool anidro 0,72
 - **Superfície úmida secada com álcool anidro e fogo 0,92**
 - Superfície secada com jato de ar 0,37

EXEMPLO Nº 165 : Continuação

ESTRUTURA: Viaduto urbano construído com aduelas pré-moldadas, coladas com resina epóxi.

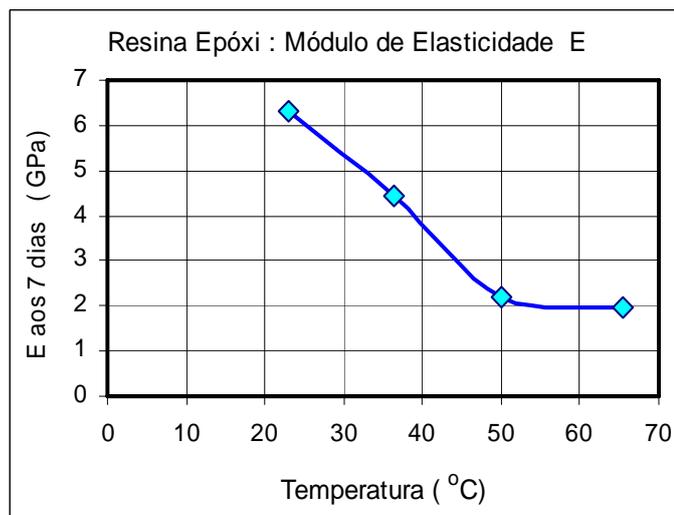
FISSURAÇÃO : Falha de preenchimento na junta colada, entre duas aduelas pré-moldadas.

OBSERVAÇÃO : Resinas epóxi de diferentes fabricantes apresentam diferente sensibilidade ao calor.



- Módulo de cisalhamento G medido em cilindros com diâmetro $\phi = 3\text{cm}$ e tensão de cisalhamento $\tau = 5\text{MPa}$. Ver E.Diaz [154]
- Antes de ser usada, uma resina epóxi deve ter testada a sua sensibilidade ao calor. Em regiões quentes a segurança da estrutura pode ser afetada caso a resina perca muita resistência com o calor.

- O critério básico de projeto é garantir que não exista tensão de tração na seção transversal colada. Isso deve ser obedecido em qualquer fase da obra, inclusive durante a execução.
- São usados cabos de protensão curtos, auxiliares, para evitar tração na fase de montagem.



- As resinas epóxi são sensíveis ao calor. Isto pode ser importante em estruturas com forte insolação.
- O módulo de elasticidade diminui muito com o calor. Ver Prof. E. Diaz [154]
- Segundo a Prof^a. Eloísa Biasotto Mano $E = 2,0$ a $4,5$ GPa . Ver [155].
- A resina epóxi deve respeitar as recomendações da norma ASTM C881-90 para a resina epóxi Tipo VI (para pontes em aduelas), Grau 2 (média viscosidade), Classe F (temperatura entre 24 a 32 °C). Ver [158].