

Procedimentos de Aprovação e Recepção

DMC – Departamento de Materiais de Construção	
Elementos de Estacas de tipo PHC	Document no. ARP/DMC/017
	Date: 2010-07-26
	Page no. 1 of 10

1 Norma de referência

As normas de referências são GB 13476-99, JIS A5337-95, BS1881: Part 120-1983, JC/T947-2005.

2 Procedimento de aprovação

2.1 Definições

- Elemento de estaca PHC
Componente elementar de estaca cilíndrica, vazada interiormente, prefabricado com betão pré-esforçado de alta resistência, centrifugado, com uma resistência de betão especificada de 80 MPa, e incluindo chapas de aço nas suas extremidades para facultar ligação soldada entre elementos.
- “Tipo” de elemento de estaca
Classificação dos elementos de estaca, de acordo com o valor especificado para o seu momento limite de fendilhação, por flexão.
- “Modelo” de elemento de estaca
Elementos de estaca, de qualquer extensão, do mesmo tipo e com os mesmos diâmetro, espessura..
- Lote
Quantidade de elementos de estaca, do mesmo modelo, entregue no local de obra e submetida para recepção.

2.2 Aprovação do fabricante

2.2.1 Fabricantes certificados pelo LECM

Os fabricantes, com o seu sistema de controlo de produção certificado pelo LECM, são considerados aprovados para fornecimento de elementos de estacas PHC em Macau, sujeitos contudo aos procedimentos de recepção em obra definidos adiante. A informação actualizada da situação de fábricas certificadas encontra-se acessível no “site” do LECM, na INTERNET.

2.2.2 Fabricantes não certificados pelo LECM

Os fabricantes, sem certificação do LECM, desejando fornecer modelos de elementos de estaca PHC para Macau, para aqui serem utilizados em obras específicas, devem adoptar o seguinte procedimento para a necessária aprovação:

Procedimentos de Aprovação e Recepção

DMC – Departamento de Materiais de Construção	
Elementos de Estacas de tipo PHC	Document no. ARP/DMC/017
	Date: 2010-07-26
	Page no. 2 of 10

2.2.2.1 Deverá ser submetida, para verificação, a seguinte informação relativa aos modelos de elementos de estaca que se pretendem fornecer:

- a) Catálogo referente às estacas PHC produzidas na fábrica proponente;
- b) Informação relativa ao sistema de controlo de produção da fábrica, nomeadamente:
 - manual de qualidade e a documentação de qualidade relacionada;
 - informação técnica sobre os origens de matérias-primas e os resultados mais recentes dos ensaios correspondentes;
 - resultados de ensaios de produto e plano de ensaios;
 - instalações laboratoriais, procedimentos de ensaios realizados, assim como certificados de calibração de todos os equipamentos de teste.
- c) Sumário estatístico relativo a:
 - resultados de resistência à compressão de betão, e
 - resultados de resistência à tracção de cordões de pré-esforço.

Para os últimos seis meses, incluir no mínimo a frequência de ensaios, os valores médios, o desvio padrão, os valores máximos e mínimos dos resultados de ensaio. A conformidade com as exigências standard do produto, deverá ser demonstrada.
- d) Resultados de ensaios de resistência à flexão em elementos de estaca (incluindo verificação do momento de fendilhação e do momento último à rotura), para cada modelo de elemento de estaca a ser utilizado no projecto, realizados nos últimos seis meses, e ou realizados por laboratório credenciado ou realizados em fábrica, sob supervisão de laboratório credenciado, devendo neste caso também submeter o seguinte:
 - método de ensaio;
 - lista de equipamento de ensaio utilizado e cópia das certificados de calibração;
 - relatório preparado pelo laboratório responsável pela execução ou supervisão do ensaio;
 - qualificação do laboratório responsável pela execução ou supervisão do ensaio.
- e) Resultados de ensaios e determinações relativas a:
 - teor de álcali dos cimentos e
 - reactividade potencial de inertes com os álcalis dos cimentos,

Estas determinações ou ensaios deverão ter sido executadas durante os últimos seis meses, constituindo informação suplementar para avaliação da qualidade da matéria-prima usada nos elementos de estaca PHC. Estas determinações ou ensaios deverão ter sido executadas por um

Procedimentos de Aprovação e Recepção

DMC – Departamento de Materiais de Construção	
Elementos de Estacas de tipo PHC	Document no. ARP/DMC/017
	Date: 2010-07-26
	Page no. 3 of 10

laboratório de ensaios reconhecido e os correspondentes resultados deverão respeitar a Norma de Betões de Macau.

2.2.2.2 Após submissão da documentação anterior, deve ser organizada uma visita do LECM à fábrica, para aí verificar a implementação do Sistema de Controlo de Produção. Nos casos em que a fábrica tenha sido inspeccionada para idêntico efeito, e aprovada, nos últimos seis meses e não haja evidência de grandes modificações no seu Sistema de Controlo de Produção, então não se justificaria a execução de nova visita.

3 Procedimentos de recepção

Após aprovação do fabricante, devem ser executados ensaios de recepção nos elementos de estaca fornecidos e destinados a serem usados na obra.

3.1 Ensaios de recepção

3.1.1 Os ensaios de recepção são de três tipos diferentes, como se descreve seguidamente:

- Ensaio de verificação de Momento de Fendilhação: conforme a Norma Chinesa GB 12476-99 ou a Norma Japonesa JIS A5337-95, executado em amostra de dois elementos de estaca.
- Ensaio de Resistência à Compressão do betão e verificação do diâmetro dos estribos em espiral: conforme a Norma Britânico BS 1881: Parte 120-1983, executado em 3 conjuntos de 2 carotes (total de 6 provetes) por cada amostra de elemento de estaca, as carotes deverão ser colhidas normalmente ao comprimento do elemento de estaca, em 3 secções transversais; com diâmetro de 70 mm, para espessura do elemento de estaca inferior a 125 mm e com diâmetro de 100 mm, para espessura do elemento de estaca igual ou superior 125 mm.
Após terem concluídos os ensaios de resistência à compressão do betão, uma carote em cada seis carotes será fracturada para posterior verificação do diâmetro do estribo.
- Inspeção visual e verificação de dimensões

Procedimentos de Aprovação e Recepção

DMC – Departamento de Materiais de Construção	
Elementos de Estacas de tipo PHC	Document no. ARP/DMC/017
	Date: 2010-07-26
	Page no. 4 of 10

Item	Norma / Especificação
Dimensões e aparência dos elementos de estaca PHC	Norma Chinesa GB13476-99 ou Norma Japonesa JIS A5337-95
Aparência das chapas de junta em aço	Norma Chinesa JC/T947-2005
Dimensões e aparência das pontas de aço da estaca	Especificações definidas pelo fabricante dos elementos de estaca PHC

3.1.2 Apenas para fabricantes não certificados pelo LECM, os ensaios de Momento Flector de Fendilhação serão executados, como ensaios de recepção, por um Laboratório independente e credenciado ou realizados em fábrica, sob a supervisão de uma entidade credenciada, nas mesmas condições como foi referido em 3.2.1 d). A frequência do ensaio é indicada no Quadro A e depende do tipo de elemento de estaca, como se encontra definido nas Normas Chinesa e Japonesa mencionadas acima.

Para as obras onde a quantidade de cada modelo de elementos de estaca não atinge os valores estabelecidos no Quadro A, este ensaio de Momento Flector de Fendilhação não é exigido. Para os casos em que o ensaio é exigido, a amostra de dois elementos de estaca deverá ser ensaiada em fábrica, com a presença do LECM, e antes do fornecimento à obra, das correspondentes quantidades indicadas no Quadro A.

Procedimentos de Aprovação e Recepção

DMC – Departamento de Materiais de Construção	
Elementos de Estacas de tipo PHC	Document no. ARP/DMC/017
	Date: 2010-07-26
	Page no. 5 of 10

(Aplicável apenas a fabricantes não certificados pelo LECM)

Tipo de elemento de estaca	Frequência de ensaio
A	1 amostra, de dois elementos de estaca, por cada 30.000 m, para obras com mais do que 30.000 m de cada modelo de elemento de estaca.
AB (1)	1 amostra, de dois elementos de estaca, por cada 20.000 m, para projectos com mais de 20.000 m de cada modelo de elemento de estaca.
B e C	1 amostra, de dois elementos de estaca, por cada 10.000 m, para obras com mais do que 10.000 m de cada modelo de elemento de estaca.

⁽¹⁾ –só para o caso do cumprimento da Norma Chinesa GB13476-99.

3.1.3 Todas os elementos de estaca, entregues no local de obra, serão acompanhados por uma Guia de Entrega, emitida pela fábrica, indicando o modelo de elementos de estaca, a identificação dos elementos de estaca, a data de fabrico e um relatório de inspecção visual.

Os elementos de estaca serão divididos em lotes de recepção para os ensaios de resistência à compressão, verificação de diâmetro de estribos em espiral, e inspecção visual de dimensões.

3.1.4 A composição de cada lote para recepção, incluindo a quantidade de elementos de estaca PHC e o número de de pontas de aço para estaca, (pile shoes), deverá submetida antes da execução dos ensaios de recepção. Para as pontas de aço para estaca (pile shoes) não produzidas pelo fabricante dos elementos de estaca, devem ser submetidos os correspondentes certificados de produção (mill certificate) indentificando o tipo de aço utilizado. Todos os ensaios devem ser executadas por um laboratório de ensaios independente e credenciado.

A dimensão do lote e a frequência de amostragem estão apresentados no Quadro B, para as fábricas não certificados pelo LECM, e no Quadro C, para fábricas certificados pelo LECM.

Procedimentos de Aprovação e Recepção

DMC – Departamento de Materiais de Construção	
Elementos de Estacas de tipo PHC	Document no. ARP/DMC/017
	Date: 2010-07-26
	Page no. 6 of 10

Quadro B – Dimensão do lote e frequência de amostragem

para as fábricas não certificadas pelo LECM

Comprimento total de cada modelo de elementos de estaca usada na obra (m)	Dimensão do lote	Ensaio de resistência à compressão do betão	Inspeção visual de dimensões
< 500	Todos os elementos de estaca	-	10 elementos de estaca e 10% de pontas de aço de estaca com um mínimo de 1 unidade
≥ 500 e < 20,000	≤ 200 secções de estaca	1.5% de elementos de estaca	10% dos elementos de estaca e pontas de estaca com o mínimo de 10 elementos de estaca e 1 ponta de estaca
≥ 20,000	≤ 200 elementos de estaca	1.5% de elementos de estaca para os primeiros 20.000 m e 0.5% para o restante	10% dos elementos de estaca e ponta de estaca, com o mínimo de 10 elementos de estaca e 1 ponta de estaca

Quadro C – Dimensão dos lotes e frequência de amostragem

para as fábricas certificadas pelo LECM

Comprimento total de cada modelo de elemento de estaca usado no projecto (m)	Dimensão do lote	Ensaio de resistência à compressão do betão	Inspeção visual de dimensões
< 500	Todos os elementos de estaca	-	10 elementos de estaca e 10% de pontas de estaca com um mínimo de 1 unidade
≥ 500	≤ 200 elementos de estaca	0.5% de elementos de estaca	10% de elementos de estaca e pontas de estaca com o mínimo de 10 elementos de estaca e 1 ponta de estaca

Procedimentos de Aprovação e Recepção

DMC – Departamento de Materiais de Construção	
Elementos de Estacas de tipo PHC	Document no. ARP/DMC/017
	Date: 2010-07-26
	Page no. 7 of 10

3.1.5 Os elementos de estaca ou pontas de estaca pertencendo a cada lote não podem ser utilizados antes de aceitação dos ensaios de recepção.

4 Critério de aceitação

4.1 No que se refere ao ensaio de recepção de Momento Flector de Fendilhação, e apenas para fabricas não certificadas pelo LECM, da produção correspondente a cada modelo de elementos de estaca PHC destinados a uma obra específica, amostras de dois elementos de estaca devem ser seleccionadas para teste, de acordo com as frequências indicadas no Quadro A.

Qualquer um dos elementos de estaca testados não deverá evidenciar fendilhação até ser atingido o Momento de Fendilhação especificado pelo fabricante. No caso que o ensaio falhe em ambas os elementos de estaca, toda a produção correspondente ao modelo dos elementos testados deverá ser rejeitada. No caso em que apenas um dos elementos de estaca testados falhe, o teste, quatro elementos de estaca adicionais, do mesmo modelo e produção, deverão ser ensaiados. Se qualquer um destes quatro elementos de estaca adicionais não atingir o resultado especificado, a produção inteira deste modelo de elemento de estaca será rejeitada.

4.2 No que se refere ao ensaio de Resistência à Compressão do Betão e à verificação do diâmetro de estribos em espiral, todas as seguintes condições devem ser verificadas em cada lote.

- O valor médio de seis resultados estimados de resistência de cubo em-situ equivalente (determinada como indicado em 4.4) não deve ser inferior ao valor da resistência especificada (80 MPa).
- O resultado estimado de resistência de cubo em-situ equivalente (determinada como indicado em 4.4) em qualquer carote não deve ser inferior a 85% da resistência especificada (68 MPa);
- Para elementos de estaca de diâmetro exterior $\leq 450\text{mm}$, o diâmetro de estribos em espiral não deve ser inferior a 4 mm;
Para elementos de estaca com diâmetro exterior 500mm ~ 600mm, o diâmetro dos estribos em espiral não deve se inferior a 5 mm;
Para elementos de estaca com diâmetro exterior 800mm ~ 1000mm, o diâmetro dos estribos em espiral não deve ser inferior a 6mm.

Procedimentos de Aprovação e Recepção

DMC – Departamento de Materiais de Construção	
Elementos de Estacas de tipo PHC	Document no. ARP/DMC/017
	Date: 2010-07-26
	Page no. 8 of 10

No caso em que não são satisfeitas todas as anteriores condições, todos os elementos de estaca do mesmo modelo e data de produção, devem ser considerados não aceitáveis para a obra e devem ser, como tal, rejeitados. Dois elementos de estaca adicionais, do mesmo lote, mas de data de produção diferente, deverão seleccionadas para nova verificação. Se qualquer um destas duas amostras adicionais não cumprir qualquer um dos requisitos anteriores, todos os elementos de estaca do lote devem ser rejeitados e todos os elementos de estaca do mesmo modelo e data de produção devem ser considerados não aceitáveis para a obra e deverão ser, como tal, rejeitados

Após ter sido verificada a não satisfação destes requisitos, em dois sucessivos lotes de elementos de estaca, todos os elementos de estaca do mesmo modelo serão considerados não aceites e serão rejeitados.

- 4.3 No que se refere á Inspeção Visual e verificação de dimensões, todos os elementos de estaca inspeccionados devem satisfazer o seguinte critério de exigências. Qualquer elemento de estaca que não satisfaça este requisito deve ser rejeitado. Dois elementos de estaca adicionais serão inspeccionados, para cada elemento de estaca anteriormente rejeitado.

Item	Norma / Especificação
Dimensões e aparência dos elementos de estaca PHC	Norma Chinesa GB13476-99 ou Norma Japonesa JIS A5337-95
Aparência de chapa de junta em aço	Norma Chinesa JC/T947-2005
Dimensão e aparência da ponta de aço da estaca	Especificações do fabricante dos elementos de estaca PHC

Procedimentos de Aprovação e Recepção

DMC – Departamento de Materiais de Construção	
Elementos de Estacas de tipo PHC	Document no. ARP/DMC/017
	Date: 2010-07-26
	Page no. 9 of 10

4.4 O valor da resistência à compressão, obtida directamente de carotes colhidas nos elementos de estaca, deverá primeiro ser ajustado, tendo em conta a relação entre o comprimento e o diâmetro da carote e a direcção da operação de carotagem (na fórmula apresentada seguidamente o valor $D = 2,3$ traduz a equivalência com carotes extraídas na direcção vertical), e depois convertido a resistência estimada equivalente a provete cúbico colhido in-situ (resistência cúbica equivalente in-situ), de acordo com o número 7,2 da BS1881: Parte 120: 1983 e AMD 6109: 1989.

4.4.1 Resistência cúbica equivalente in-situ

4.4.1.1 Para carotes sem armadura: calcula-se o valor estimado da “resistência cúbica equivalente in-situ”, aplicando a seguinte fórmula, e arredondando o resultado para +/- 0,5 N/mm².

$$\begin{array}{l} \text{Resistência} \\ \text{estimada cúbica} \\ \text{equivalente in-situ} \end{array} = \frac{D}{1.5 + \frac{1}{\lambda}} \times \begin{array}{l} \text{Valor da resistência à} \\ \text{compressão obtida directamente} \\ \text{em carotes} \end{array}$$

onde

D - Igual a 2,5 para carotes extraídas horizontalmente (em peças prefabricadas: perpendicularmente à altura quando betonada); ou igual a 2,3 para carotes extraídas verticalmente (para peças prefabricadas: paralelamente à altura quando betonada);

λ - Relação entre o comprimento da carote (após rectificação dos topos) e seu diâmetro.

NOTA: deve ser referido que o valor da resistência cúbica equivalente em-situ, estimada pela fórmula anterior, não pode entendida como valor standard de resistência cúbica.

4.4.1.2 Para carotes contendo armadura perpendicular ao seu eixo: calcula-se o valor estimado da “resistência cúbica equivalente in-situ”, multiplicando o valor da resistência obtida pela fórmula em 7.2.1, pelos seguintes factores.

Procedimentos de Aprovação e Recepção

DMC – Departamento de Materiais de Construção	
Elementos de Estacas de tipo PHC	Document no. ARP/DMC/017
	Date: 2010-07-26
	Page no. 10 of 10

- para carotes contendo um único varão de armadura:

$$1.0 + 1.5 \frac{\phi_r \cdot d}{\phi_c \cdot \ell}$$

- Para carotes contendo dois varões de armadura, não afastados mais do que o diâmetro do maior varão, só o varão correspondendo ao valor mais alto de $\phi_r \cdot d$ é considerado. Se os varões estiverem mais distantes, seu efeito combinado deve ser considerado, usando o factor:

$$1.0 + 1.5 \frac{\sum \phi_r \cdot d}{\phi_c \cdot \ell}$$

onde

- ϕ_r é o diâmetro do varão de armadura;
- ϕ_c é o diâmetro da carote;
- d é a distância de eixo do varão ao topo mais perto ;
- ℓ é o comprimento da carote, após rectificação dos seus topos.