

**INSTRUÇÕES PARA  
ELABORAÇÃO DO PROJECTO  
DE FUNDAÇÕES POR ESTACAS  
(PROTECÇÃO DO AMBIENTE)**

## Índice

	Página
Capítulo 1 Prefácio	2
Capítulo 2 Fluxograma de aprovação do Projecto de Fundações por Estacas (protecção do ambiente)	3
Capítulo 3 Observações Gerais	4
Capítulo 4 Observações para a elaboração do Projecto de Fundações por Estacas (protecção do ambiente)	4
Capítulo 5 Observações para a concepção do Projecto de Fundações por Estacas (protecção do ambiente)	5
Capítulo 6 Modelo de projecto de execução das obras de fundações por estacas e de estruturas de suporte do Projecto de Fundações por Estacas (protecção do ambiente)	7
Capítulo 7 Modelo de alteração do projecto de execução das obras de fundações por estacas e de estruturas de suporte do Projecto de Fundações por Estacas (protecção do ambiente)	8
Capítulo 8 Referências	8
Capítulo 9 Modelo de referência para selecção de tecnologias de fundações por estacas e de estruturas de suporte mais adequadas conforme as condições do local das obras	9
Anexo I Pedido de alteração de Aprovação do Projecto (de Alteração) da Obra de Construção e de Ampliação, da DSSOPT (Impresso c2 alterado)	
Anexo II Projecto alterado da Obra de Construção, Ampliação – Pedido de Vistoria à Obra Concluída, da DSSOPT (Impresso c3 alterado)	

## **Capítulo 1    Prefácio**

Com o acelerado desenvolvimento social e económico dos recentes anos, o problema da poluição sonora está a tornar-se cada vez mais agravado, provocando assim um determinado grau de impacto na saúde e na qualidade de vida dos cidadãos. De acordo com a análise efectuada pela Direcção dos Serviços de Protecção Ambiental (DSPA), as queixas recebidas ao longo dos últimos anos sobre a poluição sonora estão relacionadas, principalmente, com os ruídos provenientes da vida social e das obras de construção.

Para impulsionar continuamente os trabalhos legislativos em matéria do ambiente e garantir a qualidade ambiental, a qualidade da saúde e o ambiente de vida e o tempo de descanso dos cidadãos de Macau, o Governo da RAEM, com base no Decreto-Lei n.º 54/94/M, de 14 de Novembro, estudou e analisou as experiências de regulação de ruído nas zonas adjacentes e, conjugando-as com as amplas opiniões coligidas através da consulta pública, elaborou a Lei n.º 8/2014 (Prevenção e controlo do ruído ambiental), que entrou oficialmente em vigor em 22 de Fevereiro de 2015. A presente revisão da lei do ruído tem como objecto principal o reforço do controlo de dois tipos de ruído que têm um maior impacto na população de Macau.

A Lei n.º 8/2014 (Prevenção e controlo do ruído ambiental) reforça o controlo do ruído das obras de fundações por estacas e de estruturas de suporte, incluindo a proibição do uso de equipamentos de bate-estacas, altamente poluidores, com martelos propulsionados a gásóleo, pneumáticos e a vapor, sendo que, o nível sonoro continuo equivalente (Leq) das obras de fundações por estacas não pode exceder o correspondente a uma exposição de 20 minutos a 85dB(A). A Lei exige simultaneamente que, antes da realização das obras de fundações por estacas e de estruturas de suporte, o interessado deve submeter à Direcção dos Serviços de Solos, Obras Públicas e Transportes (adiante designada por DSSOPT) um projecto de execução de obras com as especificações do equipamento de bate-estacas a utilizar, cabendo à Direcção dos Serviços de Protecção Ambiental (doravante designada por DSPA) emitir parecer de carácter vinculativo quanto ao projecto de execução das obras.

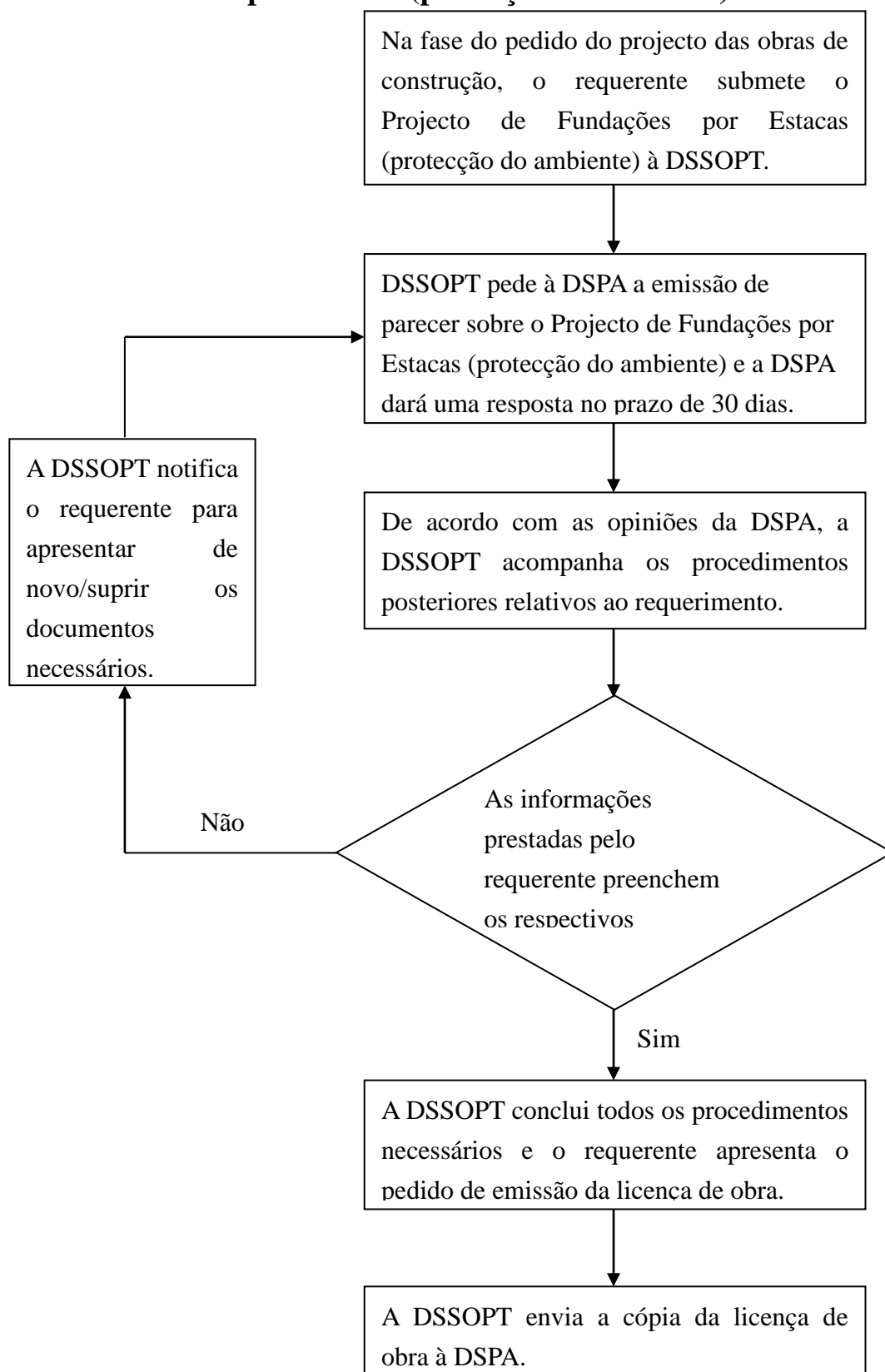
A fim de facilitar um melhor entendimento por parte do sector e do requerente sobre as novas medidas, a DSPA e a DSSOPT elaboraram conjuntamente as presentes Instruções para elaboração do Projecto de Fundações por Estacas (protecção do ambiente), explicando detalhadamente os processos de aprovação e os aspectos

importantes a observar na elaboração dos projectos, proporcionado o modelo do projecto de execução de obras, os pareceres técnicos, etc. e facultando também o modelo de referência destinado à selecção de tecnologias mais adequadas para a execução das obras de fundações por estacas e de estruturas de suporte, conforme as condições do local das obras, para que o sector e os requerentes possam considerar, já na fase de concepção, a situação do ruído produzido no local das obras, de forma a seleccionar as tecnologias de execução de fundações por estacas e de estruturas de suporte, assim como os seus equipamentos mecânicos mais adequados, ou a proceder ao ajustamento e aperfeiçoamento da respectiva concepção.

Para além disso, as respectivas medidas permitem ao Governo conhecer o projecto de execução das obras de fundações por estacas e a situação da realização das obras na fase inicial do seu desenvolvimento, apresentar sugestões e opiniões atempadamente ao requerente, evitando, deste modo, que o requerente só tenha conhecimento de que é necessário adoptar mais medidas que sejam adequadas para a prevenção e controlo da poluição no momento de execução das obras, podendo evitar assim a perda de tempo.

As instruções serão actualizadas ocasionalmente e de acordo com a situação na prática, podendo a versão mais recente das respectivas instruções ser consultada ou descarregada nos *websites* da DSPA (<http://www.dspa.gov.mo/guide.aspx>).

## Capítulo 2 Fluxograma de aprovação do Projecto de Fundações por Estacas (protecção do ambiente)



### **Capítulo 3 Observações gerais**

1. Devem ser usados os formulários fornecidos pela DSSOPT (vide anexos I e II).
2. Os documentos apresentados devem ter as páginas numeradas e o índice das plantas do projecto.
3. As formas de dobragem de folhas e de produção cartográfica, assim como as escalas das plantas devem obedecer aos requisitos previstos no artigo 27.º do Decreto-Lei n.º 79/85/M.
4. Os documentos ou as peças desenhadas constantes do projecto devem ser assinados conjuntamente pelo requerente e pelo técnico responsável.
5. O projecto de construção deve ser previamente aprovado ou estarem reunidas as condições para apreciação e aprovação.
6. As informações contidas no Projecto de Fundações por Estacas (protecção do ambiente) devem ser coerentes com o projecto de arquitectura; as informações e o projecto de arquitectura apresentados devem reflectir especificamente a respectiva concepção e satisfazer as exigências da legislação em vigor, não podendo ter qualquer falha de segurança, nem causar efeitos adversos ao público (ou a terceiros) ou prejuízos aos direitos e interesses públicos (ou de terceiros).
7. Devido à variedade de diplomas legais foram enumerados apenas os itens mais importantes. Para o cumprimento das disposições legais, antes de o projecto ser submetido à apreciação, deve o mesmo ser previamente revisto por técnico registado e responsável pela elaboração do projecto (engenheiro reconhecido na área relacionada) com vista a se obter um projecto profissional mais completo, especializado, de qualidade e que preenche os requisitos legais locais.

## **Capítulo 4 Observações para a elaboração do Projecto de Fundações por Estacas (protecção do ambiente)**

1. Para os projectos de construção que recorram às fundações por estacas ou que tenham as estruturas de suporte provisórias/permanentes (como por exemplo: estacas-prancha de aço, elementos verticais para a estrutura de suporte de caves) deve ser submetido o Projecto de Fundações por Estacas (protecção do ambiente).
2. O projecto de Fundações por Estacas (protecção do ambiente) deve ser acompanhado das seguintes informações:
  - 2.1 Declaração de responsabilidade do engenheiro civil pela elaboração de projectos de construção;
  - 2.2 Projecto de execução de obras de fundações por estacas e de estruturas de suporte;
  - 2.3 Informações sobre a planta de fundações por estacas e de estruturas de suporte.
3. As informações contidas na planta de fundações por estacas e de estruturas de suporte devem incluir a planta de fundações por estacas e de estruturas de suporte provisórias/permanentes do projecto de construção, a planta geográfica sobre os receptores sensíveis ao ruído do local das obras e dos edifícios habitacionais adjacentes. Os respectivos receptores sensíveis referem-se principalmente aos locais que são facilmente afectados pelo ruído e devem ser protegidos devido às suas características ou à finalidade, nomeadamente os edifícios para efeitos de alojamento, ensino, instalações sociais, saúde ou de serviços<sup>(5)</sup>, assim como as zonas ecológicas.
  - 3.1 **Planta de fundações por estacas:** é representada na escala 1:100, onde consta a quantidade e a distribuição de estacas; se houver uma planta de pormenor esta deve ser representada na escala 1:20.
  - 3.2 **Planta de estruturas de suporte provisórias/permanentes:** é representada na escala 1:100, onde constam a quantidade e a distribuição das estruturas de suporte provisórias/permanentes (como por exemplo: estacas-prancha de aço, elementos verticais para a estrutura de suporte de caves); se houver uma planta de pormenor esta deve ser representada na escala 1:20.
  - 3.3 **Planta geográfica sobre os receptores sensíveis do local das obras e dos edifícios habitacionais adjacentes:** é representada na escala 1:100, onde consta o local do projecto de fundações por estacas, assim como a distância entre o local do projecto e os receptores sensíveis adjacentes (como, por exemplo: residências ou escolas).
4. O projecto de execução de obras de fundações por estacas e de estruturas de suporte deve incluir as seguintes informações (vide o modelo de projecto de

execução das obras contido no capítulo 6 e no capítulo 7):

- 4.1 O método de execução de obras de cravação de estacas por vibração ou a técnica de perfuração;
  - 4.2 As máquinas necessárias para a execução de obras;
  - 4.3 Os procedimentos de execução das obras;
  - 4.4 A organização do horário de execução das obras de fundações por estacas e de estruturas de suporte;
  - 4.5 Os materiais a serem utilizados e os respectivos tipos.
5. No Projecto de Alteração deve ser efectuado o melhoramento conforme o parecer ou especificada a situação do respectivo cumprimento, ou, caso não seja cumprido, devem ser apresentados os fundamentos técnicos. E, ainda, no mesmo projecto, devem ser indicadas as partes modificadas na planta do projecto (por exemplo: o uso do diagrama do molde) para facilitar a leitura.



## **Capítulo 5 Observações para a concepção do Projecto de Fundações por Estacas (protecção do ambiente)**

1. A concepção e a execução da obra devem respeitar a legislação ambiental e os requisitos das convenções ambientais internacionais aplicáveis na Região Administrativa Especial de Macau, em particular a Lei n.º 8/2014 (Prevenção e controlo do ruído ambiental), o Decreto-Lei n.º 46/96/M, de 19 de Agosto (Regulamento de Águas e de Drenagem de Águas Residuais de Macau) e o Regulamento Administrativo n.º 28/2004 (Regulamento Geral dos Espaços Públicos). Mais informações relevantes estão disponíveis no *website* da DSPA ([www.dspa.gov.mo/law.aspx](http://www.dspa.gov.mo/law.aspx)).
2. Nos termos das disposições dos n.ºs 4 e 5 do artigo 4.º da Lei n.º 8/2014 (Prevenção e controlo do ruído ambiental), para efeitos de emissão de licença de obra relativa à cravação de estacas, o interessado deve submeter à DSSOPT um projecto de execução de obras com as especificações do equipamento de bate-estacas a utilizar; antes da emissão da respectiva licença de obra, a DSSOPT deve solicitar a emissão de parecer à DSPA, quanto ao projecto de execução de obras, tendo este parecer carácter vinculativo.
3. A concepção e a execução do Projecto de Fundações por Estacas (protecção do ambiente) precisam de ter em plena consideração o impacto provocado sobre os receptores sensíveis adjacentes (habitações, escolas, por exemplo), devendo também ser tomadas medidas apropriadas para minimizar os impactos produzidos pelo projecto sobre os habitantes e o ambiente circundante, especialmente os impactos causados por poluição sonora, poluição atmosférica, poluição da água, poluição luminosa e poluição por resíduos.
4. Recomenda-se aos construtores que dêem prioridade à utilização de tecnologias ou equipamentos mais amigos do ambiente e com supressão de ruído para a execução das obras de fundações por estacas e de estruturas de suporte, tais como a cravação de estacas, bate-estacas hidráulico, cravador de estacas estático por pressão ou a utilização de outros equipamentos de bate-estacas com supressão de ruído, sendo proibido o uso de bate-estacas tradicionais com martelos propulsionados a gasóleo, pneumáticos e a vapor.
5. Devem ser evitados os trabalhos de fundações por estacas e de estruturas de suporte, aos domingos e feriados, bem como no período compreendido entre as 18 horas e as 9 horas do dia seguinte nos restantes dias de semana.
6. O nível sonoro contínuo equivalente (Leq) do ruído produzido pelas obras de fundações por estacas e de estruturas de suporte, detectado em receptores sensíveis ao ruído mais próximos ao local de obras, não pode exceder o correspondente a uma exposição de 20 minutos a 85dB(A). Os construtores têm

de, simultaneamente, efectuar, durante a execução das obras, a monitorização periódica sobre o ruído no ambiente em redor do local de obras, para garantir que, no futuro, durante a execução das obras de construção, o ruído produzido pelas obras de fundações por estacas, detectado em receptores sensíveis ao ruído mais próximos ao respectivo local de obras, não exceda o limite acima referido.

7. Caso o resultado da avaliação preliminar do nível sonoro do ruído não satisfaça o padrão de 85dB(A), o requerente pode considerar em ajustar os equipamentos utilizados, instalar barreiras acústicas no local de obras ou adaptar outras medidas eficientes de prevenção e controlo.
8. Deve ser apresentado um relatório reconhecido e emitido pela parte terceira independente, agência de consultoria profissional para identificar, de forma eficaz, a eficácia acústica relativa às respectivas barreiras acústicas.
9. O horário dos trabalhos de alto ruído deve ser ajustado para que ocorra menos impacto sobre o ambiente circundante, tendo em conta a utilização de barreiras acústicas móveis ou outras medidas de prevenção e controlo do ruído para o combater, em especial na utilização de equipamentos de que dispõem para a execução da obra e com grande ruído, tais como os equipamentos de fundações por estacas e de estruturas de suporte, os geradores eléctricos, os compressores de ar, as bombas de alta pressão e os vibradores, entre outros.
10. Na medida do possível deve ser feito o ajustamento apropriado da ordem das operações no local das obras, para evitar a grave poluição causada pela utilização simultânea de um grande número de máquinas.
11. Relativamente às medidas de protecção ambiental durante a execução das obras, podem ser consultadas as «Instruções para controlo da poluição proveniente dos locais de obras», as «Instruções para controlo do ruído e fumo negro provocado por obras de construção e obras com cravação de estacas», as «Instruções para a separação dos resíduos nos locais de construção» e as «Instruções para o controlo de poluição proveniente das obras de demolição» que estão disponíveis no website da DSPA ([www.dspa.gov.mo/guide.aspx](http://www.dspa.gov.mo/guide.aspx)).

## **Capítulo 6 Modelo do projecto de execução das obras de fundações por estacas e de estruturas de suporte do Projecto de Fundações por Estacas (protecção do ambiente)**

Projecto de execução das obras de fundações por estacas e de estruturas de suporte do Projecto de Fundações por Estacas (protecção do ambiente)

N.º de processo (se houver):

### **1. Descrição geral**

Trata-se da descrição geral do projecto de construção, tais como a localização e a situação geográfica do projecto, entre outros dados, bem como os padrões e requisitos de referência em que estão baseados para a elaboração do projecto de execução de obras.

### **2. Tecnologia sobre obras de fundações por estacas**

Descrição dos métodos de execução de obras de cravação de estacas por vibração ou técnicas de perfuração (tais como, o método de utilização da cravação de estacas ou o uso da técnica - cravação das estacas por percussão), do número de estacas, dos materiais usados (tais como, tubos de aço para estacas, estacas pré-esforçadas ou estacas metálicas de perfil em H), dos procedimentos de construção, assim como dos padrões a ser cumpridos e estabelecidos pela Lei n.º 8/2014 (o nível sonoro contínuo equivalente (Leq) correspondente a uma exposição de 20 minutos a 85dB(A)), entre outros aspectos.

### **3. Tecnologia sobre obras de estruturas de suporte**

Descrição das tecnologias utilizadas para as obras de estruturas de suporte temporárias/permanentes (tal como, o uso de estacas-prancha por percussão ou martelos vibratórios hidráulicos), a quantidade, os materiais usados (tais como, a estaca-prancha de aço ou betão armado) e os procedimentos de construção, assim como a descrição dos padrões a ser cumpridos estabelecidos pela Lei n.º 8/2014 (o nível sonoro contínuo equivalente (Leq) correspondente a uma exposição de 20 minutos a 85dB(A)), entre outros aspectos.

### **4. Duração e horário de execução**

Indicação do tempo de duração das obras de fundações por estacas e de estruturas de suporte, e do horário diário, entre outros aspectos.

5. Máquinas utilizadas para a execução das obras

Indicação, em forma de formulário, das máquinas e dos equipamentos necessários para as obras de fundações por estacas e de estruturas de suporte (tais como, equipamento de perfuração de estacas, bate-estacas hidráulico, martelo vibratório hidráulico, compressor de ar ou outras máquinas auxiliares), assim como o período e o local do uso destas máquinas.

6. Medidas de prevenção e controlo de poluição ambiental (se houver)

Descrição das medidas a serem tomadas no Projecto de Fundações por Estacas (protecção do ambiente) para a prevenção e o controlo da poluição.

7. Sobre a situação de incumprimento do indicado no n.º \_\_\_\_\_, venho apresentar a seguinte justificação para que seja aceite: (se houver)

8. Justificação da não conformidade com a legislação (se houver)

Deve-se indicar as partes da concepção do Projecto de Fundações por Estacas (protecção do ambiente) que não reúnem os requisitos legais da RAEM e explicar o motivo.

Observações

Os eventuais aspectos não mencionados no presente texto e na planta do projecto estão sujeitos às normas e diplomas legais de construção vigentes na RAEM.

\_\_\_\_\_  
Dono da obra (assinatura)

XX de XXXX de 20XX

\_\_\_\_\_  
Técnico responsável pela elaboração do projecto (assinatura)

XX de XXXX de 20XX

## **Capítulo 7 Modelo de alteração do projecto de execução de obras de fundações por estacas e de estruturas de suporte do Projecto de Fundações por Estacas (protecção do ambiente)**

Alteração do projecto de execução de obras de cravação de estacas do Projecto de Fundações por Estacas (protecção do ambiente)

N.º de processo (se houver):

1. Sobre o parecer emitido pela DSSOPT ou pelo organismo/entidade a que se pediu o mesmo, efectua-se o melhoramento, respondendo “ponto por ponto” a cada item nele constante, especificando também a situação do cumprimento.
2. Indicação de outras alterações propostas por iniciativa do requerente (como, por exemplo, as alterações introduzidas para o método de execução de obras de cravação de estacas por vibração ou a técnica de perfuração, em resposta à localização dos receptores sensíveis circundantes).
3. Na planta do projecto devem ser indicadas as partes modificadas (por exemplo: diagrama do molde), dando uma explicação detalhada, a fim de facilitar a leitura e evitar que haja mal entendidos.
4. Os documentos e o número de plantas do projecto apresentados devem estar claramente identificados, para se substituir o conteúdo do plano anterior.
5. Sobre o incumprimento do indicado no n.º \_\_\_\_\_, venho apresentar a seguinte justificação para que seja aceite: (se houver)
6. Justificação da não conformidade com a legislação (se houver)  
Deve indicar as partes da concepção do actual Projecto de Fundações por Estacas (protecção do ambiente) que não reúnem os requisitos legais da RAEM e explicar o motivo.
7. Observações  
Os eventuais aspectos não mencionados no presente texto e na planta do projecto estão sujeitos às normas e diplomas legais de construção vigentes na RAEM.

---

Dono da obra (assinatura)

XX de XXXX de 20XX

---

Técnico responsável pela elaboração do projecto (assinatura)

XX de XXXX de 20XX

## **Capítulo 8 Referências**

1. Lei n.º 8/2014 (Prevenção e controlo do ruído ambiental).
2. Despacho do Chefe do Executivo n.º 248/2014 que aprova a “Norma sobre Acústica”.
3. Decreto-Lei n.º 46/96/M, de 19 de Agosto (Regulamento de Águas e de Drenagem de Águas Residuais de Macau).
4. Regulamento Administrativo n.º 28/2004 (Regulamento Geral dos Espaços Públicos)
5. “Instruções para controlo da poluição proveniente dos locais de obras” da DSPA.
6. “Instruções para controlo do ruído e fumo negro provocado por obras de construção e obras com cravação de estacas” da DSPA.
7. “Instruções para a separação dos resíduos nos locais de construção” da DSPA.
8. “Instruções para o controlo de poluição proveniente das obras de demolição” da DSPA.
9. “Instruções para o controlo de poluição proveniente dos processos de explosão e demolição” da DSPA.

## **Capítulo 9 Modelo de referência para selecção de tecnologias de fundações por estacas e de estruturas de suporte mais adequadas conforme as condições do local das obras**

Os valores e os exemplos indicados neste capítulo servem apenas de referência e para elaboração de cálculos simples. Estes dados visam ajudar o requerente para que possa, em diferentes condições do local das obras, considerar a escolha de tecnologias e equipamentos mecânicos mais adequados para a execução das obras de fundações por estacas e de estruturas de suporte e realizar uma auto-avaliação sobre o ruído. No entanto, a medição dos níveis efectivos de ruído gerado no local das obras, que perturbam os receptores sensíveis ao ruído, pode ser afectada por outros factores ambientais; portanto, para a elaboração de cálculos mais detalhados devem ser considerados outros princípios e factores acústicos, tais como, a eficácia das medidas de prevenção e controlo do ruído no local das obras, a distribuição do ambiente circundante e a capacidade de difusão de ruído, entre outros aspectos. Neste contexto, além do conteúdo deste capítulo, o requerente pode apresentar outras considerações razoáveis de acordo com a situação real, com vista a justificar a situação de cumprimento dos critérios estipulados pela Lei n.º 8/2014 (isto é, o nível sonoro contínuo equivalente (Leq) corresponde a uma exposição de 20 minutos a 85dB(A)).

## A. Exemplo de cálculo de fonte acústica simples <sup>(6)</sup>

<p><b>Exemplo 1</b></p> <p>Suponha-se que, num local de obras, foi utilizado um bate-estacas vibratório (martelo vibratório hidráulico) para a construção do muro de contenção. O receptor sensível ao ruído situa-se próximo ao local das obras, aliás, num lado que fica adjacente ao local das obras do receptor sensível ao ruído, em que existe um espaço côncavo onde se situa um pátio. Este pátio tem janelas em dois lados, mas não se pode ver directamente o bate-estacas vibratório em causa a partir destas janelas. A distância entre o muro de contenção projectado e as janelas do receptor sensível ao ruído mais próximo é de 3 metros.</p>	
<b>Factores para cálculo</b>	<b>Processos de cálculo</b>
1. Máquina utilizada – foi utilizado um bate-estacas vibratório (martelo vibratório hidráulico)	Consultar os dados constantes na Tabela 1, onde o nível sonoro corresponde a 113 dB(A).
2. Coeficiente correctivo de atenuação de distância – a distância entre a máquina e a localização do receptor sensível ao ruído é de 3 metros	Consultar os dados constantes na Tabela 3, onde o coeficiente de correcção de atenuação para a distância de 3m corresponde a 21 dB(A). Assim, os valores do nível sonoro equivalem a: $113 \text{ dB(A)} - 21 \text{ dB(A)} = 92 \text{ dB(A)}$
3. Quantidade de máquinas utilizadas – foi utilizado apenas um bate-estacas vibratório (martelo vibratório hidráulico)	Não são aplicáveis os valores de correcção constantes na Tabela 5.
4. Uma vez que as janelas se situam no espaço côncavo do pátio, através das janelas do receptor sensível ao ruído vê-se “uma barreira firme” (o próprio edifício), que obstrui totalmente a vista directa para os equipamentos mecânicos usados no local das obras, por isso, não se vê a máquina em causa.	Deve ser efectuada a correcção, tomando como referência o valor constante no n.º 1 da Tabela 6, isto é: $92 \text{ dB(A)} - 10 \text{ dB(A)} = 82 \text{ dB(A)}$
5. O receptor sensível ao ruído é uma residência.	Deve ser efectuada a correcção tomando como referência o valor constante no n.º 4 da Tabela 6,

	isto é: $82 \text{ dB(A)} + 3 \text{ dB(A)} = 85 \text{ dB(A)}$
Resultados: O nível sonoro contínuo equivalente ( $L_{eq}$ ) para o receptor sensível ao ruído corresponde a $85 \text{ dB(A)}$ , podendo satisfazer o correspondente a uma exposição de 20 minutos a $85 \text{ dB(A)}$ .	

## B. Exemplo de cálculo simples de duas fontes acústicas <sup>(6)</sup>

### Exemplo 2

É suposto que, num local de obras, foram escolhidas uma cravação de estacas com perfuração de grande diâmetro, broca de circulação reversa e um compressor de ar ( $\leq 10 \text{ m}^3/\text{minuto}$ ) para proceder aos trabalhos de cravação de estacas. Sendo de 10 metros a distância entre a cravação de estacas com perfuração, o compressor de ar e a localização da janela do receptor sensível mais próximo ao ruído. No caso, o receptor sensível ao ruído é uma residência e não a zona circundante do local das obras vizinho, sendo que a partir da janela da residência pode-se ver directamente as máquinas de cravação de estacas em causa.

Factores para cálculo	Processos de cálculo
1. Unidade utilizada – cravação de estacas, com perfuração de grande diâmetro, broca de circulação reversa e compressor de ar ( $\leq 10 \text{ m}^3/\text{minuto}$ )	Consultar os dados constantes na Tabela 2, onde o nível sonoro corresponde a $100 \text{ dB(A)}$
2. Coeficiente correctivo de atenuação de distância – a distância entre a unidade e a localização do receptor sensível ao ruído é de 10 metros	Consultar os dados constantes na Tabela 4, onde o coeficiente de correcção de atenuação para a distância de 10m corresponde a $28 \text{ dB(A)}$ . Assim, o valor do nível sonoro (o equipamento e compressor de ar) equivale a: $100 \text{ dB(A)} - 28 \text{ dB(A)} = 72 \text{ dB(A)}$
3. Quantidade de unidades utilizadas – foram utilizadas uma cravação de estacas, com perfuração de grande diâmetro, broca de circulação reversa e um compressor de ar ( $\leq 10 \text{ m}^3/\text{minuto}$ )	A diferença dos valores de nível sonoro entre o equipamento e o compressor de ar é: $72 \text{ dB(A)} - 72 \text{ dB(A)} = 0 \text{ dB(A)}$ , por isso, tomando como referência os dados constantes na Tabela 5, é necessário adicionar mais $3 \text{ dB(A)}$ ao nível sonoro mais alto ( $72 \text{ dB(A)}$ ), ou seja: $72 \text{ dB(A)} + 3 \text{ dB(A)} = 75 \text{ dB(A)}$
4. O receptor sensível ao ruído não fica próximo ao	Não são aplicáveis os valores de correcção constantes nos n.ºs 1, 2 e 3 da Tabela 6



local de obras, e a partir da janela do referido receptor, pode-se ver directamente as máquinas de cravação de estacas em causa	
5. O receptor mais sensível ao ruído é uma residência	Deve ser efectuada a correcção, tomando como referência o valor constante no n.º 4 da Tabela 6, isto é: $75 \text{ dB(A)} + 3 \text{ dB(A)} = 78 \text{ dB(A)}$
Resultados: O nível sonoro contínuo equivalente ( $L_{eq}$ ) para o receptor sensível ao ruído corresponde a $78 \text{ dB(A)}$ , podendo satisfazer o correspondente a uma exposição de 20 minutos a $85 \text{ dB(A)}$ .	

### C. Exemplo de cálculo simples de três fontes acústicas <sup>(6)</sup>

<p><b>Exemplo 3</b></p> <p>Presumindo que, num local de obras foram utilizados três cravadores de estacas estático hidráulico, sendo de 10 metros, 15 metros e 20 metros, respectivamente, a distância entre as estacas concebidas e a localização da janela do receptor sensível mais próximo ao ruído. Neste caso, o receptor sensível ao ruído é uma residência e não a zona circundante do local de obras vizinho, sendo que a partir da janela da residência pode-se ver directamente as máquinas de escavação de estacas em causa.</p>	
<b>Factores para cálculo</b>	<b>Processos de cálculo</b>
1. Máquina utilizada – Cravador de estacas estático hidráulico	Consultar os dados constantes na Tabela 2, onde o nível sonoro corresponde a $98 \text{ dB(A)}$
2. Coeficiente correctivo de atenuação de distância – a distância entre as três máquinas e a localização do receptor sensível ao ruído é de 10 metros, 15 metros e 20 metros, respectivamente	Consultar os dados constantes na Tabela 4, onde os coeficientes de correcção de atenuação para a distância de 10m, 15m e 20m correspondem a $28 \text{ dB(A)}$ , $32 \text{ dB(A)}$ e $34 \text{ dB(A)}$ , respectivamente. Assim, os valores do nível sonoro equivalem a: $98 \text{ dB(A)} - 28 \text{ dB(A)} = 70 \text{ dB(A)}$ $98 \text{ dB(A)} - 32 \text{ dB(A)} = 66 \text{ dB(A)}$ $98 \text{ dB(A)} - 34 \text{ dB(A)} = 64 \text{ dB(A)}$
3. Quantidade de máquinas utilizadas – foram utilizados três cravadores de estacas estático hidráulico no local de obras	A diferença dos valores do nível sonoro entre os primeiros dois cravadores de estacas é: $70 \text{ dB(A)} - 66 \text{ dB(A)} = 4 \text{ dB(A)}$ , por isso, tomando como referência os dados constantes na Tabela 5, é necessário adicionar mais $1,5 \text{ dB(A)}$ ao nível sonoro

	mais alto (70dB(A)), isto é: $70 \text{ dB(A)} + 1,5 \text{ dB(A)} = 71,5 \text{ dB(A)}$ . Então, a diferença dos valores do nível sonoro entre a soma das primeiras duas máquinas e o restante cravador de estacas é $71,5 \text{ dB(A)} - 64 \text{ dB(A)} = 7,5 \text{ dB(A)}$ , portanto, tomando mais uma vez como referência os dados constantes na Tabela 5, é necessário adicionar mais 0,5 dB(A) ao nível sonoro mais alto (71,5 dB(A)), isto é: $71,5 \text{ dB(A)} + 0,5 \text{ dB(A)} = 72 \text{ dB(A)}$
4.O receptor sensível ao ruído não fica próximo ao local de obras e, a partir da janela do referido receptor, pode-se ver directamente as máquinas de cravação de estacas em causa.	Não são aplicáveis os valores de correcção constantes nos n.ºs 1, 2 e 3 da Tabela 6
5.O receptor mais sensível ao ruído é uma residência	Deve ser efectuada a correcção tomando como referência o valor constante no n.º 4 da Tabela 6, isto é: $72 \text{ dB(A)} + 3 \text{ dB(A)} = 75 \text{ dB(A)}$
Resultados: O nível sonoro continuo equivalente (Leq) para o receptor sensível ao ruído corresponde a 75 dB(A), podendo satisfazer o correspondente a uma exposição de 20 minutos a 85 dB(A).	

#### D. Exemplo de cálculo simples de múltiplas fontes sonoras <sup>(6)</sup>

<p><b>Exemplo 4</b></p> <p>Supõe-se que, num local de obras foram utilizados cinco bate-estacas vibratórios (martelo vibratório hidráulico) para a construção do muro de contenção. A distância entre o muro de contenção projectado e as janelas do receptor sensível mais próximo ao ruído é de 20 metros, 25 metros, 30 metros, 35 metros e 40 metros, respectivamente. Neste caso, o receptor sensível ao ruído é uma residência e não a zona circundante do local das obras vizinho, sendo que a partir da janela do receptor sensível ao ruído ou de outras aberturas também não se pode ver directamente as máquinas de escavação de estacas em causa.</p>	
<b>Factores para cálculo</b>	<b>Processos de cálculo</b>
1.Máquina utilizada – bate-estacas vibratório (martelo vibratório hidráulico)	Consultar os dados constantes na Tabela 1, onde o nível sonoro corresponde a 113 dB(A)
2.Coefficiente correctivo de atenuação	Consultar os dados constantes na Tabela 3,

<p>de distância – a distância entre as máquinas e a localização do receptor sensível ao ruído é de 20 metros, 25 metros, 30 metros, 35 metros e 40 metros, respectivamente.</p>	<p>onde os coeficientes correctivos de atenuação para a distância de 20m, 25m, 30m, 35m e 40m correspondem a 36 dB(A), 38 dB(A), 40 dB(A), 41 dB(A) e 43 dB(A). Assim, os valores do nível sonoro equivalem a:</p> <p>113 dB(A)-36 dB(A)=77 dB(A),  113 dB(A)-38 dB(A)=75 dB(A),  113 dB(A)-40dB(A)=73 dB(A),  113 dB(A)-41dB(A)=72 dB(A),  113 dB(A)-43dB(A)=70 dB(A).</p>
<p>3.Quantidade de máquinas utilizadas – foram utilizados cinco bate-estacas vibratórios (martelo vibratório hidráulico) * no local de obras</p>	<p><b>Método de avaliação 1:</b></p> <p>A diferença dos valores do nível sonoro entre os primeiros dois bate-estacas é: 77 dB(A)-75 dB(A)=2 dB(A), por isso, tomando como referência os dados constantes na Tabela 5, é necessário adicionar mais 2 dB(A) ao nível sonoro mais alto (77 dB(A)), isto é: 77 dB(A)+2 dB(A)=79 dB(A). Então, a diferença dos valores do nível sonoro entre a soma destas duas máquinas e o bate-estacas que dista 30 metros do receptor sensível é 79 dB(A)-73 dB(A)=6 dB(A) e, tomando mais uma vez como referência os dados constantes na Tabela 5, é necessário adicionar mais 1 dB(A) ao nível sonoro mais alto (79 dB(A)), isto é: 79 dB(A)+1 dB(A)=80 dB(A). A diferença dos valores do nível sonoro entre a soma de três máquinas atrás referidas e o bate-estacas que dista 35 metros do receptor sensível é 80 dB(A)-72 dB(A)=8 dB(A) e, tomando de novo como referência os dados constantes na Tabela 5, é necessário adicionar mais 0,5 dB(A) ao nível sonoro mais alto (80dB(A)), isto é: 80 dB(A)+0,5 dB(A)=80,5 dB(A). Em seguida, a diferença dos valores do nível sonoro entre a soma de quatro máquinas mencionadas e o bate-estacas que dista 40 metros do receptor sensível é 80,5 dB(A)-70 dB(A)=10,5 dB(A) e, tomando</p>

	<p>novamente como referência os dados constantes na Tabela 5, é necessário adicionar mais 0,5 dB(A) ao nível sonoro mais alto (80,5 dB(A)), isto é: 80,5 dB(A)+0,5 dB(A)=81 dB(A).</p> <p><b>Método de avaliação 2:</b></p> <p>Caso o número dos equipamentos mecânicos a utilizar no local de obras seja superior a 3, propõe-se a utilização do presente método de avaliação para calcular directamente os resultados de avaliação do nível sonoro, aproveitando uma fórmula de soma sobre o ruído.</p> $L_T = 10 \times [ \log (10^{(L_{\text{martelo vibratório hidráulico 1/10}})} + 10^{(L_{\text{martelo vibratório hidráulico 2/10}})} + \dots + 10^{(L_{\text{martelo vibratório hidráulico 5/10}})} ) ]$ $81 = 10 \times [ \log( 10^{(77/10)} + 10^{(75/10)} + 10^{(73/10)} + 10^{(72/10)} + 10^{(70/10)} ) ]$
4.O receptor sensível ao ruído não fica próximo ao local de obras e, a partir da janela do referido receptor, pode-se ver directamente as máquinas de cravação de estacas em causa.	Devem ser aplicados os valores de correcção constantes no n.º3 da Tabela 6, isto é: 81,0 dB(A) -5 dB(A) =76,0 dB(A)
5.O receptor sensível ao ruído é uma residência	Deve ser efectuada a correcção tomando como referência o valor constante no n.º 4 da Tabela 6, isto é: 76,0 dB(A) +3 dB(A) =79,0 dB(A)
Resultados: O nível sonoro continuo equivalente (Leq) para o receptor sensível ao ruído corresponde a 79,0 dB(A), podendo satisfazer o correspondente a uma exposição de 20 minutos a 85dB(A).	

Tabela 1 Valores de referência do nível sonoro dos equipamentos de cravação de estacas por percussão <sup>(1,2)</sup>

Equipamentos mecânicos	Nível de sonoro (dB(A))
Martelo de cravação de estacas de betão armado	116
Martelo de cravação de estacas metálicas	126
Martelo de cravação de estacas-prancha de aço	129
Martelo hidráulico (de dupla acção) de cravação de estacas de betão armado pré-esforçado	126
Martelo hidráulico (de dupla acção) de cravação de estacas metálicas	129
Martelo hidráulico (de dupla acção) de cravação de estacas-prancha de aço	129
Martelo hidráulico (de dupla acção) de cravação de estacas de betão armado pré-esforçado	122
Martelo hidráulico (acção simples) de cravação de estacas metálicas	126
Martelo hidráulico (acção simples) de cravação de estacas-prancha de aço	126
Martelo pneumático ou a vapor (de dupla acção) de cravação de estacas-prancha de aço	135
Martelo pneumático ou a vapor (de dupla acção) de cravação de estacas metálicas	130
Dispositivo de extracção	129
Bate-estacas vibratório (martelo vibratório hidráulico)	113

Tabela 2 Valores de referência do nível sonoro dos equipamentos de fundações por estacas não por percussão <sup>(1,2)</sup>

Equipamentos mecânicos	Nível de sonoro (dB(A))
Cravação de estacas, com perfuração de grande diâmetro, garras e chisel	115
Cravação de estacas, com perfuração de grande diâmetro, oscilador	115
Cravação de estacas, com perfuração de grande diâmetro, broca de circulação reversa	100
Cravação de estacas, sem-fim de remoção de terras, sem-fim	114
Unidade de perfuração de solo	110
Cravador de estacas estático por pressão	75
Draga de garras	112
Draga de corrente de baldes	118
Cravação de estacas, parede diafragma, central de filtração de bentonites	105
Cravação de estacas, parede diafragma, extractor hidráulico	90
Unidade de escavação de revestimento completo	107
Cravador de Estacas Estático Hidráulico (Estacas de betão armado pré-esforçado e de estacas-prancha de aço)	98
Disjuntor, montado na escavadora (pneumático)	122
Disjuntor, montado na escavadora (hidráulico)	122
Compressor de ar, cujo fluxo de ar $\leq 10 \text{ m}^3/\text{minuto}$	100
Compressor de ar, cujo fluxo de ar $> 10 \text{ m}^3/\text{minuto} \leq 30 \text{ m}^3/\text{minuto}$	102
Compressor de ar, cujo fluxo de ar $> 30 \text{ m}^3/\text{minuto}$	104
Geradores padrão	108

Tabela 3 Coeficiente correctivo de atenuação de distância para os equipamentos de cravação de estacas por percussão (a ser aplicado em conjugação com a Tabela 1) <sup>(1)</sup>

Distância (m)	(dB(A)) Coeficiente correctivo (dB(A))	Distância (m)	(dB(A)) Coeficiente correctivo (dB(A))
0	17	44 a 48	44
1	17	49 a 53	45
2	20	54 a 59	46
3	21	60 a 65	47
4	23	66 a 72	48
5	24	73 a 79	49
6	24	80 a 87	50
7	25	88 a 96	51
8	26	97 a 107	52
9	27	108 a 118	53
10	29	119 a 130	54
11	30	131 a 144	55
12	30	145 a 159	56
13	31	160 a 175	57
14	32	176 a 193	58
15	33	194 a 214	59
16	33	215 a 236	60
17	34	237 a 260	61
18	34	261 a 288	62
19	35	289 a 317	63
20 a 21	36	318 a 351	64
22 a 24	37	352 a 387	65
25 a 26	38	388 a 427	66
27 a 29	39	428 a 472	67
30 a 32	40	473 a 521	68
33 a 36	41	522 a 575	69
37 a 39	42	576 a 635	70
40 a 43	43	636 a 700	71

Tabela 4 Coeficiente correctivo de atenuação de distância para os equipamentos de fundações por estacas sem uso de percussão (a ser aplicado em conjugação com a Tabela 2) <sup>(1)</sup>

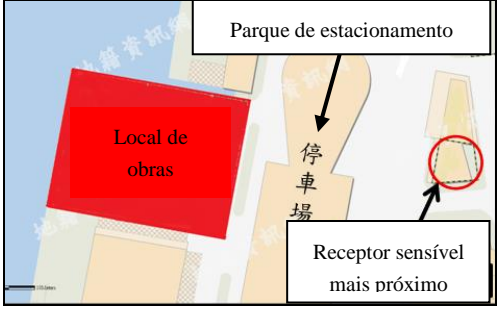
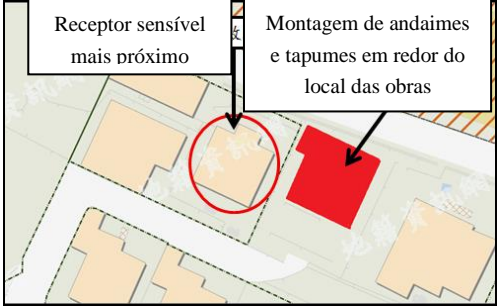
Distância (m)	Coeficientes correctivo (dB(A))	Distância (m)	Coeficiente correctivo (dB(A))
0	8	30 a 33	38
1	8	34 a 37	39
2	14	38 a 41	40
3	18	42 a 47	41
4	20	48 a 52	42
5	22	53 a 59	43
6	24	60 a 66	44
7	25	67 a 74	45
8	26	75 a 83	46
9	27	84 a 93	47
10	28	94 a 105	48
11	29	106 a 118	49
12	30	119 a 132	50
13	30	133 a 148	51
14	31	149 a 166	52
15 a 16	32	167 a 187	53
17 a 18	33	188 a 210	54
19 a 21	34	211 a 235	55
22 a 23	35	236 a 264	56
24 a 26	36	265 a 300	57
27 a 29	37		

Tabela 5 Cálculo da Soma dos valores do nível sonoro de ruído <sup>(1)</sup>

Diferença (dB(A)) entre dois valores do nível sonoro de ruído que necessitam de ser calculados	Valores (dB(A)) a adicionar ao nível sonoro de ruído mais alto
0 a 0,5	3,0
1,0 a 1,5	2,5
2,0 a 3,0	2,0
3,5 a 4,5	1,5
5,0 a 7,0	1,0
7,5 a 12,0	0,5
12,0 e superior	0



Tabela 6 Outros coeficientes de correcção<sup>(1)</sup>

Motivos de correcção	Coeficientes de correcção (dB(A))	Exemplos
<p>Se se olhar para fora das janelas, portas, ou outras aberturas das paredes externas do receptor sensível ao ruído, pode-se encontrar uma barreira firme que tapa completamente os equipamentos mecânicos utilizados no local das obras, não podendo, assim, estes equipamentos ser vistos.</p> <p># Barreira firme refere-se a objectos reais de grande dimensão, tais como edifícios habitacionais ou características topográficas que podem servir como uma barreira acústica eficaz, com a excepção de tapumes, andaimes, etc.</p>	-10	 <p>Local de obras</p> <p>Parque de estacionamento</p> <p>Receptor sensível mais próximo</p>
<p>Se se olhar para fora das janelas, portas, ou outras aberturas das paredes externas do receptor sensível ao ruído, pode-se encontrar uma barreira (não é uma barreira firme como a atrás referida) que tapa completamente todos os equipamentos mecânicos utilizados no local das obras.</p>	-5	 <p>Receptor sensível mais próximo</p> <p>Montagem de andaimes e tapumes em redor do local das obras</p> <p>Receptor sensível mais próximo</p> <p>Montagem de andaimes e tapumes em redor do local das obras</p>

<p>Caso em que o receptor sensível ao ruído se situe adjacente ao local das obras, mas se olhar para fora das janelas, portas, ou outras aberturas das paredes externas deste receptor sensível, os equipamentos mecânicos utilizados no local das obras não podem ser vistos directamente.</p>	<p>-5</p>	<div data-bbox="949 174 1460 481"> </div> <p>Não há quaisquer portas, janelas e outras aberturas das paredes no local de obras que fica perto do receptor sensível mais próximo</p> <p>local das obras</p>
<p>Caso em que o receptor sensível ao ruído se refere, principalmente, aos locais que são facilmente afectados pelo ruído e devem ser protegidos devido às suas características ou à finalidade, nomeadamente aos edifícios para efeitos de alojamento, ensino, instalações sociais, saúde ou de serviços<sup>(5)</sup>, assim como às zonas ecológicas.</p>	<p>+3</p>	<div data-bbox="949 761 1460 1153"> </div> <p>Prédio de habitação</p>

Notas:

- (1) Fontes de referência: «*Technical Memorandum on Noise from Percussive Piling*», e «*Technical Memorandum on Noise from Construction Work other than Percussive Piling*», de *Environmental Protection Department, Hong Kong*; e «Especificações Técnicas para o modelo de avaliação do ruído na Engenharia de Construção» e de *Environmental Protection Administration, Taiwan*;
- (2) Em referência às Tabelas 1 e 2, ao consultar os valores do nível sonoro dos respectivos equipamentos mecânicos, caso os equipamentos mecânicos utilizados no local das obras não estejam incluídos no formulário, o requerente pode solicitar as informações ao fabricante dessas máquinas, ou consultar as respectivas informações, escolhendo voluntariamente os valores do nível sonoro mais adequados;
- (3) Deve ser seleccionada a localização das estacas ou muro de contenção mais próximos aos receptores sensíveis ao ruído, para ser considerada como o sítio da fonte acústica;
- (4) Para determinar a distância entre o sítio da fonte acústica e o receptor sensível ao ruído não se deve ter em conta a parede exterior fechada. Esta distância é calculada até à localização da parede exterior das janelas, portas e outras aberturas do receptor sensível ao ruído. Na medição deve ser utilizada a distância planimétrica ou, de acordo com a situação real, a distância oblíqua, de forma apropriada;
- (5) Geralmente, os locais onde a sua ventilação se efectua através de janelas abertas, são considerados como receptores sensíveis do ruído, incluindo (mas não se limitando a) o seguinte:
  - (a) Locais com finalidade residencial:  
Por exemplo: Residências, instalações habitacionais provisórias, lares de idosos, hotéis, pousadas, etc.;
  - (b) Estabelecimentos com finalidade institucional:  
Estabelecimentos de ensino como, por exemplo: escolas, creches e jardins-de-infância;  
Instalações sociais como, por exemplo: bibliotecas, salas do auditório, juízos, locais religiosos ao público, etc.;
  - Instituições médicas como, por exemplo: hospitais, sanatórios, etc.;
- (6) O respectivo exemplo de cálculo só serve de referência e a forma de cálculo real deve ser ajustada de acordo com os equipamentos e o funcionamento do local das obras.