

# Parques Eólicos - Estudo dos Impactes no Ambiente Sonoro

## I - Influência no Ruído Local

Dulce Churro<sup>a</sup>, M. João Zambujo<sup>a</sup>, C. César Rodrigues<sup>a,b</sup> e J. L. Bento Coelho<sup>a,c</sup>

<sup>a</sup> Acusticontrol - Consultores em Engenharia e Controlo de Ruído, Lda., Av. Almirante Gago Coutinho, 59 - 5<sup>o</sup> Dt<sup>o</sup> A, 1700-027 Lisboa, Portugal, [email@acusticontrol.com](mailto:email@acusticontrol.com)

<sup>b</sup> Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, 1950-062 Lisboa, Portugal

<sup>c</sup> CAPS - Instituto Superior Técnico, 1047-001 Lisboa, Portugal

**RESUMO:** A crescente procura pela comunidade internacional de novas formas de energia, nomeadamente de energia limpa e renovável, tem determinado a proliferação de Parques Eólicos. Também em Portugal, a opção pela Energia Eólica tem vindo a acompanhar esta tendência, tanto mais que as condições naturais existentes no nosso País assim o favorecem.

De qualquer forma, a implantação de um Parque Eólico origina uma potencial alteração do ambiente sonoro local, pelo que a sua influência deve ser convenientemente estudada e, quando necessário, controlada e/ou minimizada na proximidade de comunidades ou núcleos habitacionais.

Os autores deste artigo, cuja experiência em Estudos Acústicos de Parques Eólicos e de aerogeradores é significativa e consistente, apresentam as metodologias seguidas na análise dos efeitos observados no ruído ambiente da zona de implantação de um Parque Eólico, bem como a especificação otimizada das características dos aerogeradores, em 2 artigos subordinados ao tema: *Parques Eólicos - Estudo dos Impactes no Ambiente Sonoro: I) Influência no Ruído Local; II) Configuração Otimizada de Potências Sonoras*.

Neste primeiro artigo (*I - Influência no Ruído Local*), são evidenciadas as influências do ruído gerado pelos aerogeradores de um Parque Eólico no ambiente sonoro local. É referido, de forma clara, o cuidado e a atenção a ter na correspondente análise de impactes, nomeadamente no que respeita à adequada caracterização da Situação de Referência. Factores, como, por exemplo, a velocidade do vento, são determinantes para a correcta avaliação dos impactes no ambiente sonoro. São apresentados e descritos casos exemplares.

É, também, exemplificado, neste artigo, a caracterização de uma Situação de Referência, bem como os correspondentes acréscimos de ruído que se prevêm durante a plena exploração de um Parque Eólico.

Em artigo complementar (*II - Configuração Otimizada de Potências Sonoras*), é mostrado que através da optimização da Potência Sonora dos aerogeradores é possível minimizar os efeitos do ruído produzido por um Parque Eólico.

**ABSTRACT:** The increasing search for new types of energy, especially clean and renewable energy, has led to a growing number of Wind Farms. In Portugal, this trend has also been followed, given the favourable natural conditions that the country offers.

A wind farm may, however, contribute to the increase of the local noise environment, making it necessary to study its influence to the ambient noise in the vicinity of local communities and, if necessary, to control and/or reduce the noise emissions of the wind turbines.

In a set of two complementary papers, *Wind Farms – Acoustical Environmental Impact Study: I) Local Noise Impact; II) Sound Power Optimised Configuration*, the method for the study of noise from wind farms as well as the techniques for optimization of the acoustical emissions of the wind turbines are presented and described. The authors have a large experience in acoustical studies of wind farms and wind turbines.

In this first paper (*I - Local Noise Impact*), the assessment of the contribution of the noise generated by the wind turbines to the local overall noise levels is described. The need to take into account relevant factors, such as, for example, the wind velocity, is stressed. This is shown to be determinant for an adequate assessment of the noise

environment impacts. Typical examples are presented. An example is presented of a typical study of the ambient noise prior to the installation of a wind farm. Predictions of the noise levels with the wind turbines in operation are shown. The method is described and results are presented.

In a second paper (*II - Sound Power Optimised Configuration*), the authors show that through the wind turbines Sound Power optimisation it is possible to minimize the noise effects induced by a Wind Farm.

## 1. INTRODUÇÃO

A instalação e a exploração de um Parque Eólico são susceptíveis de induzir impactes no ambiente sonoro da sua área envolvente. Em particular, o ambiente sonoro junto a usos do solo com sensibilidade ao ruído existentes na proximidade do Parque poderá ser potencialmente afectado, nomeadamente se se verificar a existência de linha de vista desimpedida entre ambos.

Apesar do ruído devido a um Parque Eólico poder começar na fase de construção, com a instalação das linhas de energia e das torres, não será esta considerada no presente trabalho, por ficar fora do âmbito desta análise.

A avaliação do ruído gerado pelo normal funcionamento dos aerogeradores que constituem um Parque Eólico terá por base (i) uma caracterização do ambiente sonoro existente na área envolvente do Parque, antes



da instalação dos aerogeradores e (ii) uma análise acústica previsional do ruído que será observado nos mesmos locais, durante o pleno funcionamento do empreendimento. Este considerará as características de potência dos diferentes aerogeradores, a sua localização espacial e as características topográficas dos terrenos. Enquanto as potências das máquinas determinam as suas emissões sonoras, a sua localização e a orografia da zona determinarão a propagação acústica e o estabelecimento dos campos sonoros nos receptores eventualmente existentes.

A comparação das previsões acústicas com os níveis de ruído medidos localmente, permite concluir, à luz do enquadramento legal vigente [1], da eventual existência de situações de incumprimento. Caso se verifiquem tais situações, serão dimensionadas e especificadas as necessárias e adequadas medidas minimizadoras de ruído.

Os autores deste artigo, cuja experiência em Estudos Acústicos de Parques Eólicos é significativa e consistente, apresentam em dois artigos complementares metodologias para análise e minimização de impactes no ambiente sonoro local devido a Parques Eólicos. No



presente artigo, é descrita a metodologia a seguir na caracterização da Situação de Referência, isto é, na caracterização das condições acústicas existentes na área de influência do ruído gerado pelos aerogeradores que constituem um Parque Eólico.

Em artigo complementar, será apresentada a metodologia seguida pelos autores na optimização do conjunto de potências sonoras dos aerogeradores constituintes do Parque Eólico, de forma a minimizar a alteração do ambiente sonoro resultante da operação do parque [2].

## **2. CARACTERIZAÇÃO ACÚSTICA DO RUÍDO RESIDUAL**

### **2.1. Metodologia**

A caracterização do Ruído Residual, isto é, do ruído existente na zona de influência do ruído gerado por um Parque Eólico, antes da instalação dos aerogeradores que o constituirão, deve ser efectuada através de uma adequada campanha de medições acústicas.

Estas medições devem ser realizadas recorrendo a um sonómetro digital integrador de modelo aprovado pelo Instituto Português da Qualidade que incorpore filtros de análise em frequência por bandas de terços de oitava. O sonómetro deve ser convenientemente calibrado com o respectivo calibrador sonoro, antes do início e após o termo de cada sessão de medições, não se devendo verificar desvios das posições de calibração.

O microfone do sonómetro deve ser equipado com um protector de vento de forma a evitar sinais espúrios de baixa frequência, que estarão com certeza presentes. Qualquer energia residual assumirá, então, importância irrelevante já que todas as medições devem ser realizadas com malha de ponderação A.

Uma vez que, desde que as condições meteorológicas o permitam, um Parque Eólico funcionará permanentemente, isto é, 24 sobre 24 horas, as medições acústicas devem ser efectuadas na vigência dos períodos diurno (07h00 – 22h00) e nocturno (22h00 – 07h00), de acordo com as disposições normativas e legais em vigor.

Devem ser seguidas as recomendações descritas na normalização portuguesa aplicável, nomeadamente as constantes na NP-1730, "Acústica. Descrição e medição do ruído ambiente", Partes 1 e 2, Outubro 1996.

Serão, então, registados, pelo menos, os valores do índice  $L_{Aeq}$ , devendo ser tomados nas medições os tempos de integração necessários a garantir a estacionaridade temporal dos sinais sonoros medidos.

### **2.2. Resultados**

A título exemplificativo, apresenta-se no quadro seguinte, o valor registado para o índice  $L_{Aeq}$  do Ruído Residual (no período diurno e no período nocturno) num local situado na proximidade de um local com uso do solo considerado com sensibilidade ao ruído, situado na zona envolvente de um futuro Parque Eólico.

Apresentam-se, também, indicações relativas às fontes sonoras mais importantes que determinam o ambiente sonoro local.

	Período Diurno	Período Nocturno
$L_{Aeq}$ [dB(A)]	48,2	41,1
Fontes de Ruído	naturais tráfego rodoviário	naturais tráfego rodoviário

Chama-se a atenção para o facto de as medições acústicas terem sido efectuadas na vigência dos dois períodos de referência, com uma velocidade do vento da ordem dos 4 m/s.

### 2.3. Análise dos Resultados

Os valores registados e constantes no quadro anterior são característicos de zonas afastadas de fontes sonoras relevantes, com ambiente sonoro muito sossegado.

A vasta experiência dos autores deste artigo em Estudos Acústicos de Parques Eólicos, permite afirmar que esta é a situação típica que se encontra para o Ruído Residual característico de locais situados na proximidade de futuros Parques Eólicos.

## 3. INFLUÊNCIA DO VENTO

### 3.1. Metodologia

Tendo em conta que a potência nominal de um aerogerador, ou por outras palavras, a capacidade de produção de energia de um aerogerador aumenta, para uma determinada densidade de ar, com o aumento da velocidade do vento, é natural que a instalação de um Parque Eólico se faça em zonas onde os ventos possam assumir velocidades apreciáveis.

Ora, o ruído devido ao vento aumenta com o aumento da velocidade deste e consequentemente os valores que se obtiveram nas medições acústicas do Ruído Residual seriam diferentes, no caso de terem sido efectuadas com ventos com velocidades superiores a 4 m/s.

Assim sendo, é indispensável contabilizar os efeitos da velocidade do vento. Para tal pode proceder-se segundo dois métodos: ou (i) efectuar registos dos níveis sonoros em distintas condições de velocidades do vento, que incluirão os valores correspondentes às potências nominais dos aerogeradores, ou (ii) corrigir os valores de  $L_{Aeq}$  do Ruído Residual registados (constantes do quadro anterior, por exemplo) sempre que a velocidade do vento seja superior a 4 m/s, ou seja, quando os aerogeradores radiarem as suas potências máximas e consequentemente produzirem mais ruído.

### 3.2. Efeitos do vento

Com vista à determinação da contribuição do vento para o ruído observado em determinado local, os autores do presente artigo efectuaram diversas medições acústicas em diferentes locais onde o vento se assumia como a única fonte de ruído relevante, procedendo em seguida a um adequado tratamento estatístico dos valores obtidos.

No quadro seguinte e para diferentes velocidades de vento são apresentados os valores característicos do parâmetro  $L_{Aeq}$  registados para o ruído produzido unicamente pelo vento (ruído aerodinâmico gerado em construções e outros objectos locais, ruído de vento nas árvores e folhagens, essencialmente).

Velocidade do Vento [m/s]	$L_{Aeq}$ [dB(A)]
4	27,5
5	28,0
10	42,0
13	44,5
15	46,0

Conclui-se, portanto, que até velocidades de vento da ordem dos 4 a 5m/s, a contribuição do ruído devido unicamente ao vento para o ambiente sonoro é reduzida. No entanto, para velocidades superiores a 10 m/s aquela contribuição é, claramente, significativa, devendo, portanto, ser tomada em consideração.

Ora, são estas velocidades de vento que correspondem às situações para as quais a operação normal dos aerogeradores foi projectada (entre 11 e 15 m/s, geralmente).

## 4. CARACTERIZAÇÃO ACÚSTICA DA SITUAÇÃO DE REFERÊNCIA

### 4.1. Metodologia

Tendo como base os valores do parâmetro  $L_{Aeq}$  do Ruído Residual e os valores do parâmetro  $L_{Aeq}$  do ruído de vento, é possível projectar os valores do Ruído Residual quando a velocidade do vento assume valores diferentes de 4 m/s.

A projecção destes valores é feita adicionando, energeticamente, os valores constantes dos dois quadros anteriores, considerando que se trata de fontes contribuintes independentes.

### 4.2. Resultados

Seguindo a metodologia atrás descrita, o parâmetro  $L_{Aeq}$  do Ruído Residual assumirá, para diferentes velocidades de vento, os valores indicados no quadro seguinte:

Velocidade do Vento [m/s]	Período Diurno	Período Noturno
	$L_{Aeq}$ [dB(A)]	$L_{Aeq}$ [dB(A)]
4	48,2	41,3
5	48,2	41,3
10	49,1	44,6
13	49,7	46,1
15	50,2	47,2



Os valores do quadro anterior são, então, aqueles que, para cada velocidade de vento, caracterizam a Situação de Referência relativa ao local em estudo (referido em 2.2.).

## 5. CARACTERIZAÇÃO ACÚSTICA DO RUÍDO PARTICULAR

### 5.1. Metodologia

A caracterização acústica do Ruído Particular, corresponde à obtenção dos valores de ruído gerados pelo funcionamento simultâneo da totalidade dos aerogeradores que constituem o Parque Eólico. Esta caracterização deve ser efectuada contabilizando a emissão simultânea de energia sonora de todas as fontes em presença tendo em conta as características específicas de cada uma e a sua localização topográfica.

Os valores obtidos nas previsões efectuadas podem e devem ser apresentados, sob a forma de Cartas de Ruído. Para a realização destas Cartas devem ser utilizados todos os dados de cartografia e todas as especificações técnicas dos aerogeradores, que estejam disponíveis.

As previsões efectuadas pelos autores em Estudos Acústicos de Parques Eólicos seguem os procedimentos dispostos na Norma Portuguesa NP 4361-2 (ISO 9613-2) [3], sendo o método de cálculo utilizado o recomendado pela EU Noise Policy Working Group 4 on Noise Mapping / on Assessment of Exposure to Noise, de que o último autor do presente artigo é membro [4]. Este método é o utilizado na cartografia de ruído de diversos projectos em Portugal e em outros países da Europa.

O desenvolvimento desta metodologia de previsão e análise é objecto de artigo complementar, dos mesmos autores, *Parques Eólicos - Estudo dos Impactes no Ambiente Sonoro, II - Configuração Optimizada de Potências Sonoras* [2].

### 5.2. Resultados

São, então, estudadas diferentes configurações possíveis (CENÁRIOS), quer dos locais de implantação dos aerogeradores, quer da potência sonora de cada um. Estas representam configurações alternativas do parque eólico a que correspondem diferentes níveis sonoros emitidos para a área envolvente exterior.

Considerando as potências sonoras dos aerogeradores de acordo com as especificações técnicas fornecidas pelo fabricante e para diferentes velocidades de vento, é calculado o valor do índice  $L_{Aeq}$  que se verificará, na área potencialmente afectada devido, unicamente, ao pleno funcionamento do Parque Eólico.

A título exemplificativo, encontram-se indicam-se no quadro seguinte os resultados previsionais obtidos para o local referido em 2.2., nas simulações efectuadas para 3 dos vários CENÁRIOS estudados para um Parque Eólico constituído por 9 aerogeradores (denominados A1 a A9).

CENÁRIO	Velocidade do Vento [m/s]	Potência Sonora dos Aerogeradores [dB(A)]	$L_{Aeq}$ [dB(A)]
A	4	$L_{WA}$ (A1 a A9) = 94,0	40,5
B	10	$L_{WA}$ (A1 a A9) = 105,1	51,6
C	15	$L_{WA}$ (A1) = 100,0 $L_{WA}$ (A2) = 101,0 $L_{WA}$ (A3 a A9) = 105,1	46,9

## 6. CARACTERIZAÇÃO ACÚSTICA DO RUÍDO AMBIENTE COM RUÍDO PARTICULAR

### 6.1. Metodologia

O Ruído Ambiente previsto em determinado local quando o Parque Eólico se encontrar em pleno funcionamento, resulta da contribuição do ruído emitido pelo empreendimento em estudo (Ruído Particular) e do ruído já existente antes da instalação do Parque Eólico (Situação de Referência).

Assim, para cada CENÁRIO em estudo, pode ser previsto o Ruído Ambiente na área potencialmente afectada, havendo para tal que adicionar os valores do parâmetro  $L_{Aeq}$  caracterizadores da Situação de Referência aos correspondentes ao Ruído Particular.

### 6.2. Ruído ambiente resultante

Utilizando a metodologia atrás descrita obtém-se, para cada CENÁRIO diferente estudado, os valores do parâmetro  $L_{Aeq}$  do Ruído Ambiente.

Os valores obtidos para o local referido em 2.2. e para os cenários considerados serão os indicados no quadro seguinte:

CENÁRIO	Velocidade do vento [m/s]	Período Diurno	Período Nocturno
		$L_{Aeq}$ [dB(A)]	$L_{Aeq}$ [dB(A)]
A	4	48,9	43,9
B	10	53,5	52,4
C	15	51,9	50,1



## 7. CONCLUSÕES

A implantação de Parques Eólicos representa uma estratégia actual (nacional e não só) em termos de produção de energia por processos alternativos menos poluentes do que os tradicionais. Este método tem sido alvo de um crescimento notável nos últimos anos em face do desenvolvimento tecnológico que tem levado a uma crescente eficiência do processo.

A dimensão das torres e das pás dos aerogeradores tem vindo a crescer com o consequente crescimento da potência das máquinas.

O ruído produzido pelo movimento das pás, de origem aerodinâmica, pode ser considerado perturbador em determinadas condições, nomeadamente no período nocturno, para usos sensíveis, em particular de habitação, localizados na sua imediata vizinhança.

O ruído gerado pela operação normal dos aerogeradores depende da sua constituição mas aumenta com a velocidade do vento. Por outro lado, os aerogeradores são dimensionados para velocidades do vento elevadas pois só então há lugar a produção de energia. Por outro lado, ainda, com elevadas velocidades do vento o ruído ambiente assume níveis sonoros que diferem substancialmente dos valores que subsistem na ausência de vento.

A avaliação acústica da situação correspondente à normal operação de um parque eólico deve ter em consideração todos estes aspectos fundamentais.

Assim, a análise tanto do ruído existente no local como do ruído gerado pela exploração do Parque Eólico deve ser efectuada em condições de vento idênticas. Não podem, portanto, ser comparados os valores calculados para o Ruído Ambiente com Ruído Particular a uma dada velocidade de vento, com os valores medidos para o Ruído Residual a velocidades de vento diferentes.

Caso estas considerações não sejam tomadas em conta, poderão ocorrer deficientes e incorrectas avaliações dos impactes gerados pelo funcionamento de um Parque Eólico no ambiente sonoro local.

## REFERÊNCIAS

- [1] Regime Legal sobre a Poluição Sonora, Anexo ao Decreto-Lei nº 292/2000 de 14 de Novembro.
- [2] Dulce Churro, M. João Zambujo, C. César Rodrigues e J. L. Bento Coelho; *Parques Eólicos - Estudo dos Impactes no Ambiente Sonoro, II – Configuração Optimizada de Potências Sonoras*; In Proceedings of ACUSTICA 2004, Guimarães, Portugal, 2004.
- [3] Norma Portuguesa NP 4361-2; “*Acústica - Atenuação do Som na Sua Propagação ao Ar Livre. Parte 2: Método Geral de Cálculo*”. Instituto Português da Qualidade, Dezembro 1997.
- [4] Ver “*Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production of Associated Data on Noise Exposure*”, Comissão Europeia, Dezembro 2003.