

# FORÇA EÓLICA DO BRASIL

## ESTUDO INICIAL E DE PREVISÃO DO IMPACTO SONORO DE COMPLEXO EÓLICO NA PARAÍBA

Relatório final – Versão B – Rev.1

*Modelo de máquina : G132 - 3.465MW*

**NOS REF / rfb2017-268a-fa1\_r1**

**Nº projeto : 2017-268a-fa1**

Rio de Janeiro, 25 de abril de 2018.



# Índice

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>4</b>
<b>2. CONTEXTO REGULAMENTAR.....</b>	<b>5</b>
<b>3. METODOLOGIA GERAL.....</b>	<b>6</b>
3.1. Caracterização do ruído ambiente .....	6
3.2. Modelagem computacional.....	6
3.3. Avaliação do ruído total .....	6
<b>4. PROCEDIMENTO DE MEDIÇÃO DO RUÍDO AMBIENTE.....</b>	<b>7</b>
4.1. Data e tempo de medição.....	7
4.2. Localização dos pontos de medição.....	7
4.3. Instrumentação.....	8
4.4. Regulagem dos aparelhos.....	8
4.5. Ambientes sonoros.....	8
<b>5. MEDIÇÃO E REFERÊNCIA DO VENTO.....</b>	<b>9</b>
5.1. Referência do vento.....	9
5.2. Direções e velocidades do vento.....	9
<b>6. RESULTADOS DA CAMPANHA .....</b>	<b>12</b>
6.1. Índice estatístico L50.....	12
6.2. Representação gráfica dos níveis sonoros ambiente em função da velocidade do vento .....	12
<b>7. ANÁLISE DAS MEDIÇÕES NA VIZINHANÇA.....</b>	<b>13</b>
7.1. Períodos de avaliação.....	13
7.2. Hipóteses adotadas .....	13
7.3. Definição do ruído ambiente dB(A) .....	13
7.3.1. Setor de vento Leste-Sudeste.....	14
<b>8. CÁLCULOS DE PREVISÃO DA PROPAGAÇÃO SONORA - SOFTWARE ACOUS PROPA.....</b>	<b>16</b>
8.1. Hipóteses de cálculo.....	16
8.1.1. Coeficientes de absorção do solo.....	16
8.2. Incertezas.....	16
8.2.1. Condições meteorológicas.....	17
8.3. Intervalo de análise.....	17
8.4. Pontos de análise.....	17
8.5. Aerogeradores .....	17
8.5.1. Modelo de máquina.....	17
8.5.2. Potência sonora.....	17
8.6. Mapa de localização dos pontos análise e layout do projeto.....	18
8.6.1. Zona norte.....	18
8.6.2. Zona sul.....	19
<b>9. NÍVEIS TOTAIS EM DB(A) NO EXTERIOR DAS RESIDÊNCIAS.....</b>	<b>20</b>
9.1. Mapa das contribuições sonoras a 6 m/s para direção Sudeste no período noturno em dB(A)..	20
9.2. Setor Sudeste.....	21
9.2.1. Tabela de resultados.....	21
<b>10. CONCLUSÃO .....</b>	<b>22</b>
<b>ANEXO 1 :REGISTROS FOTOGRÁFICOS DA CAMPANHA DE MEDIÇÃO .....</b>	<b>23</b>
<b>ANEXO 2 : NUVENS DE PONTOS EM DB (A).....</b>	<b>32</b>
<b>ANEXO 3 :FICHA TÉCNICA DO SOFTWARE ACOUSPROPA®.....</b>	<b>49</b>
<b>ANEXO 3 : COORDENADAS DOS PONTOS DE MEDIÇÃO E ANÁLISE.....</b>	<b>57</b>
<b>ANEXO 5 : COORDENADAS DOS AEROGERADORES.....</b>	<b>60</b>
<b>ANEXO 4 : DADOS DE CÁLCULO.....</b>	<b>64</b>

**ANEXO 5 : RESULTADOS DOS CÁLCULOS DE NÍVEIS SONOROS TOTAIS NO EXTERIOR DAS RESIDÊNCIAS..... 66**

# 1. Introdução

A empresa FORÇA EÓLICA DO BRASIL tem como projeto a construção de parques eólicos em região próxima ao município de Santa Luzia, no interior do estado da Paraíba. Tendo em vista a realização dos estudos de impacto necessários para a obtenção das licenças ambientais dos projetos, a empresa ECOA CONSULTORIA ACÚSTICA foi contratada para a realização do estudo de impacto sonoro dos parques eólicos.

O estudo apresentado neste relatório foi realizado através das seguintes etapas:

- medições sonoras para a caracterização do ruído ambiente (de fundo) nas residências mais próximas da área de implantação do projeto (medições de longa duração em paralelo a medições de vento),
- análise de resultados de medição e definição do nível de ruído ambiente por velocidade de vento,
- modelagem computacional para a previsão das contribuições sonoras dos parques em toda a área de influência do projeto,
- avaliação do impacto sonoro dos projetos com base na legislação vigente para a direção de vento dominante: Sudeste.

Em todas as análises, as velocidades de vento consideradas são padronizadas com base na norma IEC 61400-11 (velocidade de vento medida a 10m do solo de rugosidade igual a 0.05m).

As medições sonoras efetuadas durante 5 dias (contínuos) possibilitaram a caracterização da direção de vento Leste-Sudeste, dominante na área de influência do projeto.

A avaliação do impacto sonoro dos parques foi efetuada considerando a instalação de 136 aerogeradores, modelo G132-3.465MW, do fabricante Gamesa, com altura da nacelle igual a 84m.

## 2. Contexto regulamentar

O estudo considera as definições da Resolução CONAMA/001, publicada em 8 de março de 1990, e utiliza os critérios propostos pela norma ABNT NBR 10.151 para a avaliação do potencial impacto sonoro nas residências vizinhas aos parques eólicos.

Os níveis critério de avaliação (NCA) são definidos por tipo de área avaliada e período do dia, diurno ou noturno. Os valores em dB(A) são apresentados na tabela a seguir.

Tipos de áreas	Diurno 07h-22h	Noturno 22h-07h
Áreas de sítios e fazendas	40	35
Área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas	50	45
Área mista, predominantemente residencial	55	50
Área mista, com vocação comercial e administrativa	60	55
Área mista, com vocação recreacional	65	55
Área predominantemente industrial	70	60

Tabela 1: Níveis critério de avaliação (NCA) por tipo de área - ABNT NBR 10.151

O presente relatório apresenta os resultados da avaliação do impacto sonoro dos parques eólicos considerando que todas as residências avaliadas situam-se em área mista, inatamente residencial. Sendo assim, os níveis critério de avaliação adotados são **55 dB(A) durante o dia (07h à 22h) e 50 dB(A) à noite (22h à 07h)**.

*Ressaltamos que, de acordo com as instruções normativas, se o valor do nível de ruído ambiente ( $L_{amb}$ ) medido em campo for superior ao valor apresentado na tabela acima, para a área e o horário em questão, o NCA assume o valor do  $L_{ra}$ .*

### **3. Metodologia geral**

Para uma completa avaliação do impacto sonoro dos parques eólicos, este estudo baseia-se na metodologia apresentada a seguir. Em todas as análises, serão calculados os valores de ruído total em função das velocidades de vento. Para isto, foram definidos valores de ruído ambiente na vizinhança dos parques, em dB(A), por velocidade de vento. Estes resultados foram somados aos valores de contribuição sonora dos aerogeradores, obtidos na modelagem computacional, também calculados para cada velocidade de vento em dB(A).

O estudo consiste na avaliação do impacto sonoro no exterior das residências, nos locais mais próximos da edificação (jardim, varanda), sendo esta situação considerada a mais restritiva para o projeto.

#### **3.1. Caracterização do ruído ambiente**

As medições de ruído ambiente são efetuadas no exterior das residências vizinhas ao projeto. Os níveis sonoros existentes na vizinhança são registrados em dB(A). Em paralelo às medições sonoras, as velocidades e direções do vento são registradas no local por torres anemométricas instaladas pelo próprio desenvolvedor do projeto (possibilidade de obtenção de dados para diferentes alturas). Para as análises, os dados de vento foram calculados a uma altura de 10m acima do solo.

A análise simultânea das medições sonoras e do vento permitem a avaliação da evolução dos níveis sonoros ambiente em função das velocidades do vento, os resultados são apresentados sob a forma de nuvens de pontos. Os valores mais prováveis para cada velocidade de vento são definidos a partir da mediana obtida do conjuntos de dados no interior de cada intervalo de velocidade do vento. Estas análises são realizadas para valores em dB(A), durante o período diurno e noturno.

#### **3.2. Modelagem computacional**

Para a realização da modelagem da propagação sonora, utilizamos o software AcouS PROPA, desenvolvido pela empresa francesa Gamba Acoustique. A partir da potência sonora dos aerogeradores, do *layout* do projeto e da topografia do local, calculamos os níveis de ruído resultantes do funcionamento dos aerogeradores no exterior das residências vizinhas mais expostas ao projeto, para as direções de vento dominantes.

Os cálculos consideram a influência dos gradientes de vento e da temperatura na curvatura dos raios sonoros.

#### **3.3. Avaliação do ruído total**

Na etapa final do estudo, verificamos a conformidade do projeto aos critérios ambientais vigentes para o controle do ruído na sua vizinhança. Para isto, comparamos o valor do ruído total previsto em cada ponto, por velocidade de vento, ao limite de ruído admissível no local, durante o dia e a noite. O valor do ruído total é obtido através da soma entre os valores de ruído ambiente (obtidos nas medições efetuadas em campo) e os níveis de contribuição sonora dos aerogeradores (calculados através de modelagem), para cada intervalo de velocidade de vento.

## 4. Procedimento de medição do ruído ambiente

A campanha de medição consistiu na instalação de medidores de pressão sonora na área externa de residências vizinhas ao projeto para o registro, contínuo, do ruído ambiente (níveis globais em dB(A)). Durante a realização da campanha, torres de medição instaladas na área de implantação do parque registraram as velocidades e direções do vento e estes dados foram utilizados na avaliação.

A campanha de medição de ruído foi realizada sob a influência do vento, parâmetro principal a ser avaliado em ambientes sonoros eólicos.

### 4.1. Data e tempo de medição

As medições foram efetuadas do dia 28 de novembro ao dia 13 de dezembro de 2017. Para cada ponto, o tempo de medição foi de aproximadamente 5 dias contínuos.

### 4.2. Localização dos pontos de medição

A definição dos pontos de medição depende essencialmente da sua proximidade com o projeto, da topografia do local e da vegetação.

Os registros fotográficos dos aparelhos instalados nos pontos de medição são apresentados no **Anexo 1**.

Coordenadas dos pontos de medição (UTM SIRGAS 2000)		
Ponto	Longitude (X)	Latitude (Y)
1	724608	9220824
2	729376	9223536
3	731691	9223160
4	732573	9223332
5	731738	9224712
6	731907	9225324
7	732419	9225008
8	734418	9228409
9	734740	9229956
10	735501	9232781
11	744122	9237038
12	744926	9237554
13	747747	9241794
14	748942	9241896
15	742241	9241406
16	742065	9242579

Tabela 2: Coordenadas de localização dos pontos de medição de ruído ambiente.

### **4.3. Instrumentação**

- 3 sonômetros de classe 1, tipo DUO da marca ACOEM,
- 5 sonômetros de classe 1, tipo SOLO da marca ACOEM,
- software de análise e tratamento de dados dBTrait versão 5.5 da marca ACOEM,
- 1 calibrador de classe 1, tipo CAL21 da marca ACOEM.
- Todos os equipamentos foram certificados recentemente por laboratório acreditado da Rede Brasileira de Calibração (RBC).
- Durante o procedimento de medição o microfone do sonômetro foi protegido das ações do vento com o uso de protetor conforme instruções de seu fabricante.

### **4.4. Regulagem dos aparelhos**

Os medidores de pressão sonora foram regulados com um tempo de integração de 1 segundo.

### **4.5. Ambientes sonoros**

Geralmente, o ruído ambiente no entorno da área de implantação de um parque eólico resulta da combinação do ruído do vento na vegetação e de fontes de ruído diversas derivadas de atividades humanas (tráfego de veículos, atividades humanas, etc.).

As observações realizadas em campo mostraram que, mesmo com o aumento da velocidade do vento, a influência do ruído da vegetação nos níveis sonoros medidos é baixa. Isso porque a vegetação do local é composta por arbustos secos e sem folhas. Além das atividades normais das residências onde foram efetuadas as medições, não identificamos outras atividades ruidosas específicas. Em certos pontos, próximos a estradas com movimento moderado, foram observados ruídos decorrentes do tráfego de veículos.

De uma maneira geral, os pontos avaliados apresentaram ambientes sonoros calmos, tanto durante o dia como à noite.

## 5. Medição e referência do vento

Em paralelo às medições sonoras, as velocidades e direções do vento foram registradas por torres instaladas pelo desenvolvedor na área dos projetos. Para as análises, foram utilizados os dados registrados pelas torres BELAVISTA 1, ÁGUA 1, POÇO 1, CANOAS 2 e TUBIBA 1. Consideramos os dados da torre mais próxima ao ponto de medição de ruído avaliado de maneira a obter uma boa correlação entre a velocidade de vento e os níveis sonoros medidos. Listamos abaixo as torres de medição escolhidas por ponto de medição de ruído.

<b>ÁGUA 1</b>	P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8
<b>TUBIBA 1 :</b>	P9, P10
<b>CANOAS 2 :</b>	P11, P12
<b>POÇO 1 :</b>	P13, P14
<b>BELAVISTA 1 :</b>	P15, P16

### 5.1. Referência do vento

Todos os resultados apresentados neste relatório foram definidos para velocidades de vento na altura de referência igual a 10 metros acima do solo nas condições de rugosidade padrão (0.05m).

### 5.2. Direções e velocidades do vento

Durante a campanha de medição, o setor de vento caracterizado foi o Leste-Sudeste. Os intervalos aproximados das análises de medição de vento, por torre de medição, são apresentados na tabela a seguir :

Setor Leste-Sudeste				
ÁGUA 1	TUBIBA 1	CANOAS 2	POÇO 1	BELAVISTA 1
Dia : entre 2 e 9 m/s	Dia : entre 2 e 9 m/s	Dia : entre 1 e 9 m/s	Dia : entre 1 e 9 m/s	Dia : entre 1 e 8 m/s
Noite : entre 2 e 8 m/s	Noite : entre 1 e 9 m/s	Noite : entre 1 e 9 m/	Noite : entre 2 e 10 m/s	Noite : entre 2 e 8 m/s

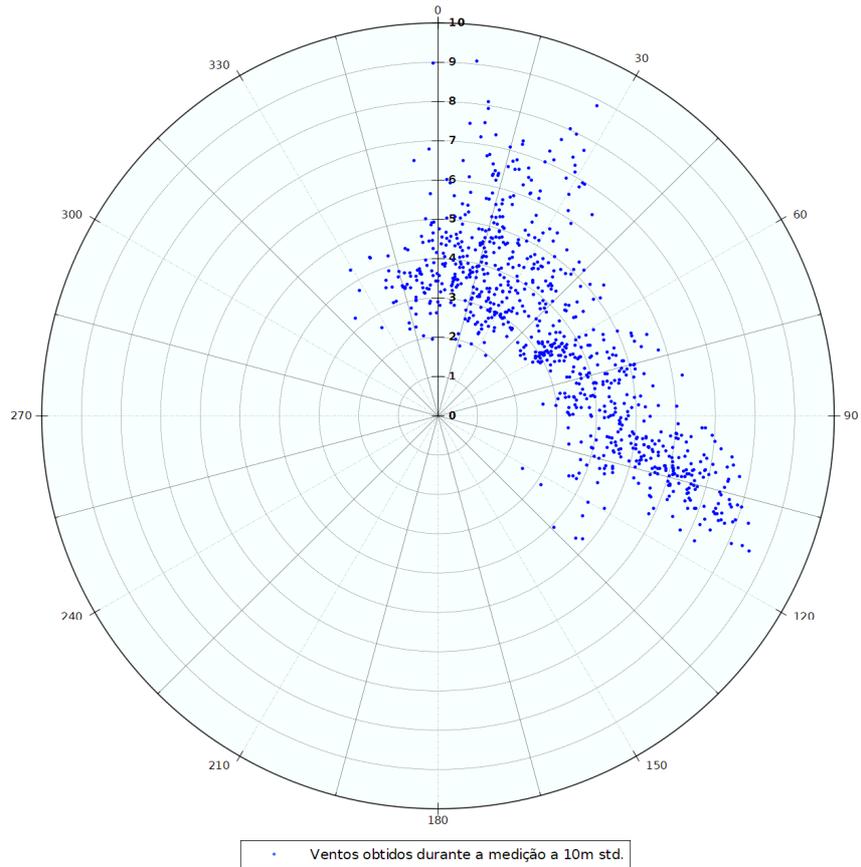
Tabela 3: Intervalos de velocidade de vento obtidos durante a campanha por torre de medição.

Abaixo, o setor de vento adotado para as análises :

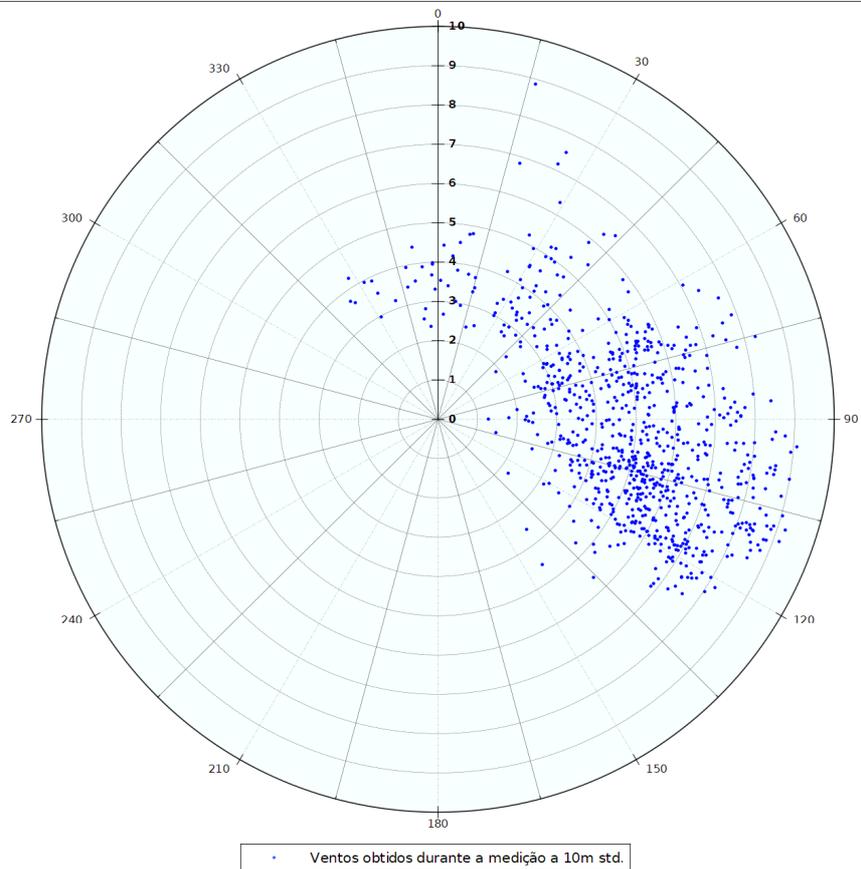
✓ Setor Leste - Sudeste : 60°-120°

Apresentamos a seguir as rosas dos ventos obtidas para cada torre de medição durante a campanha. Cada ponto do gráfico representa a média de um conjunto de medições durante períodos de 10 minutos.

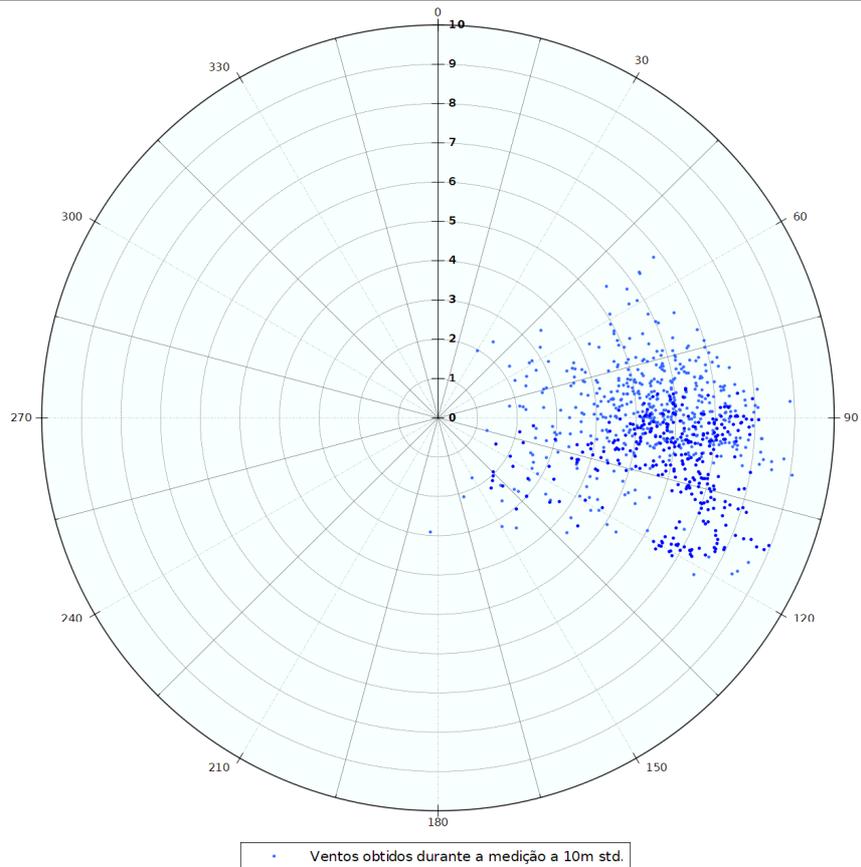
### ÁGUA 1 : Direção e velocidade do vento a 10m std.



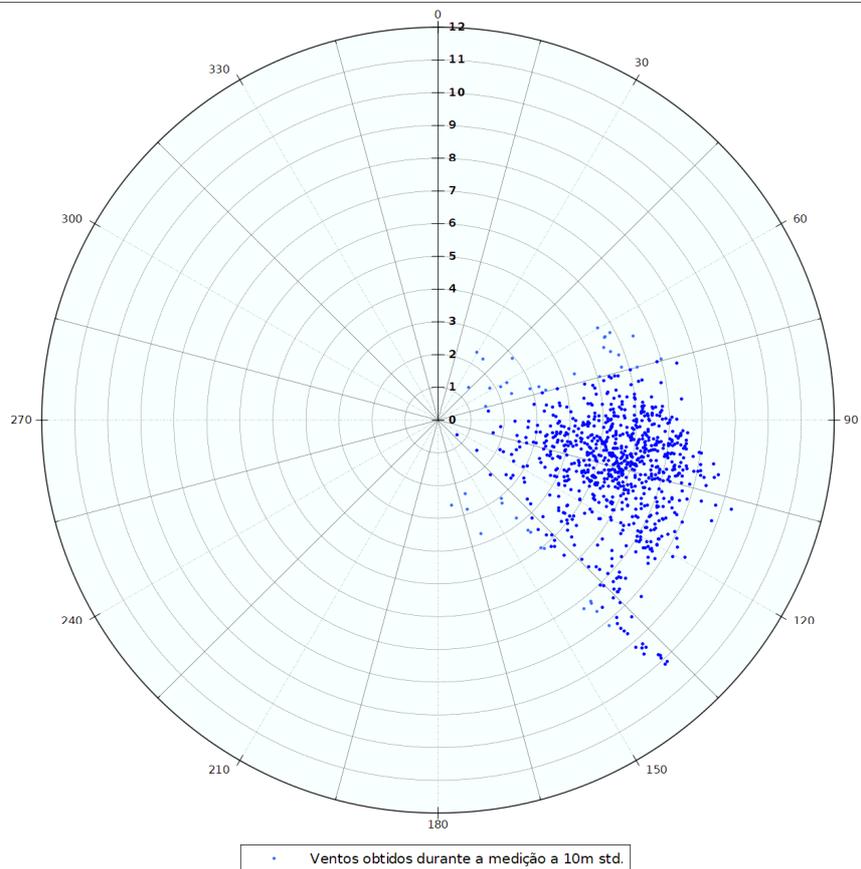
### TUBIBA 1 : Direção e velocidade do vento a 10m std.



## CANOAS 2: Direção e velocidade do vento a 10m std



## POÇO 1: Direção e velocidade do vento a 10m std.



## 6. Resultados da campanha

Através da análise simultânea das medições sonoras e de vento foi possível compreender a evolução dos níveis sonoros ambiente em função da velocidade do vento sob a forma de nuvem de pontos (gráficos de dispersão). Os valores mais prováveis para cada velocidade de vento são definidos a partir da mediana dos conjuntos de registros sonoros (a cada 10 minutos) neste intervalo. Estas análises foram efetuadas no período diurno e noturno para os valores globais em dB(A).

### 6.1. Índice estatístico L50

Os níveis de pressão sonora no meio ambiente podem variar devido à existência de diferentes fontes de ruído: canto de pássaros, tráfego de veículos, atividades humanas, etc.

Estas fontes podem ser contínuas ou intermitentes. Além disso, podem ter maior ou menor intensidade.

O nível de pressão sonora equivalente ponderado em A no tempo  $t$  (LAeq) corresponde à média energética de todos os eventos acústicos no tempo de amostragem considerado. Eventos de curta duração e forte intensidade tem influência significativa no resultado do LAeq. Porém, estes eventos podem não ser representativos do ambiente sonoro característico daquele local.

Portanto, para garantia da representatividade das medições e tratamento dos picos sonoros registrados não característicos do ambiente estudado, propomos uma avaliação baseada nos valores L50 obtidos para cada ponto. O valor L50 corresponde ao nível de ruído ultrapassado 50% do tempo total de medição, ele é considerado como o « valor de ruído médio ».

### 6.2. Representação gráfica dos níveis sonoros ambiente em função da velocidade do vento

Para cada ponto de análise, foram estabelecidos pares de valores médios (níveis sonoros L50 e velocidades de vento correspondentes) a cada 10 minutos.

Todos os eventos acústicos não representativos da situação a ser caracterizada (máquinas rurais à proximidade do ponto, atividades humanas perturbadoras, passagens chuvosas, etc.) foram eliminados das análises.

Assim, foram obtidas as nuvens de pontos no período diurno e noturno. Para cada velocidade de vento de 1 m/s, apresentamos a mediana dos valores dos níveis sonoros registrados. Esta mediana será considerada como o valor mais provável do ruído ambiente por velocidade de vento.

As nuvens de pontos obtidas, dB(A), são apresentadas no **Anexo 2**.

*Nota : as nuvens de pontos apresentam os resultados das medições de ruído ambiente em campo – níveis sonoros existentes nos pontos avaliados antes da construção dos parques eólicos. Estes valores servirão como base para a definição do NCA a ser aplicado em cada ponto avaliado, durante o período diurno e noturno, por velocidade de vento. Na sequência do estudo, os valores de ruído ambiente serão somados aos níveis de contribuição sonora dos aerogeradores (calculados por modelagem) para a obtenção do ruído total previsto nas residências vizinhas ao empreendimento. A comparação dos valores de ruído total com o valor de NCA aplicável definirá o grau de impacto sonoro do projeto na vizinhança.*

## 7. Análise das medições na vizinhança

### 7.1. Períodos de avaliação

Visando preservar uma coerência na definição dos níveis de ruído ambiente, os resultados de medição foram separados por grupos homogêneos, ou seja, grupos que apresentam ambientes sonoros similares. Assim, conforme os critérios regulamentares em vigor para posterior avaliação de impacto do projeto, os níveis sonoros ambiente foram estabelecidos para os seguintes períodos :

- Dia (7h as 22h)
- Noite (22h -7h)
- Fim de noite (4h-7h)

No Brasil, a legislação em vigor define 2 (dois) períodos para a avaliação do impacto sonoro na vizinhança de empreendimentos : diurno e noturno. No entanto, o ambiente sonoro nestas áreas pode variar ao longo do dia em função de hábitos da população, da fauna, do tráfego de veículos e de emissões sonoras provenientes de fontes de ruído diversas (atividades industriais, por exemplo). Por este motivo, se identificadas alterações significativas nas características sonoras dos pontos avaliados em função do período do dia, dentro de um mesmo período regulamentar, uma avaliação particular deste período será proposta. Nesta avaliação, será considerada a média obtida para o ruído ambiente no período em questão e o nível critério de avaliação será aquele aplicável para o período regulamentar no qual ele se enquadra.

No caso deste estudo, para certos pontos, foram identificadas características sonoras distintas entre os horários de 22h a 4h e de 4h a 7h, mesmo que os dois períodos sejam considerados como noturnos. Por isso, este relatório apresenta a avaliação dos dois períodos de maneira distinta, considerando as médias de ruído ambiente obtidas para cada um deles, mas aplicando o valor de NCA noturno para a avaliação do impacto sonoro do projeto.

### 7.2. Hipóteses adotadas

#### Hipóteses para os intervalos de velocidade de vento :

O intervalo de avaliação definido em função dos dados de vento obtidos nas 5 torres de medição situa-se entre 2 e 9 m/s.

Em certos pontos, os conjuntos de dados registrados não foram suficientes para o estabelecimento de um valor sonoro por intervalo de velocidade de vento compreendido entre 2 e 9 m/s (mínimo de 10 conjuntos por intervalo de velocidade). Assim, a fim de possibilitar a futura avaliação do impacto sonoro do projeto para estas situações, algumas hipóteses foram adotadas. Estas hipóteses baseiam-se na evolução do nível sonoro nas velocidades de vento adjacentes assim como nos conjuntos de valores sonoros obtidos para o intervalo de vento em questão.

Estas hipóteses são identificadas **em azul** nas tabelas a seguir.

### 7.3. Definição do ruído ambiente dB(A)

Apresentamos abaixo as tabelas os níveis sonoros ambiente definidos para cada intervalo de velocidade do vento, em dB(A), obtidos durante as medições para caracterização do estado acústico inicial dos projetos eólicos localizados nas proximidades de Santa Luzia (PB), durante o dia e a noite.

### 7.3.1. Setor de vento Leste-Sudeste

**Período diurno (07h-22h) :**

L -SE Dia dB(A)	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 7	Ponto 8	Ponto 9	Ponto 10
2 m/s	34.0	33.0	31.0	28.0	28.0	24.0	33.0	28.0	20.0	34.0
3 m/s	34.0	33.0	31.0	28.0	28.0	24.0	33.0	30.0	21.0	34.0
4 m/s	35.0	33.0	32.0	29.0	30.0	27.0	35.0	30.0	23.0	34.0
5 m/s	36.0	34.0	32.0	30.0	32.0	27.0	35.0	32.0	25.0	36.0
6 m/s	36.0	35.0	35.0	30.0	32.0	28.0	36.0	34.0	26.0	37.0
7 m/s	36.0	39.0	37.0	31.0	33.0	30.0	36.0	35.0	29.0	37.0
8 m/s	37.0	40.0	40.0	31.0	33.0	32.0	38.0	35.0	32.0	38.0
9 m/s	37.0	40.0	40.0	31.0	33.0	33.0	38.0	35.0	34.0	39.0

L -SE Dia dB(A)	Ponto 11	Ponto 12	Ponto 13	Ponto 14	Ponto 15	Ponto 16
2 m/s	38.0	35.0	23.0	29.0	38.0	36.0
3 m/s	38.0	35.0	23.0	30.0	38.0	36.0
4 m/s	38.0	39.0	24.0	32.0	40.0	38.0
5 m/s	40.0	41.0	27.0	33.0	40.0	42.0
6 m/s	41.0	41.0	28.0	34.0	41.0	43.0
7 m/s	42.0	41.0	29.0	34.0	42.0	45.0
8 m/s	42.0	41.0	32.0	35.0	43.0	47.0
9 m/s	42.0	41.0	32.0	35.0	44.0	47.0

**Período noturno (22h-07h) :**

L -SE Noite dB(A)	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 7	Ponto 8	Ponto 9	Ponto 10
2 m/s	18.0	26.0	26.0	17.0	20.0	18.0	20.0	18.0	19.0	26.0
3 m/s	18.0	27.0	26.0	17.0	21.0	18.0	20.0	18.0	19.0	27.0
4 m/s	20.0	29.0	32.0	20.0	21.0	20.0	21.0	20.0	23.0	28.0
5 m/s	24.0	30.0	33.0	22.0	21.0	25.0	23.0	23.0	27.0	29.0
6 m/s	26.0	30.0	33.0	27.0	25.0	27.0	25.0	27.0	32.0	31.0
7 m/s	27.0	31.0	33.0	33.0	26.0	28.0	32.0	27.0	35.0	35.0
8 m/s	27.0	31.0	33.0	34.0	27.0	29.0	34.0	28.0	36.0	37.0
9 m/s	27.0	31.0	33.0	34.0	27.0	29.0	34.0	28.0	36.0	40.0

L -SE Noite dB(A)	Ponto 11	Ponto 12	Ponto 13	Ponto 14	Ponto 15	Ponto 16
2 m/s	34.0	26.0	17.0	20.0	32.0	35.0
3 m/s	34.0	26.0	17.0	20.0	32.0	35.0
4 m/s	34.0	26.0	19.0	20.0	34.0	37.0
5 m/s	37.0	30.0	21.0	25.0	35.0	39.0
6 m/s	41.0	31.0	23.0	27.0	37.0	42.0
7 m/s	42.0	31.0	25.0	30.0	39.0	44.0
8 m/s	43.0	32.0	29.0	34.0	39.0	45.0
9 m/s	43.0	32.0	32.0	35.0	39.0	45.0

**Período fim de noite (04h-07h) :**

L -SE Fim de noite dB(A)	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 7	Ponto 8	Ponto 9	Ponto 10
2 m/s	40.0	-	-	34.0	34.0	38.0	29.0	32.0	-	-
3 m/s	40.0	-	-	34.0	34.0	39.0	30.0	32.0	-	-
4 m/s	40.0	-	-	34.0	34.0	40.0	32.0	32.0	-	-
5 m/s	40.0	-	-	35.0	35.0	41.0	33.0	33.0	-	-
6 m/s	40.0	-	-	36.0	35.0	41.0	34.0	33.0	-	-
7 m/s	41.0	-	-	37.0	36.0	42.0	35.0	33.0	-	-
8 m/s	41.0	-	-	37.0	36.0	42.0	35.0	34.0	-	-
9 m/s	41.0	-	-	37.0	36.0	42.0	35.0	34.0	-	-

L -SE Fim de noite dB(A)	Ponto 11	Ponto 12	Ponto 13	Ponto 14	Ponto 15	Ponto 16
2 m/s	-	40.0	-	-	-	-
3 m/s	-	40.0	-	-	-	-
4 m/s	-	40.0	-	-	-	-
5 m/s	-	40.0	-	-	-	-
6 m/s	-	40.0	-	-	-	-
7 m/s	-	40.0	-	-	-	-
8 m/s	-	40.0	-	-	-	-
9 m/s	-	40.0	-	-	-	-

## 8. Cálculos de previsão da propagação sonora - software AcouS PROPA

Em estudos acústicos de parques eólicos, as distâncias de propagação sonora entre fonte de ruído e receptores são longas, normalmente superiores a 200m. Para tais distâncias, além da atenuação devido à distância, devem ser consideradas a influência da absorção atmosférica e das condições meteorológicas na propagação sonora.

Neste estudo, os cálculos de previsão foram efetuados através do software AcouS PROPA, desenvolvido pela Gamba Acoustique. A ficha técnica do software AcouS PROPA encontra-se no **Anexo 3**.

Conhecendo as coordenadas geográficas de localização dos aerogeradores (projeto) e das residências mais próximas aos parques, desenvolvemos um modelo de cálculo da área de implantação dos projetos e de sua vizinhança. Em seguida, a partir dos dados de potência sonora dos aerogeradores, sua localização e dimensões, foram calculados os níveis de ruído gerados pelo funcionamento do parque nas residências vizinhas, sempre considerando a direção do vento, a influência dos gradientes de vento e de temperatura na curvatura dos raios sonoros, a absorção atmosférica e eventuais efeitos de solo e de relevo.

### 8.1. Hipóteses de cálculo

#### 8.1.1. Coeficientes de absorção do solo

O coeficiente de absorção do solo adotado para o cálculo foi o de solo arenoso com vegetação baixa.

	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz
CAA dB/100m	0.1	0.1	0.1	0.3	0.55	1.3	3.3	6
<sup>a</sup> sol	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3

Tabela 4: Coeficientes de absorção do solo por banda de oitava.

### 8.2. Incertezas

Deve ser considerada a incerteza de +/- 4.5 dB(A) em todos os resultados de cálculo. Lembramos que estas incertezas não devem ser consideradas sobre os resultados de ruído total (L<sub>tot</sub>), mas sobre os resultados de contribuição sonora dos aerogeradores (L<sub>aero</sub>).

### 8.2.1. Condições meteorológicas

As condições meteorológicas consideradas na modelagem foram as seguintes :

<b>Vento Sudeste</b>	<b>Noite</b>	<b>Dia</b>
Direção do vento	120°	
Temperatura	27°C	33°C
Umidade	50%	30%
Nebulosidade	céu limpo	
Radiação		forte
Wind shear	0.37m	0.52m

Tabela 5: Condições meteorológicas consideradas no cálculo de previsão da propagação sonora.

### 8.3. Intervalo de análise

O intervalo de velocidade de vento entre 3 a 9 m/s, na direção Sudeste, foi adotado para a análise diurna e noturna.

### 8.4. Pontos de análise

Para a avaliação do impacto sonoro dos parques, foram estimados os níveis de ruído total em 99 pontos localizados na área de influência do projeto:

- 16 pontos onde foram efetuadas as medições de ruído ambiente,
- 83 pontos adicionais definidos em função de sua proximidade com os aerogeradores.

As coordenadas dos pontos de avaliação são apresentadas no **Anexo 4**.

### 8.5. Aerogeradores

#### 8.5.1. Modelo de máquina

Consideramos 1 modelo de aerogerador nos cálculos realizados para 1 *layout* de projeto:

- 136 aerogeradores modelo G132-3.465MW do fabricante GAMESA com nacele de altura igual a 84 m.

As coordenadas dos aerogeradores são apresentadas no **Anexo 5**.

#### 8.5.2. Potência sonora

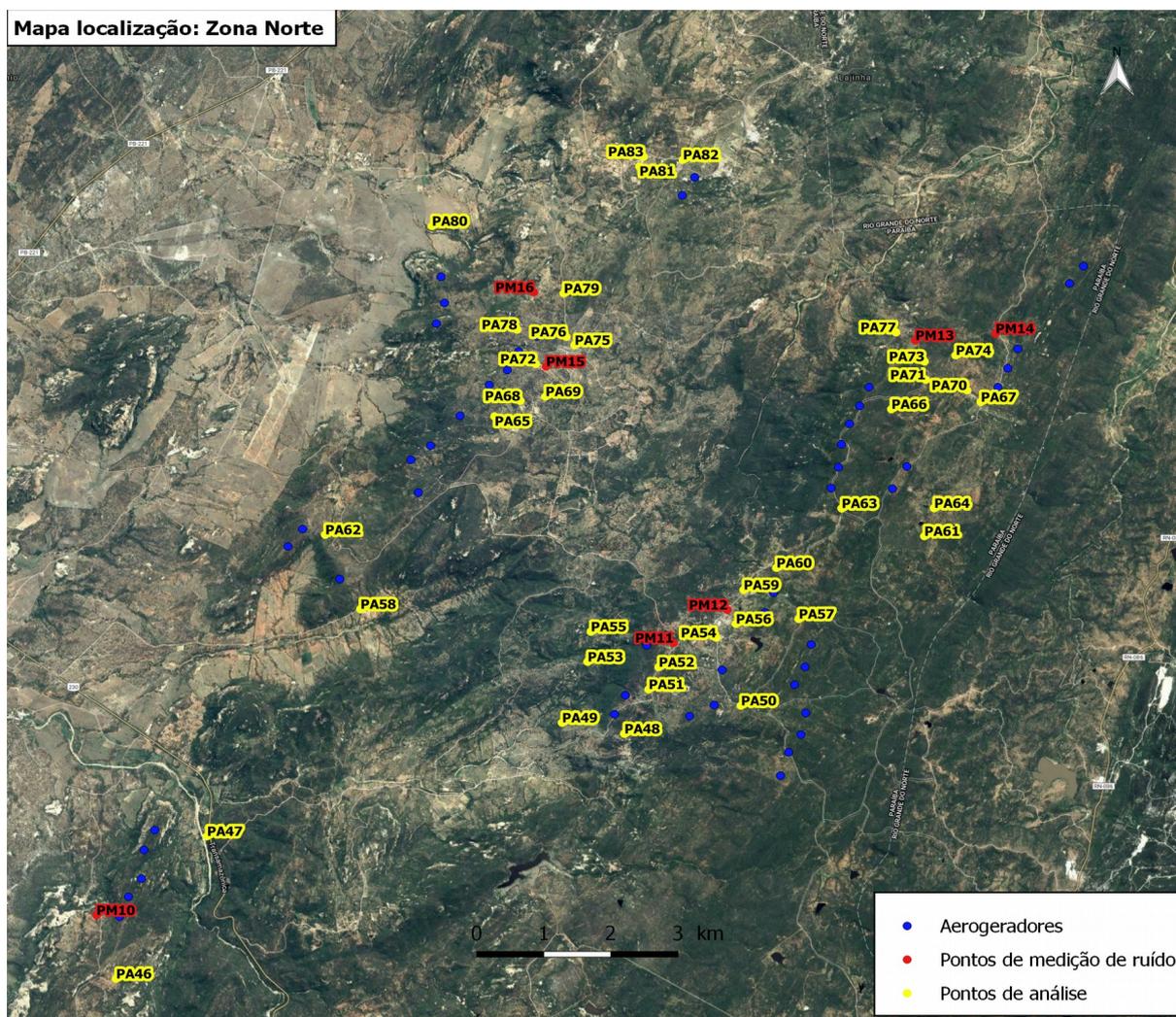
A potência sonora do aerogerador utilizada nos cálculos, em modo de funcionamento *standard*, por velocidade de vento a 10m padrão, é apresentada na tabela a seguir. A referência do documento do fabricante com os dados encontra-se no **Anexo 6**.

<b>Gamesa G132 (h=84): Níveis de potência sonora em função da velocidade do vento em dB(A)</b>								
<b>Velocidade do vento a 10m padrão</b>	<b>3 m/s</b>	<b>4 m/s</b>	<b>5 m/s</b>	<b>6 m/s</b>	<b>7 m/s</b>	<b>8 m/s</b>	<b>9 m/s</b>	<b>10 m/s</b>
Lw em modo <i>standard</i>	98.2	98.2	101.7	105.7	106.3	106.1	106.1	106.1

Tabela 6: Potência sonora dos aerogeradores por velocidade de vento (funcionamento normal).

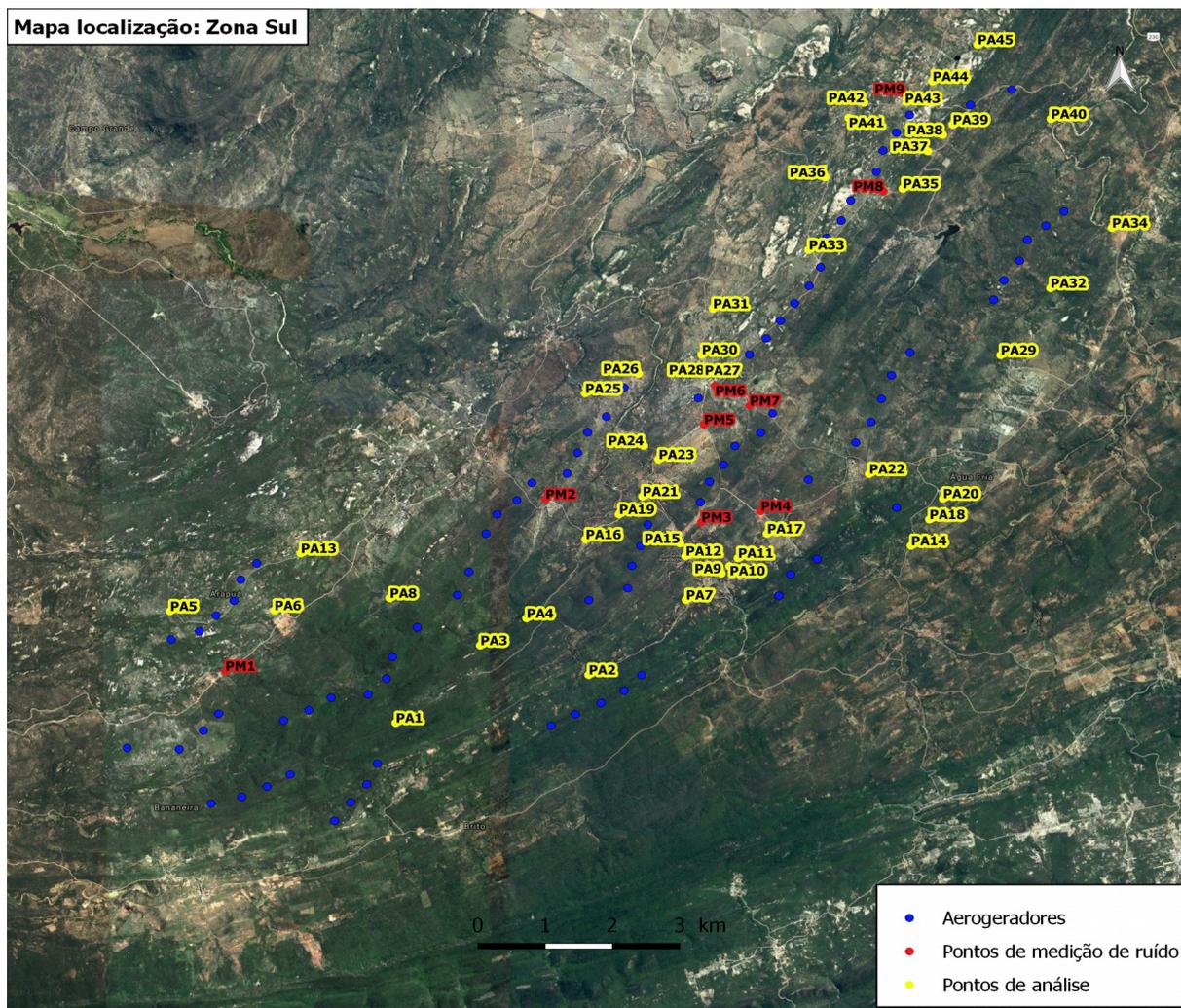
## 8.6. Mapa de localização dos pontos análise e *layout* do projeto

### 8.6.1. Zona norte



Zona norte					
Pontos de medição	Pontos de análise adicionais				
✓ PM10	✓ PA46	✓ PA54	✓ PA62	✓ PA70	✓ PA78
✓ PM11	✓ PA47	✓ PA55	✓ PA63	✓ PA71	✓ PA79
✓ PM12	✓ PA48	✓ PA56	✓ PA64	✓ PA72	✓ PA80
✓ PM13	✓ PA49	✓ PA57	✓ PA65	✓ PA73	✓ PA81
✓ PM14	✓ PA50	✓ PA58	✓ PA66	✓ PA74	✓ PA82
✓ PM15	✓ PA51	✓ PA59	✓ PA67	✓ PA75	✓ PA83
✓ PM16	✓ PA52	✓ PA60	✓ PA68	✓ PA76	
	✓ PA53	✓ PA61	✓ PA69	✓ PA77	

## 8.6.2. Zona sul



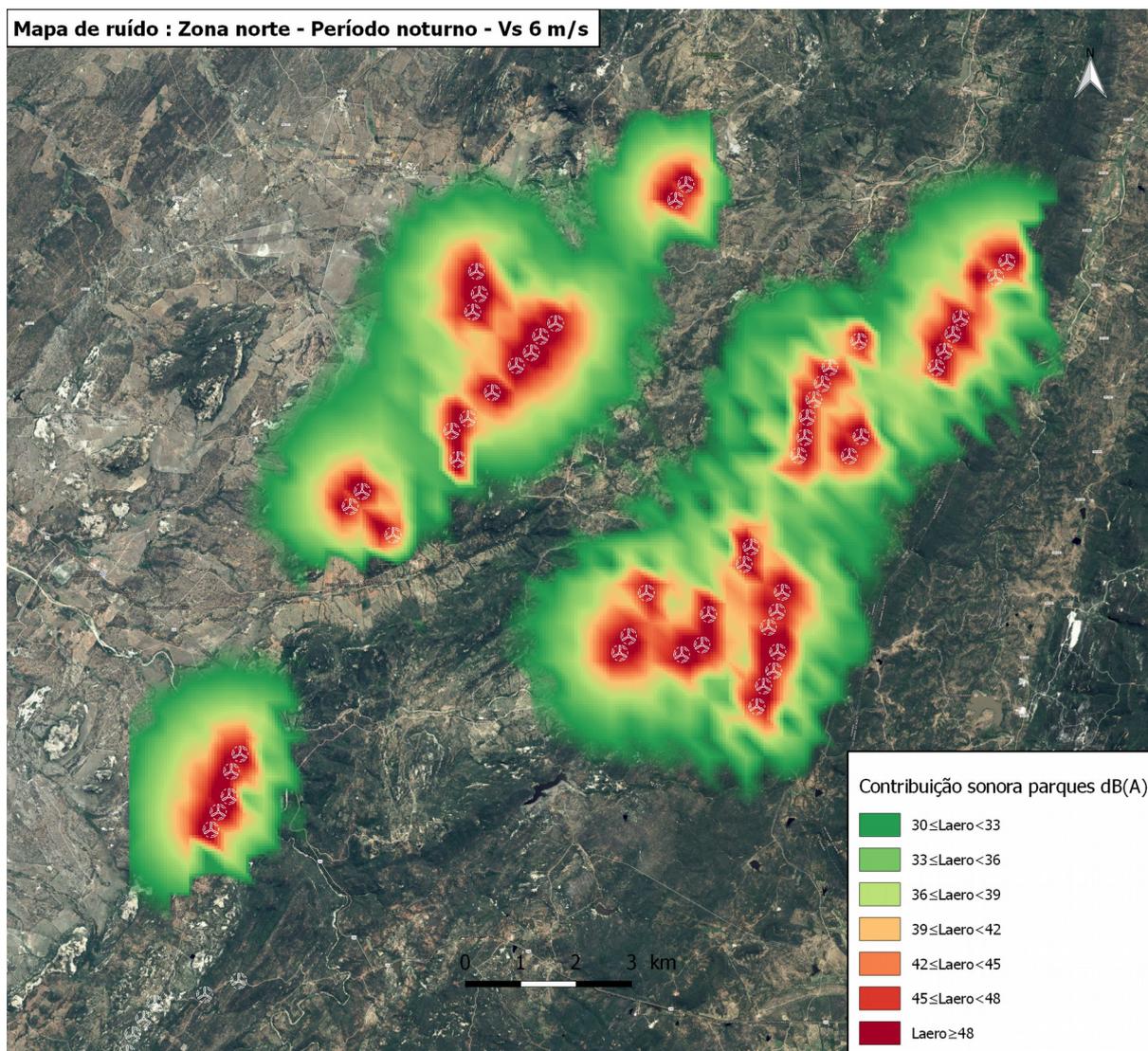
Zona sul					
Pontos de medição	Pontos de análise adicionais				
✓ PM1	✓ PA1	✓ PA10	✓ PA19	✓ PA28	✓ PA37
✓ PM2	✓ PA2	✓ PA11	✓ PA20	✓ PA29	✓ PA38
✓ PM3	✓ PA3	✓ PA12	✓ PA21	✓ PA30	✓ PA39
✓ PM4	✓ PA4	✓ PA13	✓ PA22	✓ PA31	✓ PA40
✓ PM5	✓ PA5	✓ PA14	✓ PA23	✓ PA32	✓ PA41
✓ PM6	✓ PA6	✓ PA15	✓ PA24	✓ PA33	✓ PA42
✓ PM7	✓ PA7	✓ PA16	✓ PA25	✓ PA34	✓ PA43
✓ PM8	✓ PA8	✓ PA17	✓ PA26	✓ PA35	✓ PA44
✓ PM9	✓ PA9	✓ PA18	✓ PA27	✓ PA36	✓ PA45

## 9. Níveis totais em dB(A) no exterior das residências

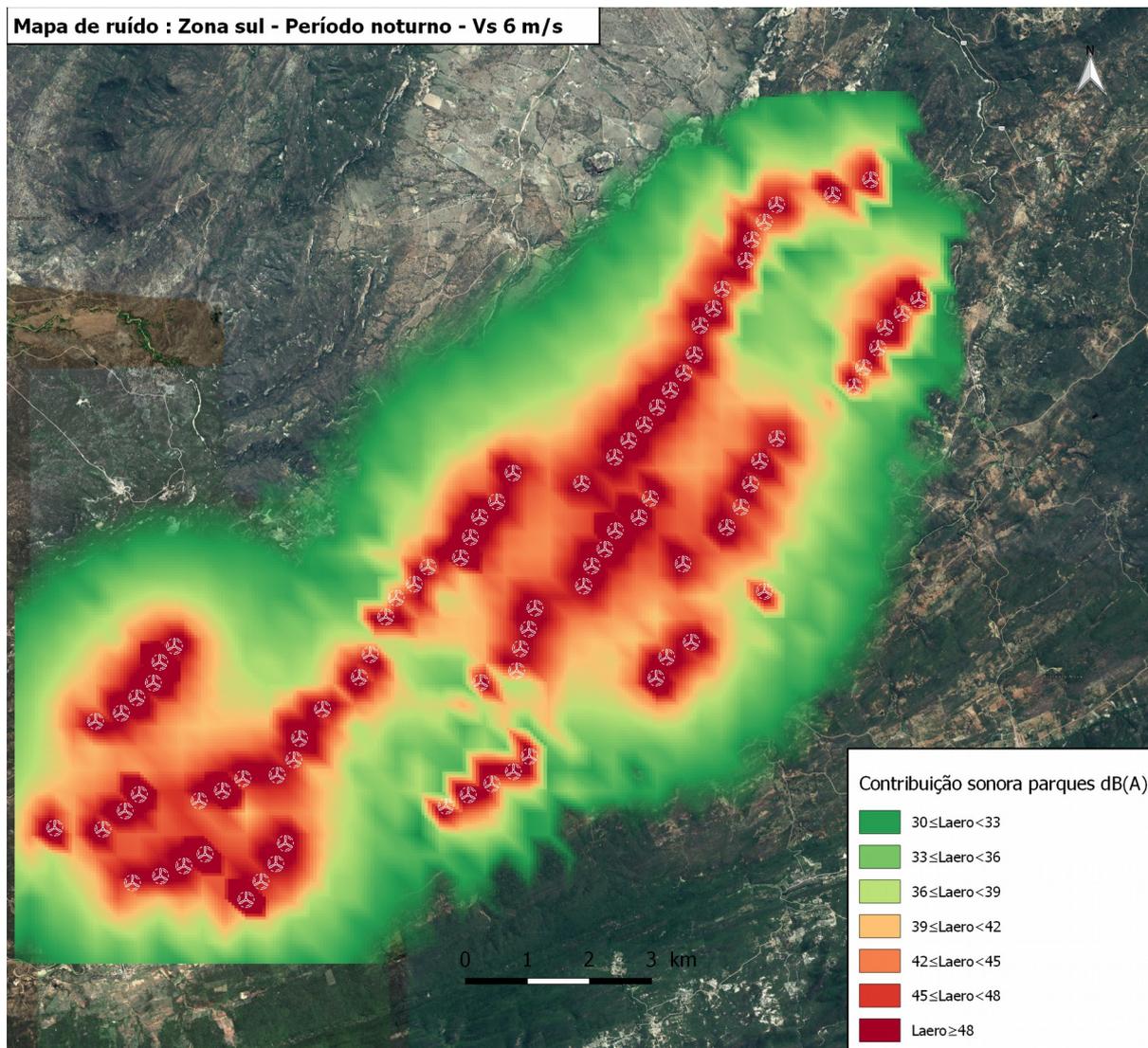
Apresentamos abaixo os resultados da modelagem da propagação sonora na vizinhança dos parques considerando os dados descritos no capítulo anterior.

Lembramos que as velocidades de vento consideradas tem altura de referência igual a 10 metros acima do solo nas condições de rugosidade padrão.

### 9.1. Mapa das contribuições sonoras a 6 m/s para direção Sudeste no período noturno em dB(A)



Mapa de ruído : Zona sul - Período noturno - Vs 6 m/s



## 9.2. Setor Sudeste

### 9.2.1. Tabela de resultados

Apresentamos no **Anexo 5** as tabelas com os resultados das análises regulamentares em dB(A), por velocidade de vento, no exterior das residências avaliadas.

## 10. Conclusão

Os projetos eólicos estudados devem respeitar critérios ambientais que limitam o nível de ruído total na área de influência dos projetos a 55 dB(A) durante o período diurno e 50 dB(A) em período noturno. O presente relatório apresenta a avaliação do impacto sonoro do projeto com base nestes critérios.

O estudo de impacto sonoro efetuado consistiu nas seguintes etapas:

- campanha de medição para a definição do ruído ambiente nas residências vizinhas mais expostas ao ruído dos aerogeradores, por velocidade de vento. A campanha efetuada possibilitou a caracterização do ruído ambiente para a direção de vento dominante na área de implantação do projeto,
- cálculos de previsão das emissões sonoras dos parques através de modelagem computacional,
- estimativa dos níveis sonoros totais na vizinhança dos projetos a partir dos resultados obtidos na modelagem e dos resultados das medições de ruído ambiente realizadas na área de influência dos parques,
- avaliação do impacto sonoro dos projetos.

Lembramos que o nível de ruído total nas residências vizinhas aos projetos é a soma acústica (logarítmica) das contribuições sonoras do aerogeradores, calculados na modelagem, com o valor do ruído ambiente medido no local.

A partir dos resultados das medições de ruído ambiente e dos dados de medição de vento, correlações entre os níveis sonoros medidos e as velocidades de vento permitiram estimar valores de ruído ambiente por velocidade de vento.

Considerando a direção do vento, a influência dos gradientes de vento e de temperatura na curvatura dos raios sonoros, a absorção atmosférica, e eventuais efeitos de solo, foi possível estimar, através do software AcouS PROPA, os níveis sonoros nas residências vizinhas mais expostas ao ruído dos aerogeradores. As análises foram realizadas para um *layout* de projeto constituído de 136 máquinas Gamesa G132-3.465MW com nacele de altura igual a 84m. Os cálculos foram efetuados para a direção de vento Sudeste.

Em todas as análises, as velocidades de vento são referenciadas a 10m do solo para condições de rugosidade padrão.

Os resultados do estudo mostram que durante o funcionamento do parque os níveis sonoros totais na vizinhança não deverão ultrapassar os os limites regulamentares para todos os períodos avaliados: diurno, noturno e fim de noite.

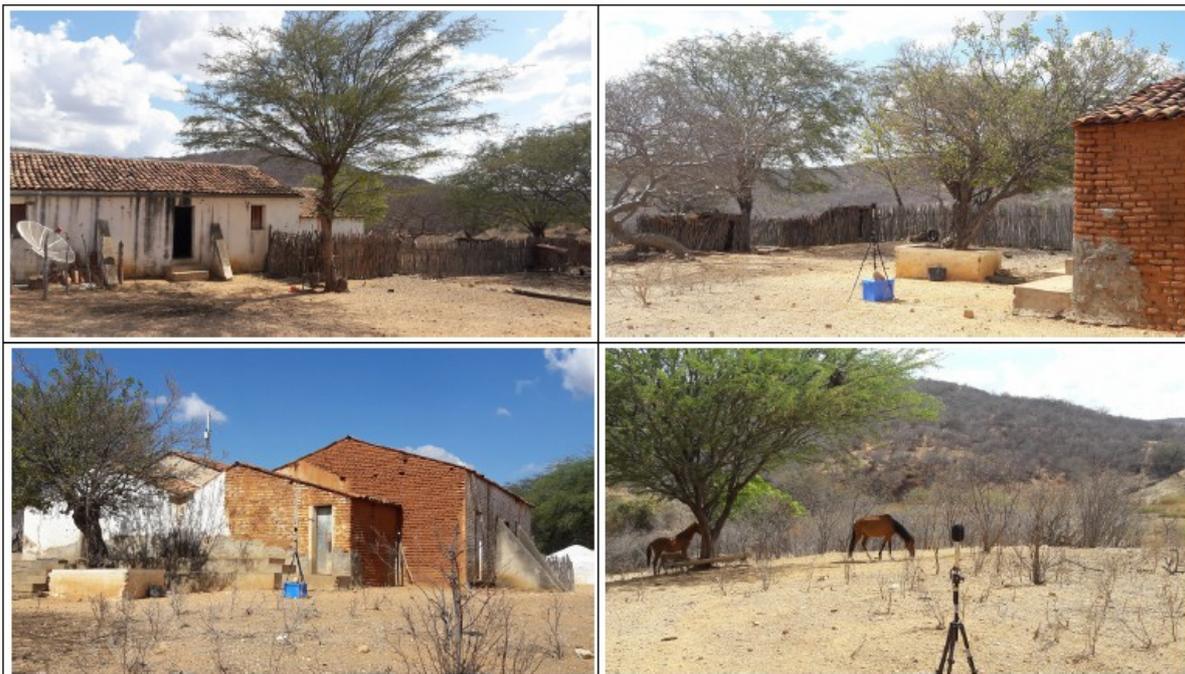
  
**FERNANDA AÖR**

---

ANEXO 1 :REGISTROS FOTOGRÁFICOS DA CAMPANHA DE  
MEDIÇÃO

## Registros fotográficos

### Ponto 1 :



### Ponto 2 :



**Ponto 3 :**



**Ponto 4 :**



**Ponto 5 :**



**Ponto 6 :**



**Ponto 7 :**



**Ponto 8 :**



**Ponto 9 :**



**Ponto 10 :**



**Ponto 11 :**



**Ponto 12 :**



**Ponto 13 :**



**Ponto 14 :**



**Ponto 15 :**



**Ponto 16 :**

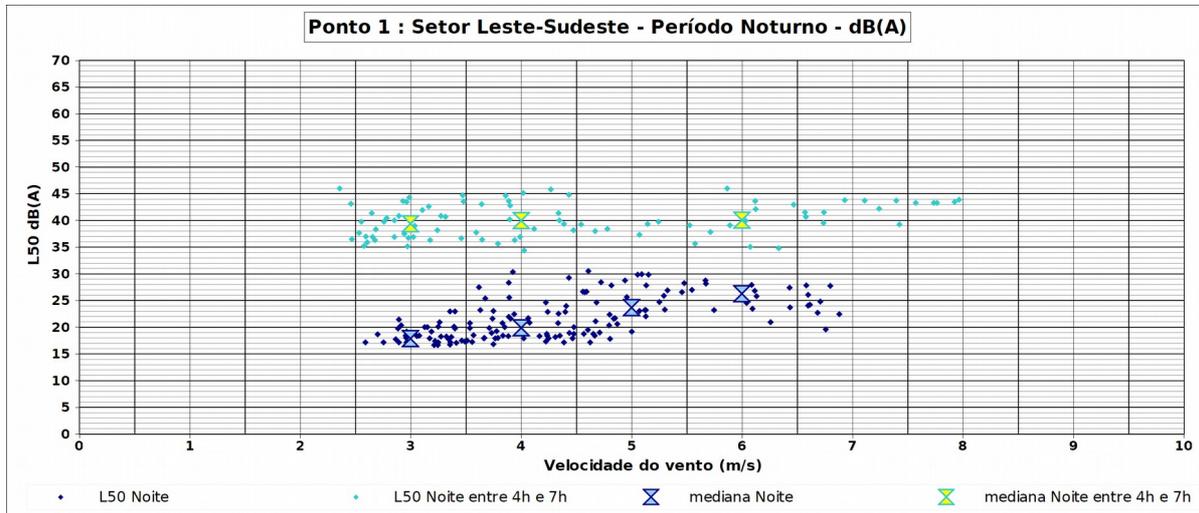
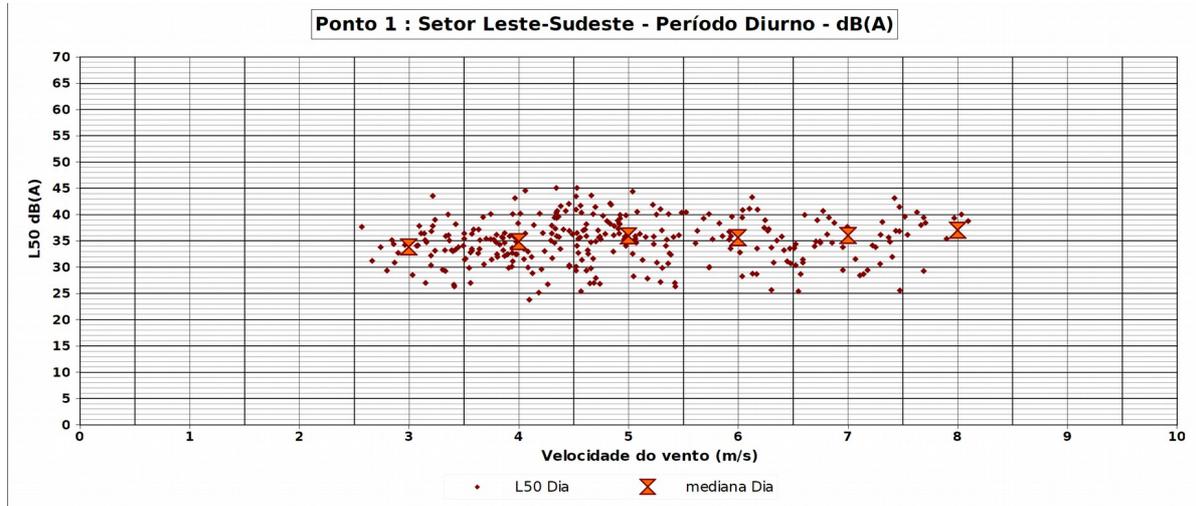


---

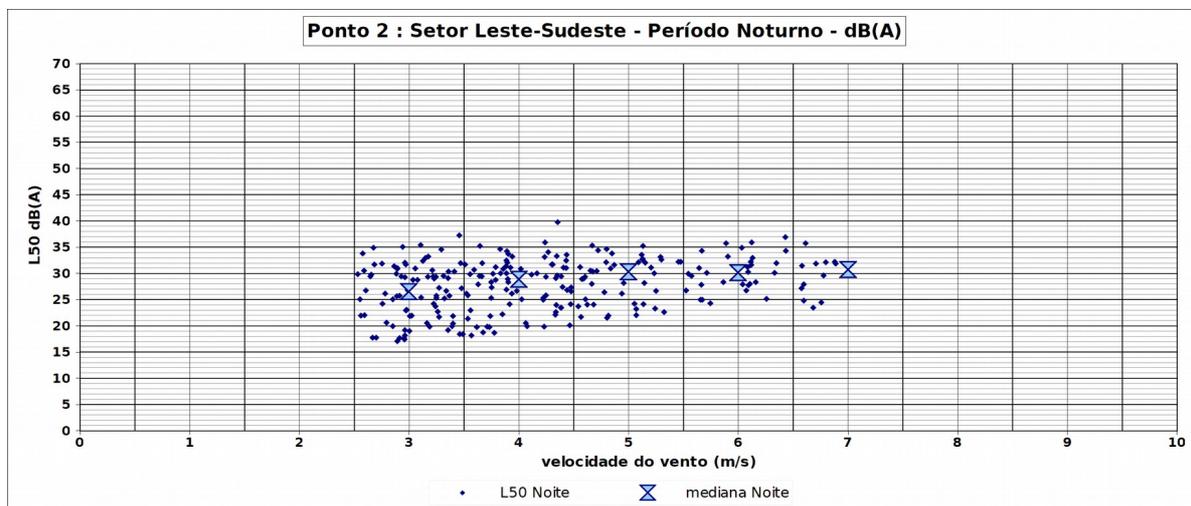
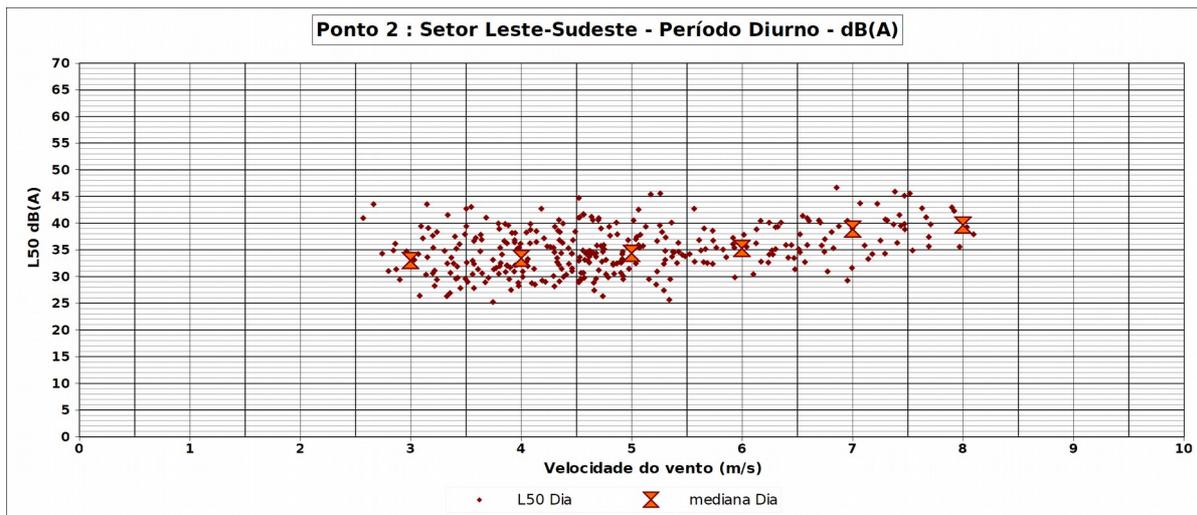
## ANEXO 2 : NUVENS DE PONTOS EM DB (A)

# Vento Leste-Sudeste (L-SE)

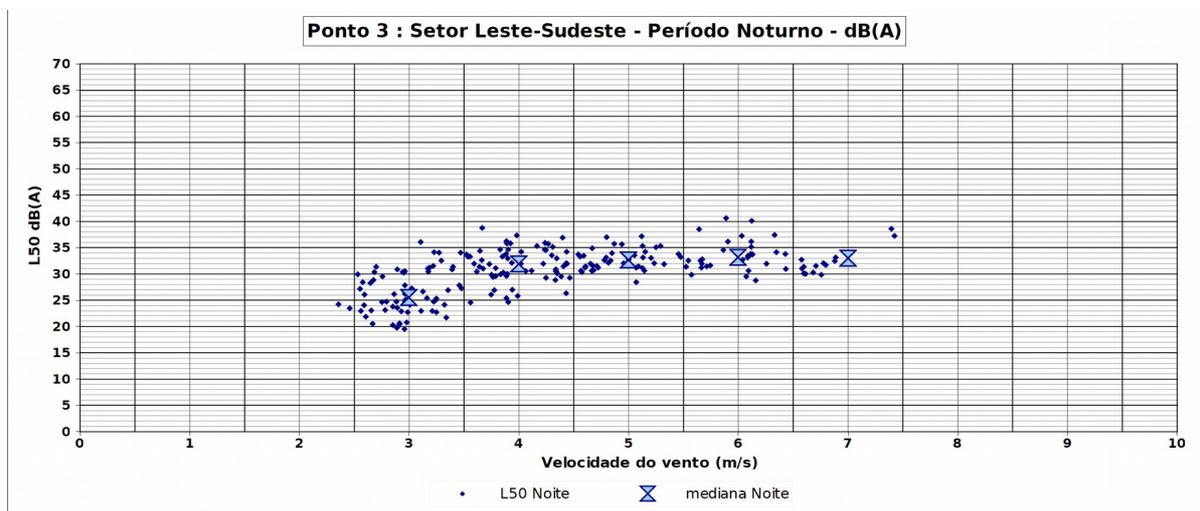
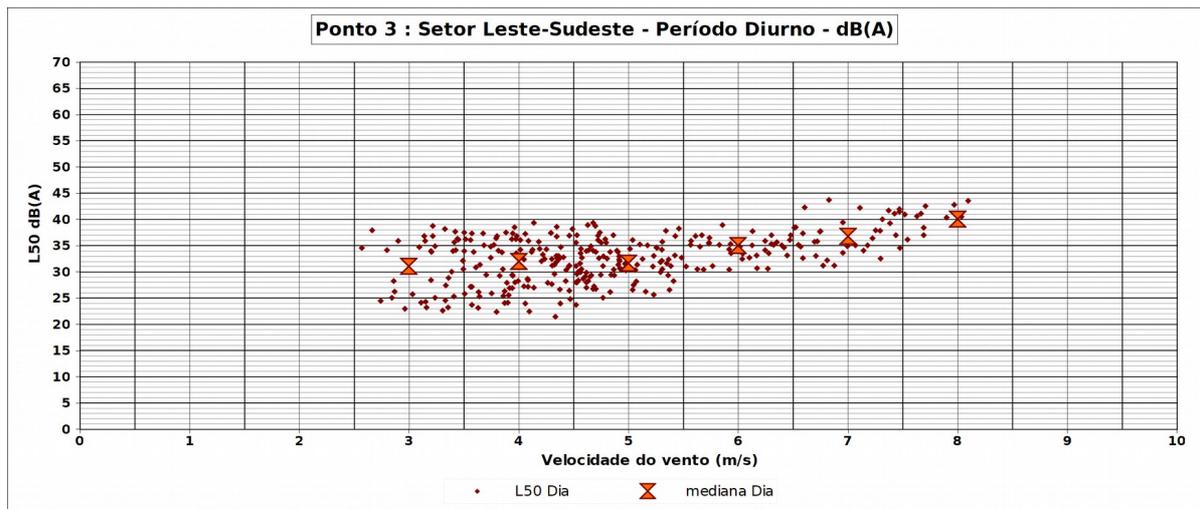
°Ponto 1 :



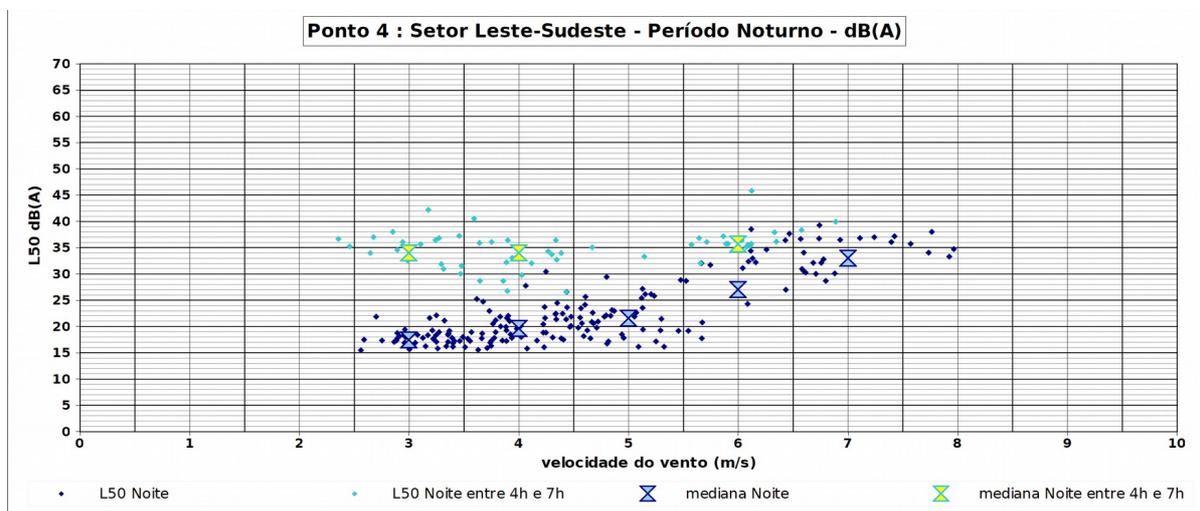
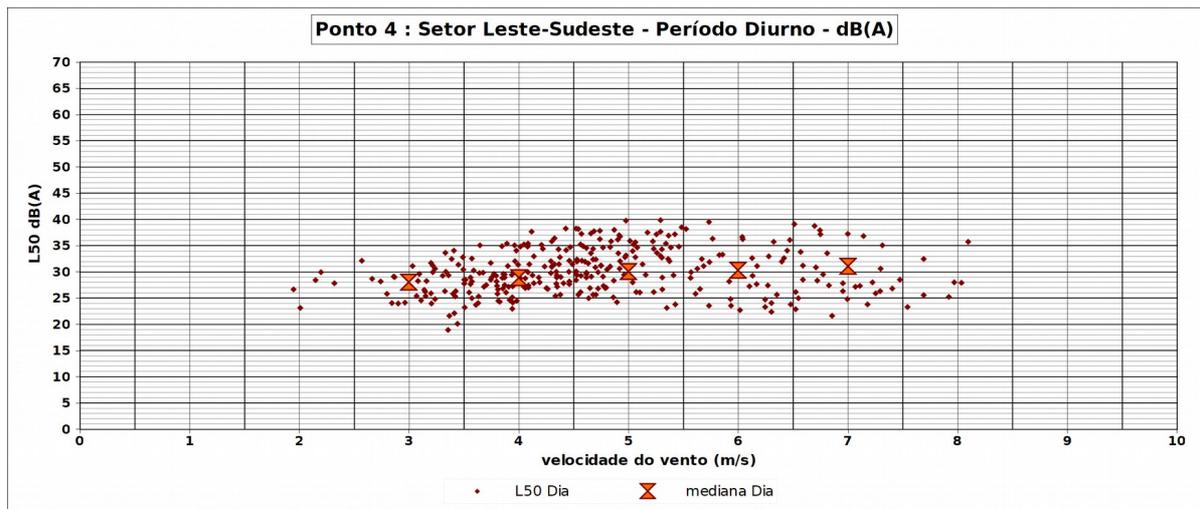
## Ponto 2 :



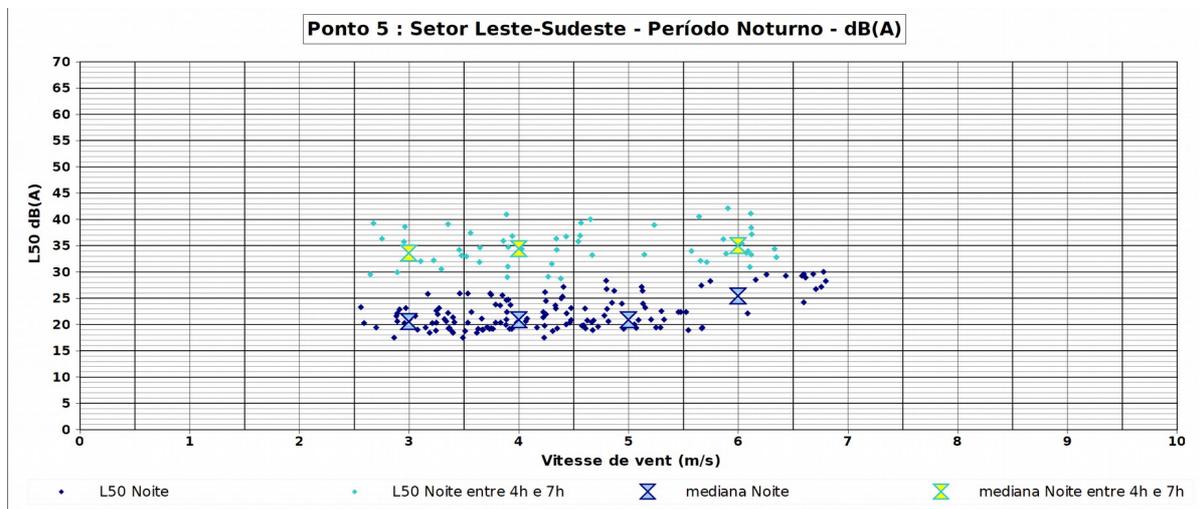
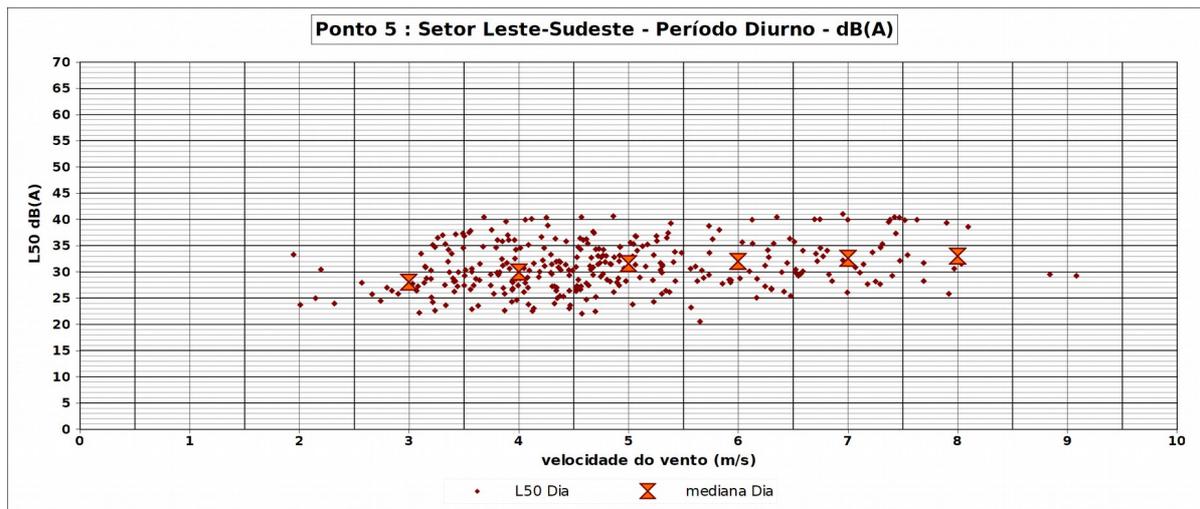
### Ponto 3 :



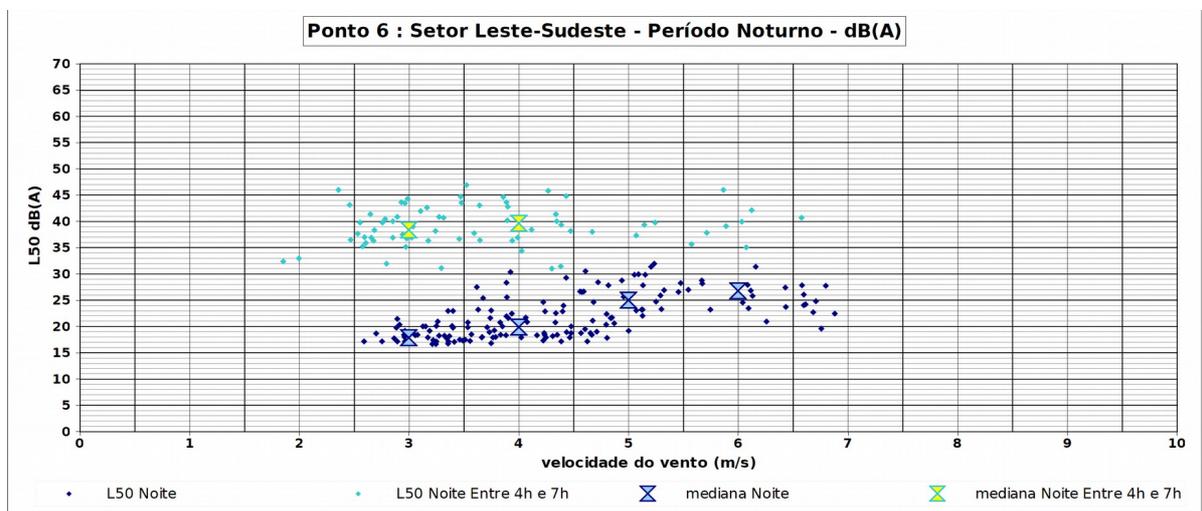
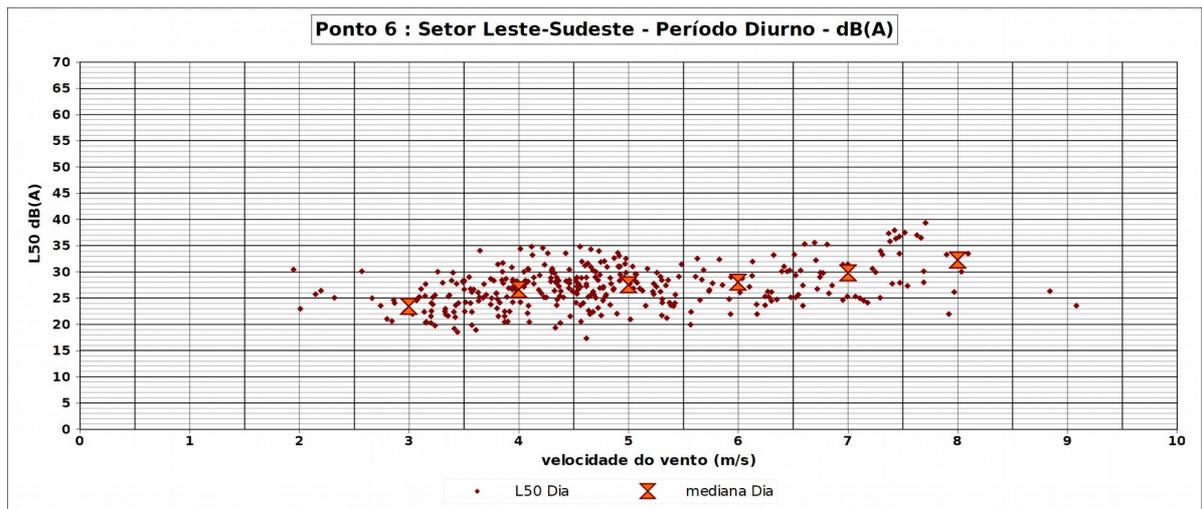
### Ponto 4 :



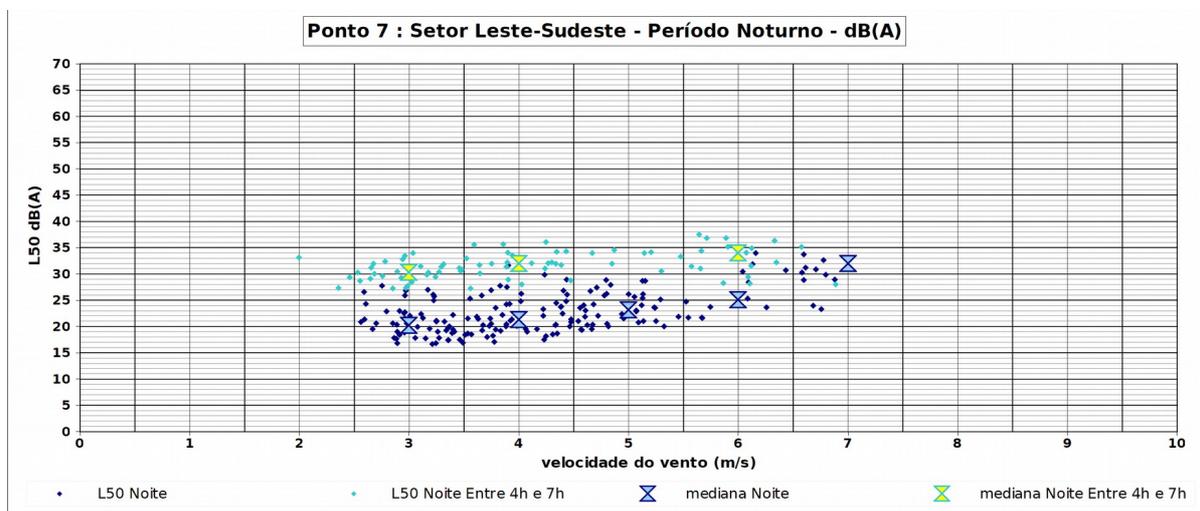
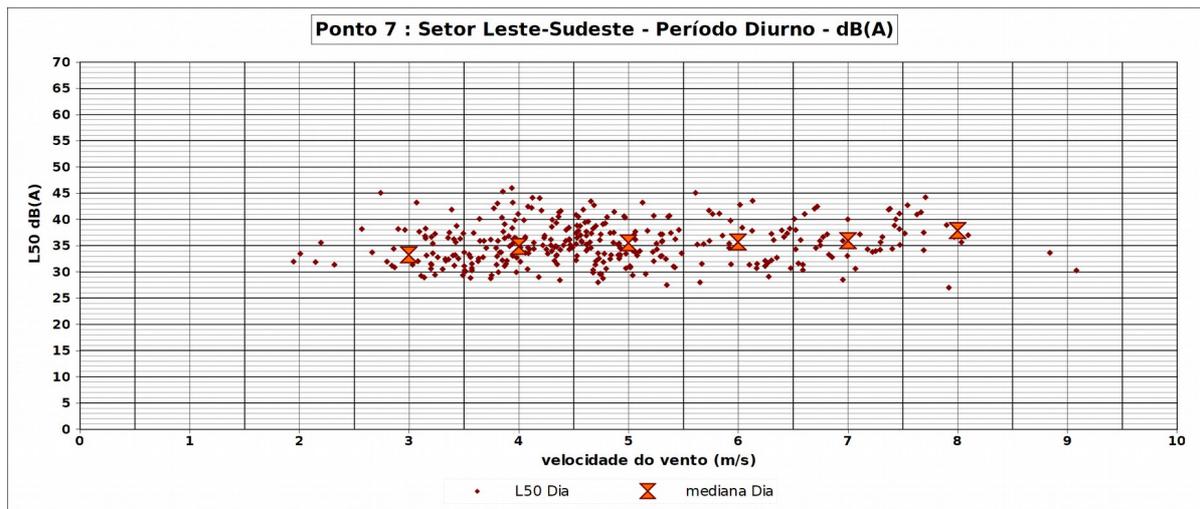
### Ponto 5 :



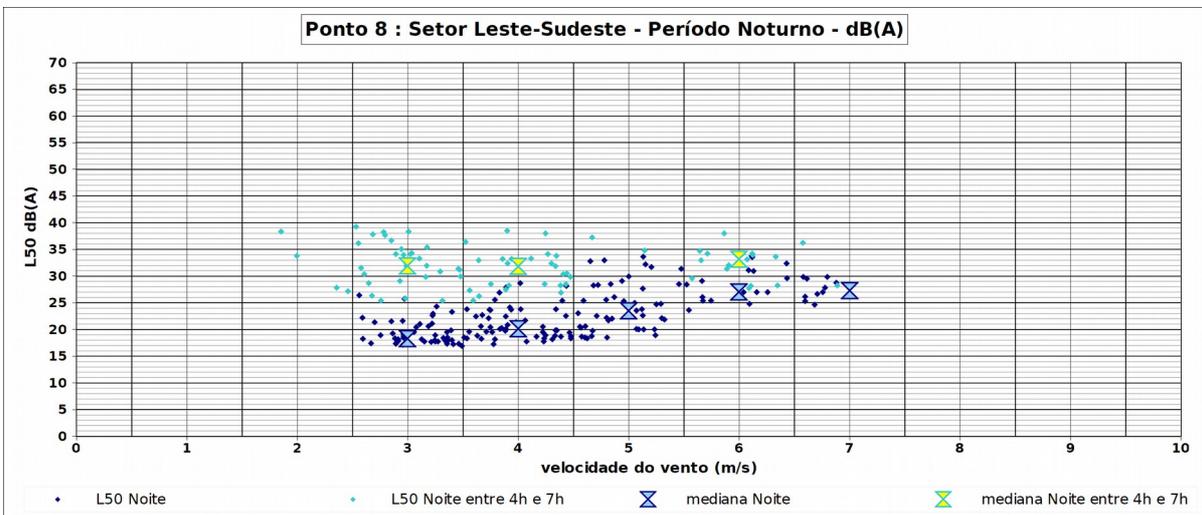
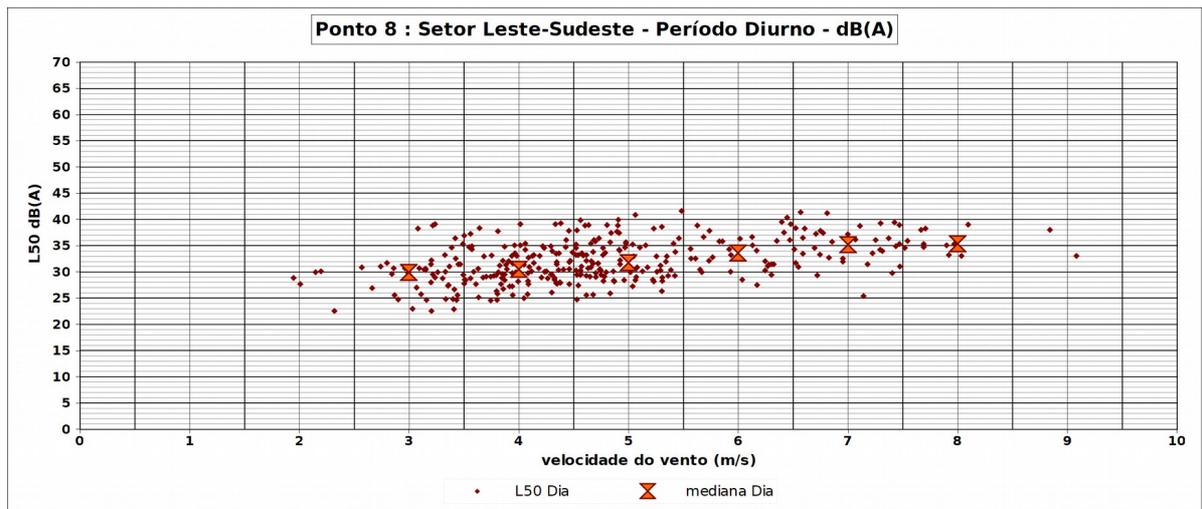
### Ponto 6 :



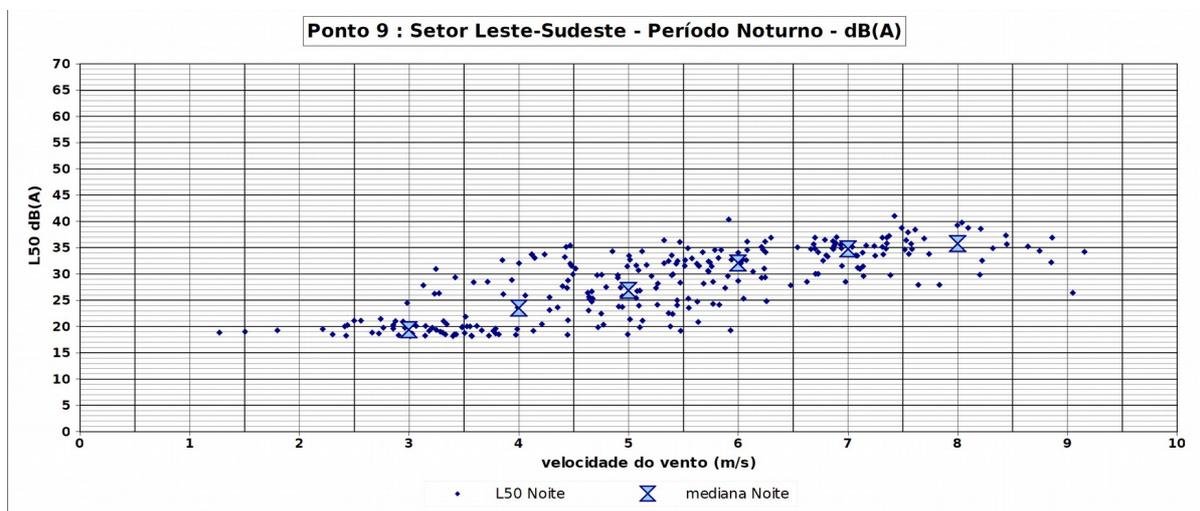
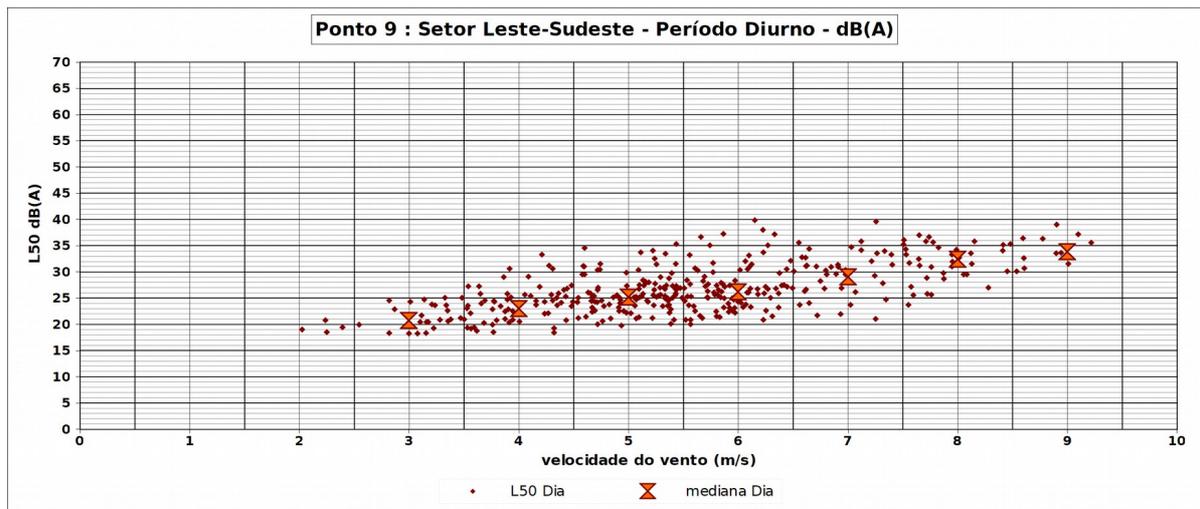
### Ponto 7 :



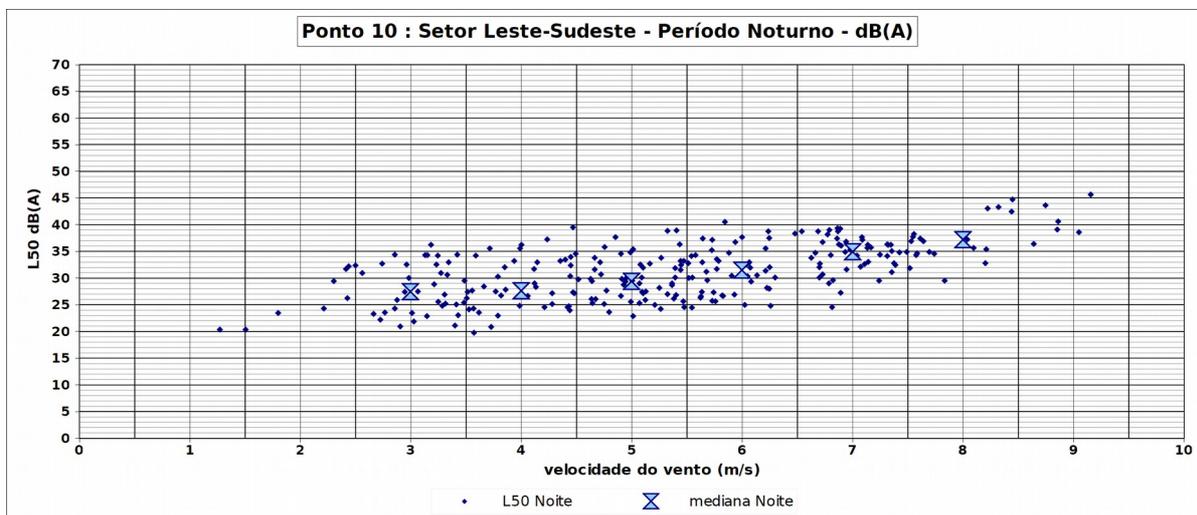
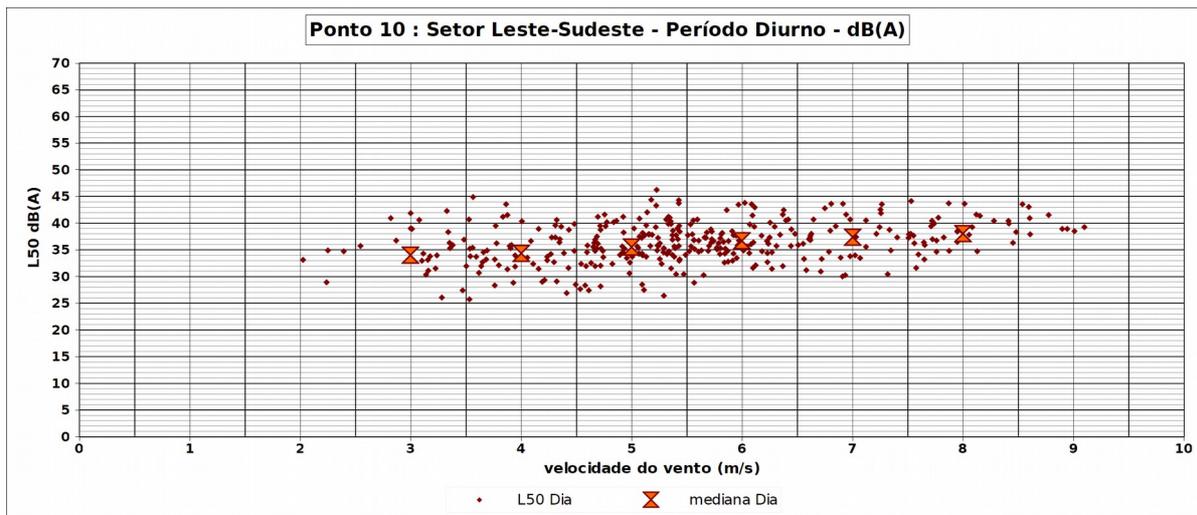
### Ponto 8 :



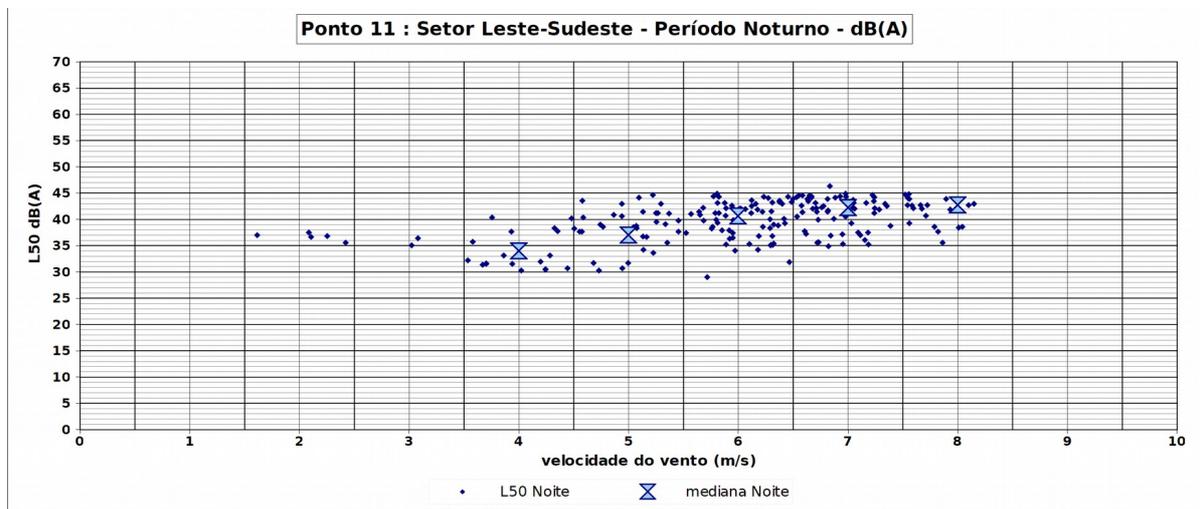
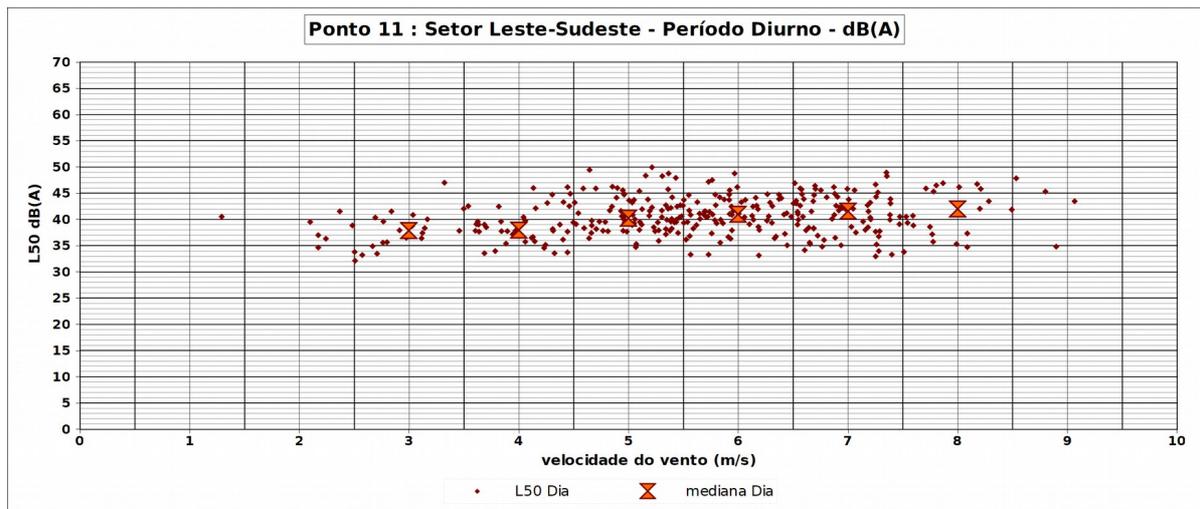
### Ponto 9 :



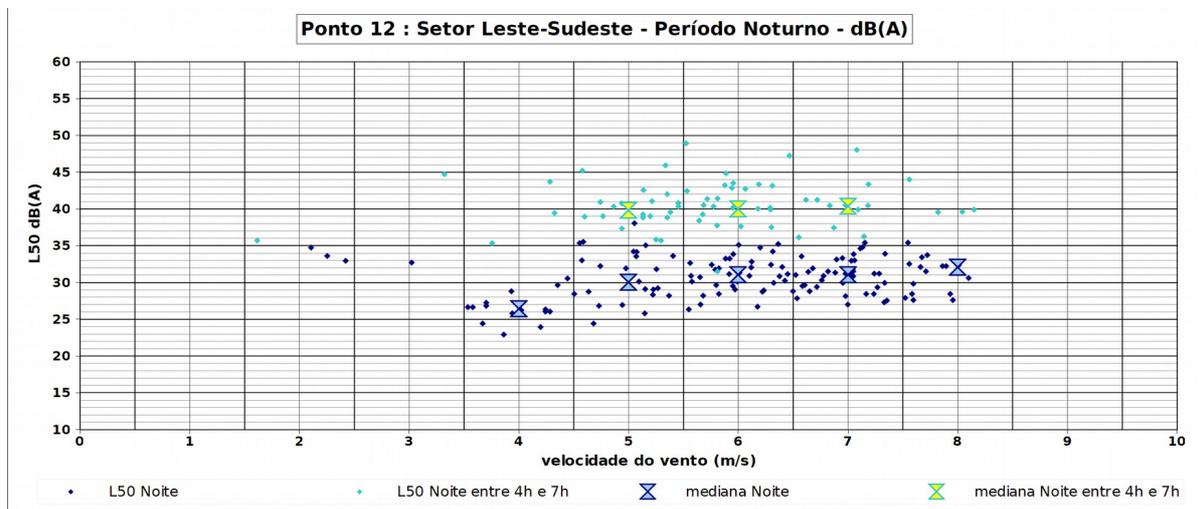
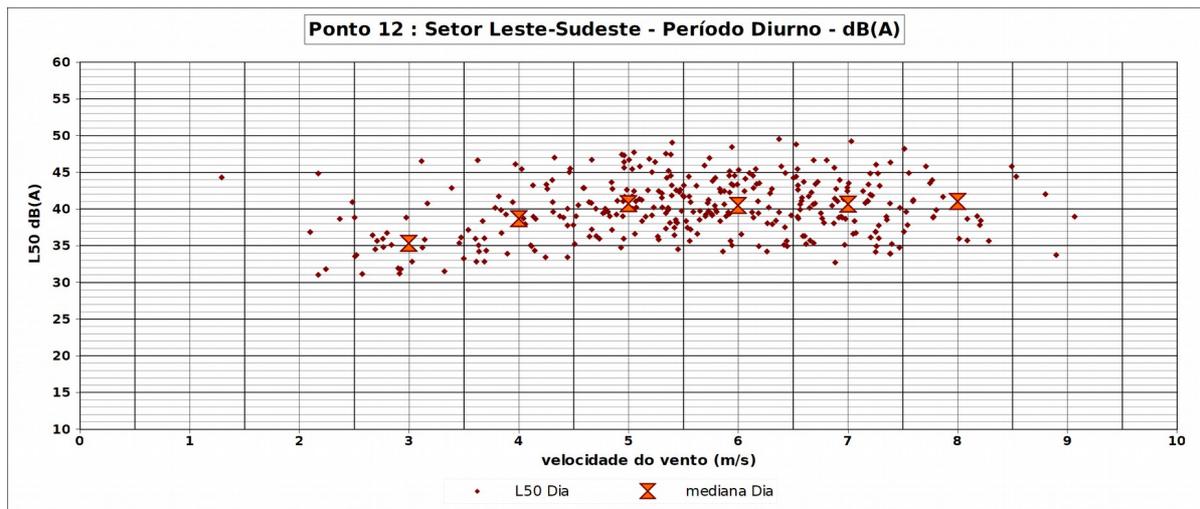
### Ponto 10 :



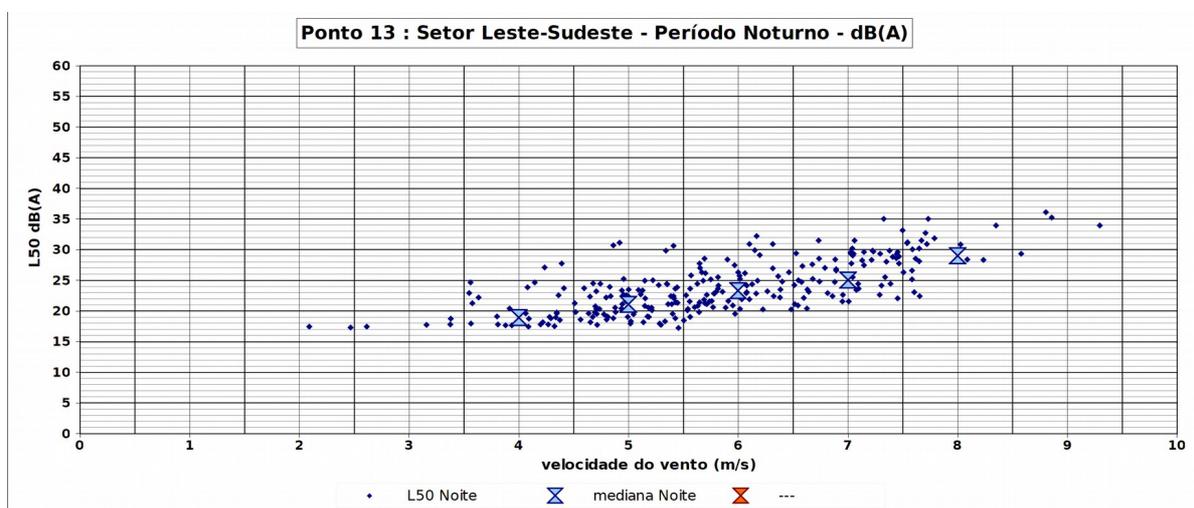
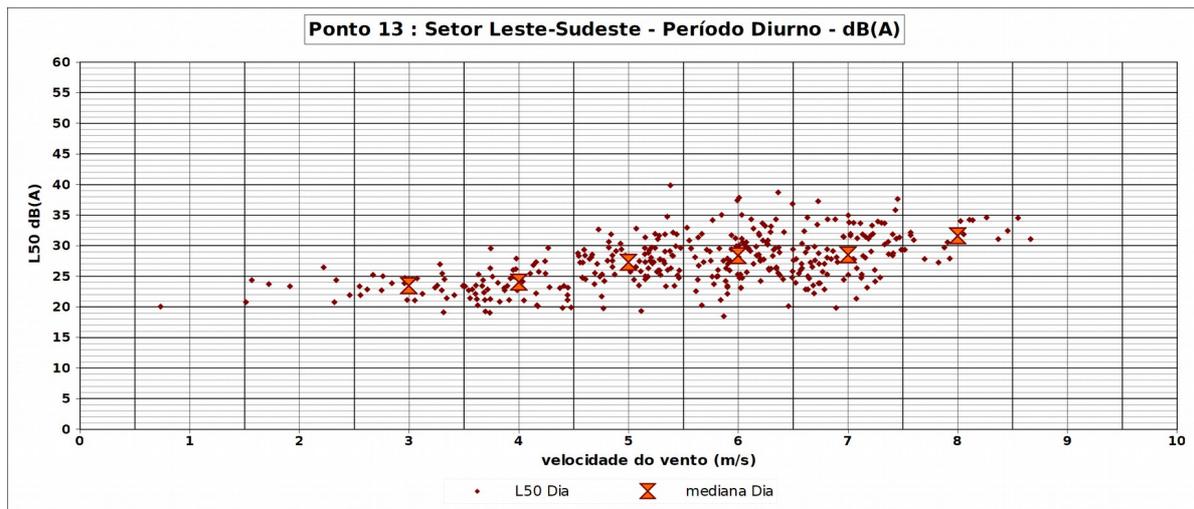
# Ponto 11 :



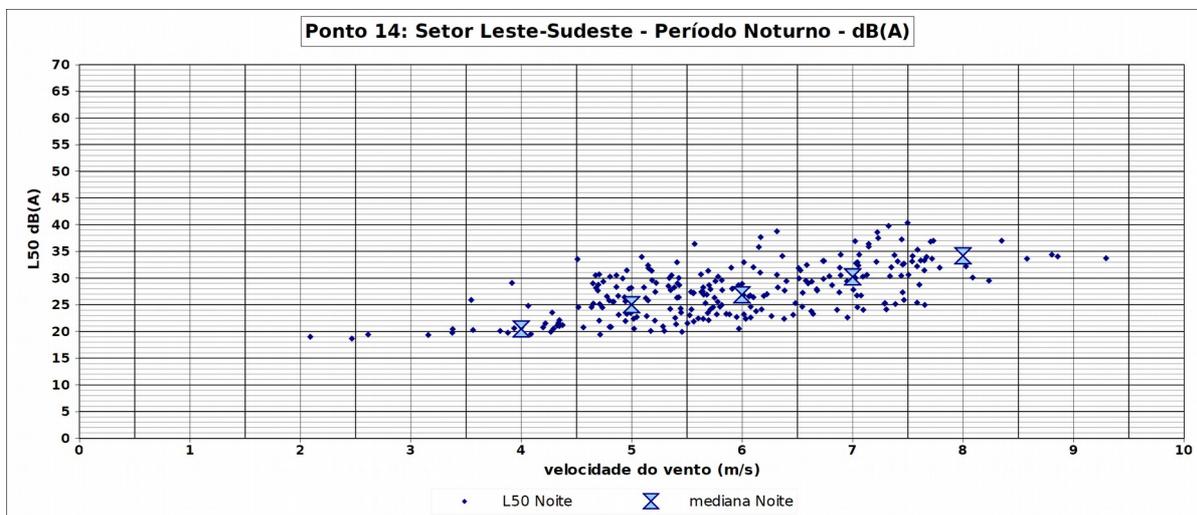
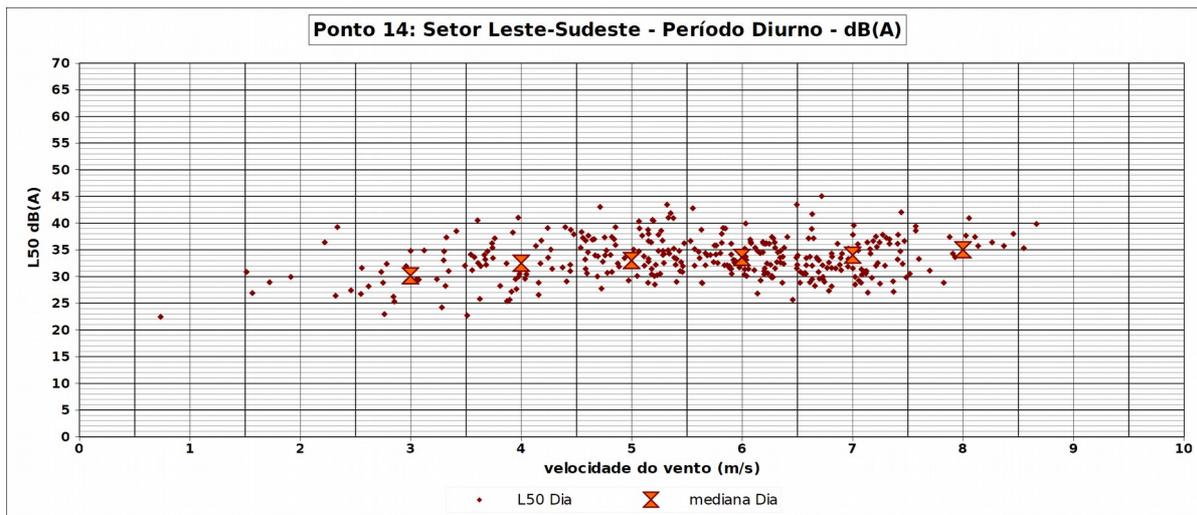
### Ponto 12 :



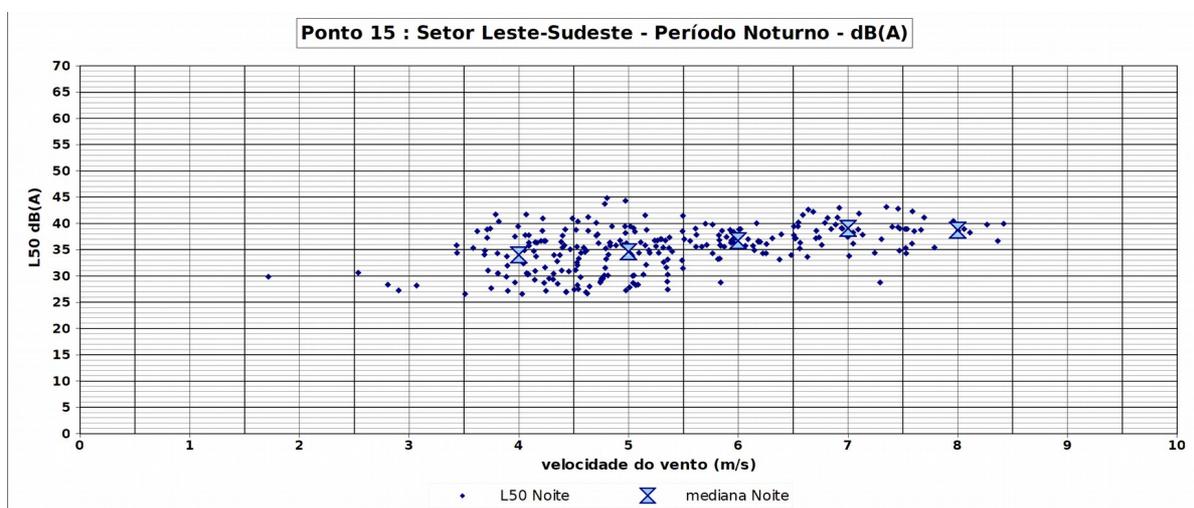
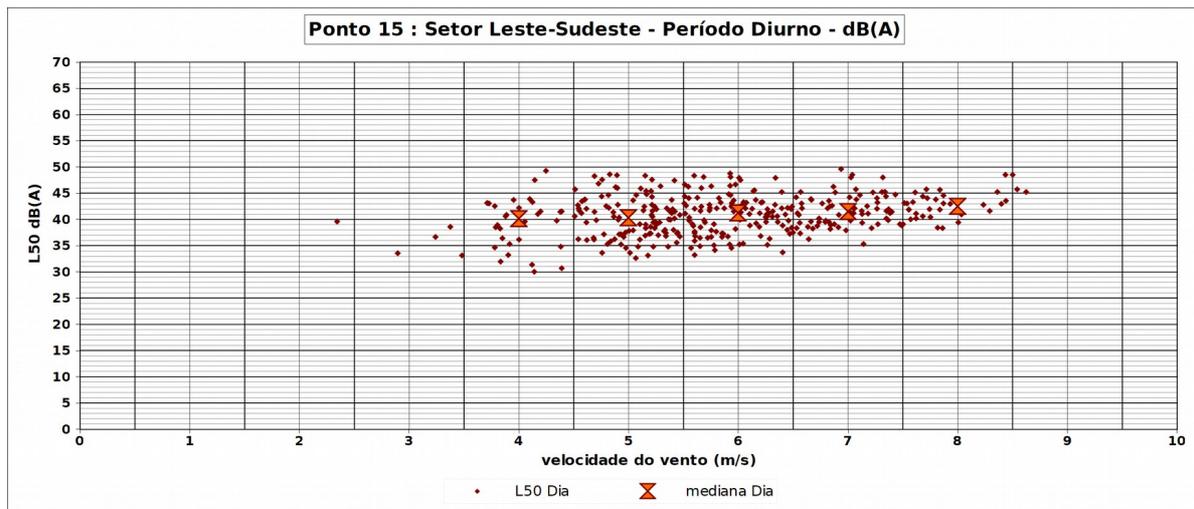
### Ponto 13 :



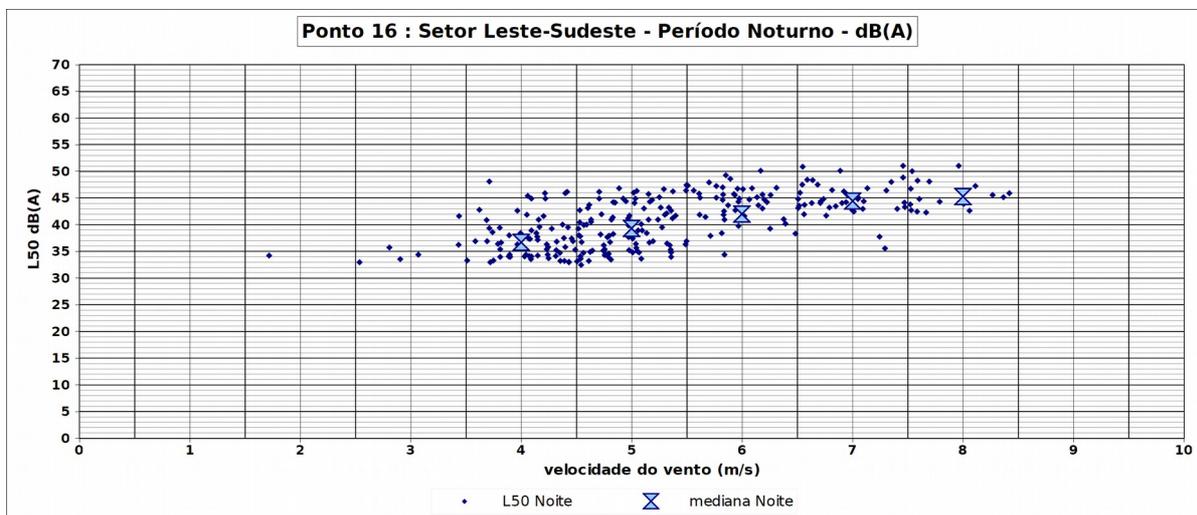
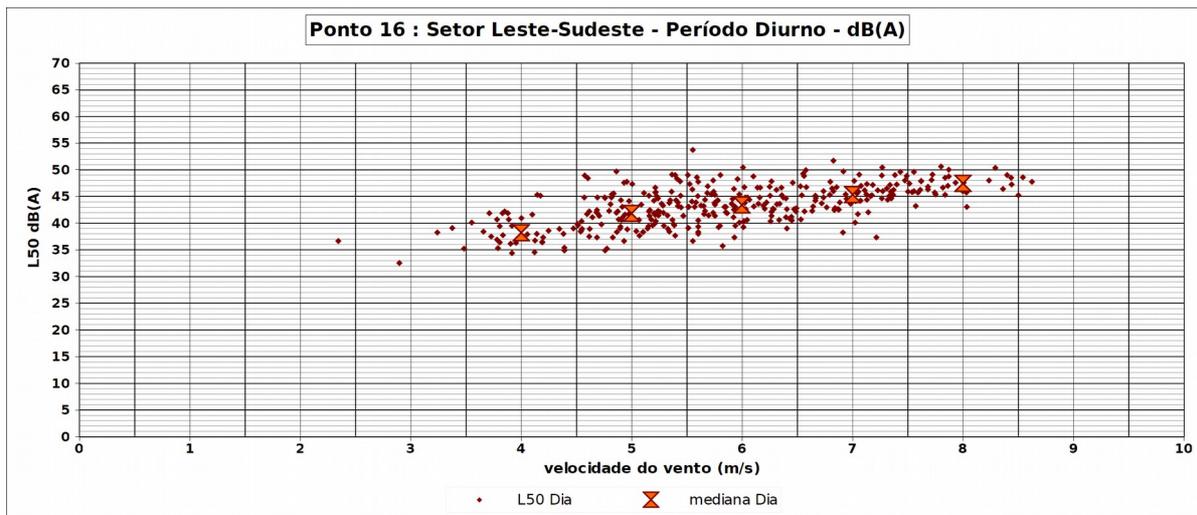
### Ponto 14 :



### Ponto 15 :



# Ponto 16 :



---

## ANEXO 3 :FICHA TÉCNICA DO SOFTWARE ACOUSPROPA®

## INTRODUÇÃO

O software AcouS PROPA® trata-se de um modelo de cálculo desenvolvido especificamente para a realização de previsões operacionais visando o diagnóstico do ambiente sonoro de parques eólicos. Diferentemente da convencional norma ISO 96-13, que utiliza modelos de reflexão especular, o cálculo proposto baseia-se na hipótese de que haverá difusão da energia sonora quando as ondas refletirem do solo além de considerar a influência das condições meteorológicas.

Os níveis sonoros podem variar significativamente em caso de turbinas “downwind” ou “upwind”. Sendo assim, modelos de predição para a avaliação do impacto sonoro de parques eólicos devem considerar as condições meteorológicas dominantes no território para que os ajustes no funcionamento dos aerogeradores sejam realizados. Por este motivo, modelos conhecidos para simulação da propagação de ruído aéreo, conforme a norma ISO 96-13, não são suficientes para o tratamento destas características particulares. Além disso, caso as máquinas sejam instaladas em terrenos acidentados, os modelos utilizados devem considerar a influência da topografia na propagação do som.

A realização de estudos de impacto acústico objetiva a previsão dos níveis sonoros na vizinhança de parques eólicos e, caso necessário, a proposição de soluções para a garantia da viabilidade operacional e legal do empreendimento. Normalmente, as soluções consistem em modificações no funcionamento dos aerogeradores em operação caso sejam verificadas condições meteorológicas que possam elevar os níveis sonoros na vizinhança a valores superiores aos admissíveis. Por este motivo, é de extrema importância que o operador do parque identifique rapidamente a ocorrência destas condições.

A primeira parte do artigo descreve o método utilizado para garantir a boa cobertura dos parâmetros meteorológicos que influenciam na propagação do som. A segunda parte apresenta a comparação entre medições realizadas para validação do modelo e os resultados obtidos pelo cálculo a partir de dados de situações reais. Enfim, serão demonstrados os resultados de um estudo de caso realizado para um parque eólico brasileiro.

## CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS E A PROPAGAÇÃO DO SOM

As condições meteorológicas tem influência na propagação do som, pois determinam a curvatura dos raios sonoros. Por isso, o modelo proposto considera os seguintes parâmetros principais: gradiente de temperatura, velocidade e direção do vento. Existem modelos complexos para a resolução da aproximação parabólica da equação de Helmholtz traduzida pela propagação das ondas sonoras (FFP [27], PE [27], GF-PE [27], Split-step Padé [20, 4], LE and Lagrangien Model [31]). Estes métodos consistem em cálculos longos e não podem ser facilmente adaptados a aplicações operacionais, como é o caso em questão. Nesse sentido, o modelo de cálculo desenvolvido utiliza o método de aproximação acústica geométrica. O objetivo é determinar a trajetória do “raio” de som a partir da integração da seguinte equação:

$$\frac{dz}{dx} = \frac{c(z) \cos i(z)}{c(z) \sin i(z) + U(z)} \quad (1)$$

onde  $c(z)$  é definido como

$$c(z) = \sqrt{\frac{\gamma RT(z)}{M} + u(z) \cdot \cos \beta} \quad (2)$$

e vento  $u(z)$  e a temperatura  $T(z)$  são

$$u(z) = \frac{u^*}{k} \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \quad (3)$$

$$T_1(z) = T_h + \frac{T - P t}{k} \ln\left(\frac{z}{h}\right) \quad (4)$$

A ilustração 1 abaixo mostra a construção geométrica, inspirada em Huygens-Fresnel, que conduz à conhecida equação da trajetória.

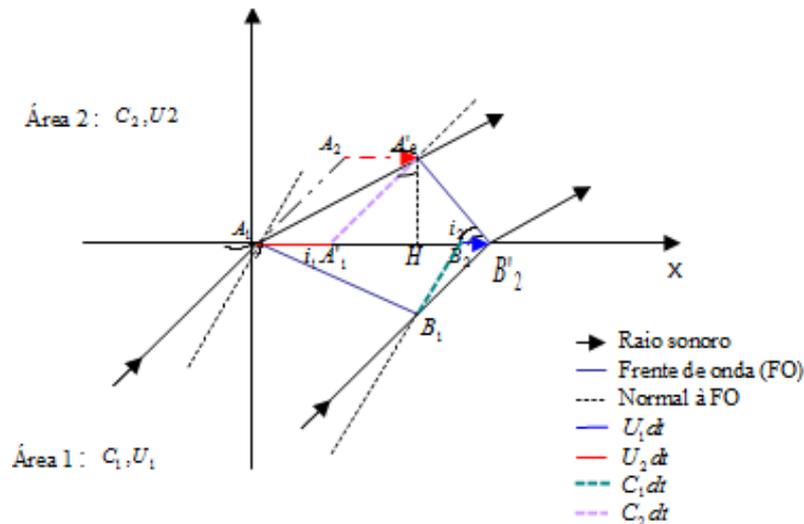


Ilustração 1a: Construção geométrica da refração

Para o cálculo, a direção do vento é assumida como constante em uma mesma altura. O domínio destas condições iniciais possibilita o cálculo da velocidade de propagação das ondas sonoras em função da altura e a dedução das ondas sonoras refratadas.

#### O fenômeno da refração sonora

A trajetória sonora é curva, sua curvatura pode estar orientada em direção ao solo ou ao céu. Caso esta trajetória esteja direcionada para o céu, ocorrerá a formação de uma “zona de sombra” a uma determinada distância da fonte, nela assumimos a inexistência de energia acústica. Porém, alguns casos estudados evidenciaram a existência de energia nesta área. Entre os fatores que justificam a irradiação sonora da “zona de sombra” estão: a turbulência atmosférica responsável pela dispersão sonora e a difração das ondas sonoras no choque com o terreno. O modelo proposto considera estes dois fatores no tratamento do fenômeno de irradiação da “zona de sombra”. A seguir, a ilustração 2 demonstra a trajetória do som quando há formação de uma “zona de sombra”.

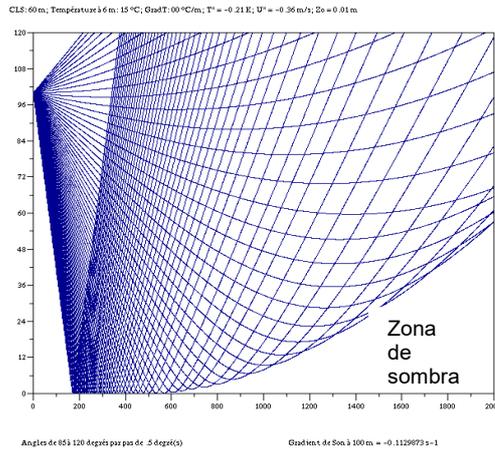


Ilustração 2a: Parte da trajetória do som em terrenos planos

## COMPARAÇÃO ENTRE OS RESULTADOS DO MODELO E DE MEDIÇÕES

Nesta seção, serão apresentados os resultados obtidos em 3 estudos para diferentes parques eólicos. Para quantificação dos níveis de ruído, será utilizada uma abordagem simples para o estudo de impacto. O objetivo é, simplesmente, demonstrar que os resultados obtidos pelo modelo são compatíveis com os níveis sonoros resultantes do funcionamento dos aerogeradores isoladamente. É importante ressaltar que para a avaliação do ruído na vizinhança do parque eólico estes níveis podem ainda sofrer uma correção de acordo com o ruído de fundo no local.

### Parque Eólico (1)

O parque eólico (1) está localizado em uma zona rural com vegetação composta por arbustos e árvores. Possui seis turbinas instaladas com a altura do cubo igual a 80 m. A superfície do território estudado foi modelada em forma de plano, já que a diferença de nível máxima do terreno tem valor compreendido entre 30 m e 500 m. A ilustração 3 demonstra a distribuição dos aerogeradores no parque (pontos vermelhos) e dos pontos de recepção escolhidos para a realização das medições sonoras (pontos azuis).

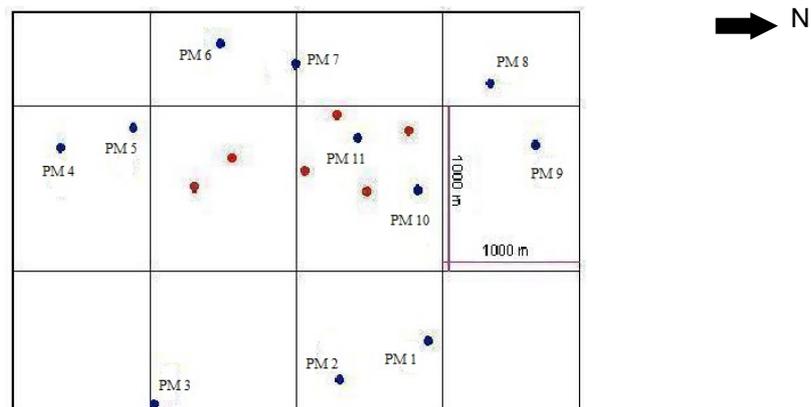


Ilustração 3: Parque Eólico (1)

Os resultados das medições correspondem ao período de operação noturno sob influência de vento sudeste com velocidade de 2.7 m/s à 10 metros do solo. A temperatura média durante as medições era de 9°C. Sendo assim, os parâmetros utilizados no modelo para a caracterização do vento e da temperatura foram:  $u^* = 0.69$ ,  $z_0 = 0.2$ ,  $T^* = 0.32$ ,  $Th = 9^\circ C$ ,

h=10m. A potência sonora das fontes foi medida no local de acordo com a norma IEC 61400-11.

A tabela 1 apresenta os resultados obtidos pelo cálculo e os níveis registrados pelas medições sonoras. Observa-se satisfatória compatibilidade entre os métodos. Vale ressaltar que as células da tabela com fundo cinza correspondem a resultados de medições que captaram a perturbação do ruído de fundo nas emissões sonoras dos aerogeradores. Para informação, estas células indicam os valores de variação do Leq1min do ruído de fundo medido no parque.

Pontos de Medição	Distância F-R (m)	Direção propagação	Leq dB(A) Medições	Leq dB(A) Cálculo
PM1	1000	downwind	25	25.1
PM2	1070	slightly downwind	32 à 29	24.3
PM3	1220	crosswind	26	22.5
PM4	840	upwind	39 à 46	21.7
PM5	560	upwind	27	26.9
PM6	710	slightly downwind	28.5	26.3
PM7	400	crosswind	29	30.4
PM8	530	slightly downwind	25	29.4
PM9	800	slightly downwind	28 à 38	26.7
PM10	300	downwind	33.5	35.3
PM11	300	downwind	38	38.5

Tabela 1a: Comparação entre os resultados do modelo e medições sonoras no parque eólico

## Parque Eólico (2)

O parque eólico (2) localiza-se em uma zona rural com vegetação composta por arbustos. Possui 7 turbinas com a altura do cubo igual a 70 m. Os aerogeradores estão instalados na crista do morro de um terreno acidentado e a diferença de nível entre a turbina localizada no ponto mais alto do parque e o ponto de recepção mais baixo é de aproximadamente 260 m. Todos os pontos de medição localizam-se a uma distância entre 1000 e 1500 m dos aerogeradores.

As medições foram realizadas com o parque em operação durante o período da noite sob influência de vento noroeste com velocidade média de 8 m/s à 10 m do solo. A temperatura durante as medições era de 17°C. A ilustração 4 apresenta o posicionamento dos aerogeradores e dos pontos de medição.

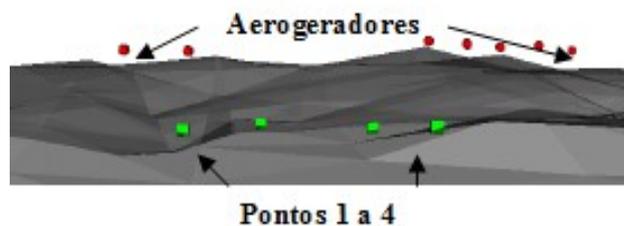


Ilustração 4a: Parque Eólico (2)

Este é um caso interessante pois trata-se de um exemplo da influência combinada dos efeitos da topografia e do fenômeno da refração. A linha de turbinas eólicas não é diretamente visível a partir dos pontos escolhidos, mas o ruído gerado pelas turbinas é audível e impacta sob os níveis sonoros globais em dB(A). A tabela 2 apresenta os resultados obtidos através do cálculo e os níveis sonoros medidos no local.

Pontos	Nível sonoro em dB(A)			
	Medições	Cálculo	Cálculo ISO 96 – 13	Cálculo sem refração
1	34	32	12*	13.5
2	34	32.5	13*	14.5
3	26	28	12.5*	14
4	32	34	12.5*	14

\* terreno considerado como plano

Tabela 2a: Comparação entre os resultados do modelo e medições sonoras no parque eólico

A última coluna da tabela acima apresenta os resultados de cálculo sem considerar a influência do fenômeno de refração e evidencia o efeito de mascaramento causado pela topografia.

## ESTUDO DE CASO BRASILEIRO

O modelo proposto permite a elaboração de mapas de ruído para topografias complexas em condições “downwind” ou “upwind”. Para demonstrar como são disponibilizados os resultados do cálculo, será apresentado um estudo de caso realizado para avaliação do impacto sobre a vizinhança de um parque eólico que entrará em operação na região nordeste do Brasil. Nesse caso, o mapa dos níveis sonoros noturnos na área de influência do empreendimento foi elaborado através do software de cálculo AcousPROPA. O parque eólico estudado possui 4 aerogeradores instalados, cada máquina com 2 MW de potência e altura do cubo igual a 93 m.

Hipóteses de cálculo

Direção do vento = 120°; Gradiente de velocidade do vento (período noturno),  $u^* = 0,25$

Gradiente de temperatura (período noturno),  $T^* = 0,32$  ;  $T_{\text{mean}} = 21^\circ\text{C}$

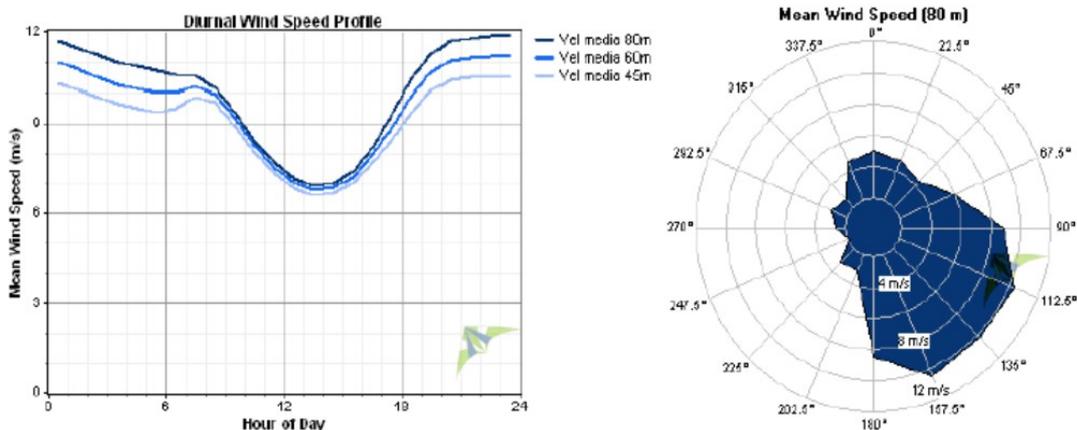


Gráfico 2a: Perfil de velocidade e direção do vento utilizados como parâmetros de cálculo

Como resultado do modelo, a ilustração 5 apresenta o mapa das contribuições sonoras dos aerogeradores em período noturno, sob vento com velocidade de 8m/s na altura de seu cubo e direção 120° (sudeste).

De acordo com a regulamentação brasileira relativa ao licenciamento ambiental de parques eólicos, a avaliação do ambiente sonoro na área de influência do empreendimento deverá obedecer aos critérios estabelecidos pela norma NBR 10.151. Em áreas de sítios e fazendas, o caso do território em estudo, o nível de pressão sonora não deve ultrapassar 35dB(A) durante a noite.

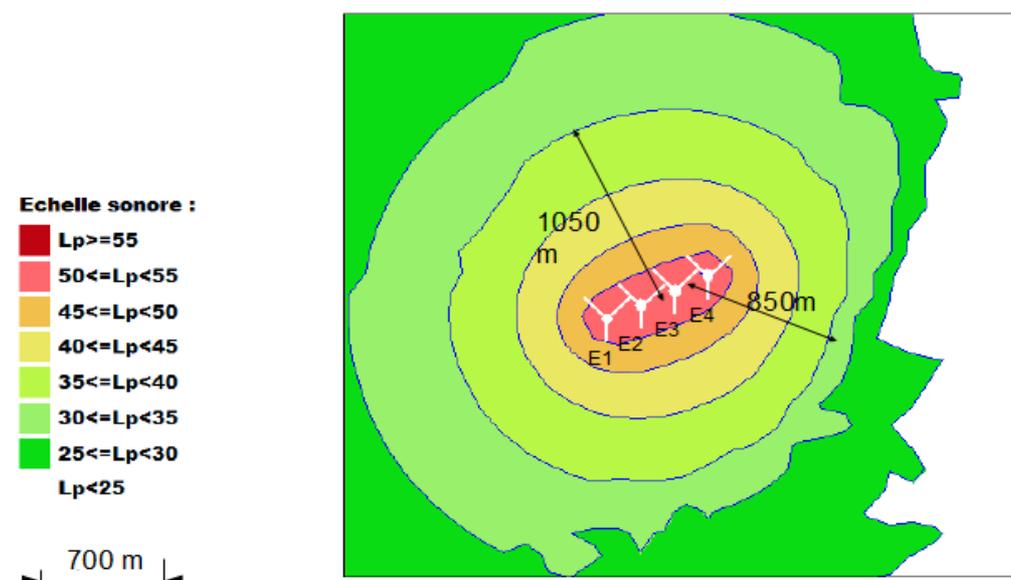


Ilustração 5a: Mapa da propagação do ruído emitido por aerogeradores

Na análise dos resultados obtidos pelo modelo, sem considerar o ruído de fundo no local, é possível verificar que estes níveis sonoros são atingidos a 1050 m em condições de propagação à favor do vento e a uma distância de 850 m contra o vento. Neste local, a maior parte dos moradores vizinhos ao parque encontram-se a uma distância de 700 m à 1000 m dos aerogeradores. Visando o cumprimento dos limites sonoros admissíveis, foram propostos ajustes específicos no funcionamento das máquinas do parque eólico em função da direção e das diferentes velocidades do vento.

## CONCLUSÃO

O modelo apresentado pode ser aplicado para avaliações de impacto acústico na vizinhança de parques eólicos e garante resultados precisos. Como os cálculos consideram os principais fatores que influenciam a propagação do som em longas distâncias, os seus resultados correspondem aos valores registrados pelas medições sonoras realizadas para a validação do modelo. Dentre estes fatores estão: a absorção atmosférica, a refração, a difusão e a difração pelo contato com o solo, incluindo ainda a topografia.

Este modelo é adequado à realização de previsões, diagnóstico e dimensionamento de cenários no âmbito de estudos de impacto e promove formulação de alternativas operacionais que garantem a viabilidade do parque gerador em cumprimento às exigências relativas ao processo de licenciamento ambiental. Os mapas de ruído na área de influência do parque servem como ferramenta de comunicação útil ao diálogo entre empreendedores, órgãos ambientais e população.

## REFERÊNCIAS

- [2] M. C. Berengier, B. Gauvreau, Ph. Blanc-Benon, D. Juve, « Outdoor Sound Propagation: A Short Review on Analytical and Numerical Approaches », *Acta Acustica*, Vol. 89 (2003) 980-991
- [3] A linearized Eulerian sound propagation model for studies of complex meteorological effects, Reinhard Blumrich, Dietrich Heimann, *JASA* 112, PP 446-455, August 2002.
- [4] Simulações meteorológicas em zona rural com topografia acidentada através do modelo SUBMESO, Tese defendida no dia 20 de junho de 2002, Ecole Centrale de Nantes.
- [5] Vol 86 (2000) – PP 260-268, Ostashev, Wilson: Relative contributions from temperature and wind velocity fluctuations to the statistical Moments of a sound field in a turbulent atmosphere;
- [6] Comprehensive outdoor sound propagation model. Part 2: propagation in an atmosphere with refraction, DELTA Acoustics & Vibration Report, Birger Plovsing, Jørgen Kragh, Nord 2000;
- [18] PICAUT J., SIMON L., POLACK J.-D. : « A mathematical model of diffuse sound field based on a diffusion equation ». *Acoustica* Vol. 83 (1997) 614-621.
- [19] Tony F. W. Embleton, « Tutorial on sound propagation outdoors » *J. Acoust. Soc. Am.* Vol. 100, No. 1, July 1996
- [20] Boletim dos Laboratórios de Ponts et Chaussées – 198 – Julho – Agosto 1995 – Ref 3908 – Aplicação de métodos fatoriais para a caracterização dos efeitos meteorológicos na propagação de ruído em longas distâncias.
- [21] Downwind propagation of sound in an atmosphere with a realistic sound-speed profile: a semianalytical ray model, Erik M. Salomons, *JASA* 95, PP 2425-2436, May 1994;
- [27] Contribuição ao estudo de efeitos do vento e de um gradiente de temperatura na eficácia de barreiras acústicas, Michel Rosen ; Tese defendida no dia 23 de outubro de 1986 ;
- [28] Tony F. W. Embleton, J.E. Piercy, G.A. Daigle, Effective flow resistivity of ground surfaces determined by acoustical measurements, *J. Acoust. Soc. Am.* 74 (4), 1239-1244, 1983.
- [29] K. Attenborough, S.I. Hayek, J.M. Lawther, « Propagation of sound above a porous half-space, *J. Acoust. Soc. Am.* 68(5), Nov 1980.
- [30] C.I. Chessell, Propagation of noise along a finite impedance boundary, *J. Acoust. Soc. Am.* 62 (4), 825-834, 1977.
- [31] Three-dimensional acoustic ray tracing in an inhomogeneous anisotropic atmosphere using Hamilton's equations, Chessell, *JASA* 53, (1), PP 83-87, 1973;

---

**ANEXO 3 : COORDENADAS DOS PONTOS DE MEDIÇÃO E ANÁLISE**  
(sistema de coordenadas SIRGAS2000, zona UTM 24S)

Coordenadas dos pontos de análise (SIRGAS 2000 – UTM 24S)		
Ponto	Longitude (X)	Latitude (Y)
PM1	724608	9220824
PM2	729376	9223536
PM3	731691	9223160
PM4	732573	9223332
PM5	731738	9224712
PM6	731907	9225324
PM7	732419	9225008
PM8	734418	9228409
PM9	734740	9229956
PM10	735501	9232781
PM11	744122	9237038
PM12	744926	9237554
PM13	747747	9241794
PM14	748942	9241896
PM15	742241	9241406
PM16	742065	9242579
PA1	727137	9219990
PA2	730005	9220741
PA3	728398	9221216
PA4	729086	9221645
PA5	723791	9221781
PA6	725340	9221786
PA7	731457	9221926
PA8	727055	9221974
PA9	731985	9222343
PA10	732107	9222460
PA11	732232	9222587
PA12	731455	9222623
PA13	725736	9222690
PA14	734805	9222772
PA15	731370	9222827
PA16	729970	9222895
PA17	732666	9222973
PA18	735080	9223187
PA19	730467	9223291
PA20	735285	9223520
PA21	730818	9223573
PA22	734187	9223916
PA23	731060	9224161
PA24	730838	9224381
PA25	729973	9225216
PA26	730767	9225526
PA27	731749	9225574
PA28	731747	9225581
PA29	736150	9225795
PA30	731709	9225823
PA31	731879	9226555
PA32	736895	9226858
PA33	733306	9227482
PA34	737812	9227810

<b>Coordenadas dos pontos de análise (SIRGAS 2000 – UTM 24S)</b>		
<b>Ponto</b>	<b>Longitude (X)</b>	<b>Latitude (Y)</b>
PA35	734707	9228450
PA36	733555	9228636
PA37	735080	9229043
PA38	735304	9229301
PA39	735454	9229463
PA40	736914	9229546
PA41	733909	9229577
PA42	734138	9229819
PA43	734744	9229959
PA44	735157	9230151
PA45	735829	9230733
PA46	735789	9231777
PA47	737154	9234020
PA48	743381	9235607
PA49	742454	9235786
PA50	745120	9236043
PA51	743745	9236307
PA52	743898	9236657
PA53	742838	9236745
PA54	744758	9237117
PA55	742889	9237221
PA56	745051	9237334
PA57	745988	9237407
PA58	739457	9237591
PA59	745169	9237869
PA60	745659	9238215
PA61	747865	9238704
PA62	738937	9238768
PA63	746635	9239149
PA64	748014	9239145
PA65	741470	9240623
PA66	747384	9240710
PA67	748717	9240817
PA68	741854	9240865
PA69	742229	9240934
PA70	748513	9241004
PA71	747898	9241172
PA72	742087	9241448
PA73	747880	9241460
PA74	748347	9241556
PA75	742668	9241742
PA76	742544	9241875
PA77	747458	9241924
PA78	741813	9241991
PA79	742510	9242560
PA80	740550	9243631
PA81	743646	9244558
PA82	744296	9244661
PA83	743708	9244712

---

**ANEXO 5 : COORDENADAS DOS AEROGERADORES**  
(sistema de coordenadas SIRGAS2000, zona UTM 24S)

Coordenadas dos aerogeradores (SIRGAS 2000 – UTM 24S)		
Aerogerador	Longitude (X)	Latitude (Y)
ARP1-01	726176	9220393
ARP1-02	725845	9220199
ARP1-03	725469	9220037
ARP1-04	726856	9219344
ARP1-05	726701	9219013
ARP1-06	726461	9218731
ARP1-07	726218	9218438
ARP2-01	725082	9222534
ARP2-02	724844	9222278
ARP2-03	724741	9221944
ARP2-04	724474	9221707
ARP2-05	724223	9221459
ARP2-06	723807	9221327
ARP2-07	725562	9219175
ARP2-08	725219	9218987
ARP2-09	724843	9218825
ARP2-10	724389	9218719
ARP3-01	724506	9220145
ARP3-02	724277	9219879
ARP3-03	723917	9219586
ARP3-04	723143	9219609
CAN2-01	743720	9236999
CAN2-02	743397	9236215
CAN2-03	743235	9235915
CAN2-04	745704	9234935
CAN2-05	745826	9235305
CAN2-06	746013	9235581
CAN2-07	746084	9235922
CAN2-08	745921	9236368
CAN2-09	746077	9236651
CAN2-10	746172	9237002
CAN3-01	747579	9241533
CAN3-02	747052	9241060
CAN3-03	746911	9240765
CAN3-04	746759	9240481
CAN3-05	746636	9240161
CAN3-06	745615	9237822
CAN3-07	745487	9237510
CAN3-08	744841	9236607
CAN3-09	744720	9236056
CAN3-10	744353	9235882
CAN4-01	750257	9242953
CAN4-02	750049	9242681
CAN4-03	749417	9241941
CAN4-04	749274	9241654
CAN4-05	749121	9241348
CAN4-06	748973	9241050
CAN4-07	747610	9239805
CAN4-08	747395	9239455
CAN4-09	746480	9239470

Coordenadas dos aerogeradores (SIRGAS 2000 – UTM 24S)		
Aerogerador	Longitude (X)	Latitude (Y)
CAN4-10	746590	9239798
CHA1-01	734315	9228722
CHA1-02	733932	9228263
CHA1-03	733790	9227947
CHA1-04	733575	9227675
CHA1-05	733479	9227205
CHA1-06	733309	9226910
CHA1-07	733091	9226633
CHA1-08	732879	9226357
CHA1-09	732668	9226078
CHA1-10	732416	9225822
CHA2-01	731655	9225133
CHA2-02	732195	9224369
CHA2-03	732024	9224070
CHA2-04	731812	9223802
CHA2-05	731678	9223477
CHA2-06	730895	9223124
CHA2-07	730788	9222787
CHA2-08	730655	9222471
CHA2-09	730594	9222114
CHA2-10	730014	9221928
CHA3-01	732188	9225555
CHA3-02	732757	9224886
CHA3-03	732578	9224579
CHA3-04	734218	9224740
CHA3-05	733990	9224415
CHA3-06	733282	9223827
CHA3-07	734592	9223379
CHA3-08	733409	9222565
CHA3-09	733013	9222324
CHA3-10	732839	9221986
CHA4-01	728060	9222019
CHA4-02	727463	9221508
CHA4-03	727093	9221038
CHA4-04	727000	9220693
CHA4-05	726728	9220445
CHA4-06	730792	9220732
CHA4-07	730534	9220485
CHA4-08	730185	9220291
CHA4-09	729805	9220114
CHA4-10	729444	9219933
CHA5-01	730550	9225306
CHA5-02	730284	9224844
CHA5-03	730009	9224596
CHA5-04	729858	9224272
CHA5-05	729698	9223942
CHA5-06	729175	9223796
CHA5-07	728951	9223520
CHA5-08	728658	9223296
CHA5-09	728489	9222992

<b>Coordenadas dos aerogeradores (SIRGAS 2000 – UTM 24S)</b>		
<b>Aerogerador</b>	<b>Longitude (X)</b>	<b>Latitude (Y)</b>
CHA5-10	728235	9222386
CHA6-01	737101	9228076
CHA6-02	736831	9227850
CHA6-03	736554	9227628
CHA6-04	736437	9227297
CHA6-05	736205	9226984
CHA6-06	736051	9226677
CHA6-07	734803	9225844
CHA6-08	734526	9225481
CHA6-09	734375	9225108
CHA7-01	736375	9234121
CHA7-02	736215	9233807
CHA7-03	736174	9233355
CHA7-04	735978	9233072
CHA7-05	735844	9232755
CHA7-06	736332	9230016
CHA7-07	735718	9229773
CHA7-08	734815	9229620
CHA7-09	734616	9229341
CHA7-10	734416	9229057
LAG3-01	744468	9244383
LAG3-02	744282	9244097
LAG3-03	740682	9242829
LAG3-04	740730	9242417
LAG3-05	740609	9242093
LAG3-06	742105	9241881
LAG3-07	741833	9241648
LAG3-08	741663	9241353
LAG3-09	741392	9241121
LAG3-10	740955	9240636
LAG4-01	738382	9238587
LAG4-02	738600	9238859
LAG4-03	739151	9238068
LAG4-04	740327	9239428
LAG4-05	740220	9239945
LAG4-06	740514	9240166

---

## ANEXO 4 : DADOS DE CÁLCULO

## NÍVEIS DE POTÊNCIA SONORA

Estimativa da potência sonora emitida pelo rotor do aerogerador modelo G132 3.5 MW, simulada para diferentes alturas da torre (H) e velocidades de vento na altura do cubo (Ws) .

A Tabela 7 apresenta os valores de potência sonora Lw em dB (A) para diferentes velocidades de vento, a partir de 6 m / s.

Ws, buje [m/s]	POTENCIA COMPLETA ESTÁNDAR - Zhub = 84 m , 97 m, 114 m, 134 m
	LW [dB(A)]
6,0	98,2
6,5	100,0
7,0	101,7
7,5	103,4
8,0	105,0
8,5	105,7
9,0	106,1
9,5	106,2
10,0	106,3
10,5	106,2
11,0	106,1
11,5	106,1
12,0	106,1
12,5	106,1
13,0	106,1

Tabela 7: Níveis de potência sonora do aerogerador G132.3.5 MW para diferentes alturas de torre H(m) e Ws (m/s) . (Ref: GD290719-ES R2)

---

**ANEXO 5 : RESULTADOS DOS CÁLCULOS DE NÍVEIS SONOROS  
TOTAIS NO EXTERIOR DAS RESIDÊNCIAS**

**Período diurno - Nível critério de avaliação = 55 dB(A)**

		PM1	PM2	PM3	PM4	PM5	PM6	PM7	PM8	PM9	PA1	PA2	PA3	PA4	PA5	PA6
3 m/s	Lamb	34.0	33.0	31.0	28.0	28.0	24.0	33.0	30.0	21.0	34.0	34.0	34.0	34.0	34.0	34.0
	Laero	32.0	34.5	36.0	28.5	34.0	38.5	37.0	36.0	36.0	33.0	33.5	23.5	27.5	35.5	29.0
	Ltot	36.0	37.0	37.5	31.0	35.0	38.5	38.5	37.0	36.0	36.5	37.0	34.5	35.0	37.5	35.0
4 m/s	Lamb	35.0	33.0	32.0	29.0	30.0	27.0	35.0	30.0	23.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0
	Laero	32.0	34.5	36.0	28.5	34.0	38.5	37.0	36.0	36.0	33.0	33.5	23.5	27.5	35.5	29.0
	Ltot	36.5	37.0	37.5	31.5	35.5	39.0	39.0	37.0	36.0	37.0	37.5	35.5	35.5	38.0	36.0
5 m/s	Lamb	36.0	34.0	32.0	30.0	32.0	27.0	35.0	32.0	25.0	36.0	36.0	36.0	36.0	36.0	36.0
	Laero	35.5	38.0	39.5	32.0	37.5	42.0	40.5	39.5	39.5	36.5	37.0	27.0	31.0	39.0	32.5
	Ltot	38.5	39.5	40.5	34.0	38.5	42.0	41.5	40.5	39.5	39.0	39.5	36.5	37.0	40.5	37.5
6 m/s	Lamb	36.0	35.0	35.0	30.0	32.0	28.0	36.0	34.0	26.0	36.0	36.0	36.0	36.0	36.0	36.0
	Laero	39.5	42.0	43.5	36.0	41.5	46.0	44.5	43.5	43.5	40.5	41.0	31.0	35.0	43.0	36.5
	Ltot	41.0	42.5	44.0	37.0	42.0	46.0	45.0	44.0	43.5	41.5	42.5	37.0	38.5	43.5	39.5
7 m/s	Lamb	36.0	39.0	37.0	31.0	33.0	30.0	36.0	35.0	29.0	36.0	36.0	36.0	36.0	36.0	36.0
	Laero	40.0	42.5	44.0	36.5	42.0	46.5	45.0	44.0	44.0	41.0	42.0	31.5	35.5	43.5	37.0
	Ltot	41.5	44.0	45.0	37.5	42.5	47.0	45.5	44.5	44.0	42.0	43.0	37.5	38.5	44.0	39.5
8 m/s	Lamb	37.0	40.0	40.0	31.0	33.0	32.0	38.0	35.0	32.0	37.0	37.0	37.0	37.0	37.0	37.0
	Laero	40.0	42.5	44.0	36.5	42.0	46.5	45.0	44.0	44.0	40.5	41.5	31.5	35.0	43.0	37.0
	Ltot	41.5	44.5	45.5	37.5	42.5	46.5	46.0	44.5	44.0	42.5	43.0	38.0	39.0	44.0	40.0
9 m/s	Lamb	37.0	40.0	40.0	31.0	33.0	33.0	38.0	35.0	34.0	37.0	37.0	37.0	37.0	37.0	37.0
	Laero	40.0	42.5	44.0	36.5	42.0	46.5	45.0	44.0	44.0	40.5	41.5	31.5	35.0	43.0	37.0
	Ltot	41.5	44.5	45.5	37.5	42.5	46.5	46.0	44.5	44.5	42.5	43.0	38.0	39.0	44.0	40.0

		PA7	PA8	PA9	PA10	PA11	PA12	PA13	PA14	PA15	PA16	PA17	PA18	PA19	PA20	PA21
3 m/s	Lamb	33.0	34.0	31.0	31.0	31.0	31.0	34.0	33.0	31.0	33.0	31.0	33.0	33.0	33.0	33.0
	Laero	22.0	31.5	27.0	28.5	30.0	29.5	22.5	15.5	28.0	32.0	30.0	4.5	35.0	17.0	34.0
	Ltot	33.5	36.0	32.5	33.0	33.5	33.5	34.5	33.0	32.5	35.5	33.5	33.0	37.0	33.0	36.5
4 m/s	Lamb	33.0	35.0	32.0	32.0	32.0	32.0	35.0	33.0	32.0	33.0	32.0	33.0	33.0	33.0	33.0
	Laero	22.0	31.5	27.0	28.5	30.0	29.5	22.5	15.5	28.0	32.0	30.0	4.5	35.0	17.0	34.0
	Ltot	33.5	36.5	33.0	33.5	34.0	34.0	35.0	33.0	33.5	35.5	34.0	33.0	37.0	33.0	36.5
5 m/s	Lamb	34.0	36.0	32.0	32.0	32.0	32.0	36.0	34.0	32.0	34.0	32.0	34.0	34.0	34.0	34.0
	Laero	25.5	35.0	30.5	32.0	33.5	33.0	26.0	19.0	31.5	35.5	33.5	8.0	38.5	20.5	37.5
	Ltot	34.5	38.5	34.5	35.0	35.5	35.5	36.5	34.0	34.5	38.0	36.0	34.0	40.0	34.0	39.0
6 m/s	Lamb	35.0	36.0	35.0	35.0	35.0	35.0	36.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0
	Laero	29.5	39.0	34.5	36.0	37.5	37.0	30.0	23.0	35.5	39.5	37.5	12.0	42.5	24.5	41.5
	Ltot	36.0	40.5	38.0	38.5	39.5	39.0	37.0	35.5	38.0	41.0	39.5	35.0	43.5	35.5	42.5
7 m/s	Lamb	39.0	36.0	37.0	37.0	37.0	37.0	36.0	39.0	37.0	39.0	37.0	39.0	39.0	39.0	39.0
	Laero	30.0	39.5	35.5	36.5	38.0	37.5	30.5	23.5	36.0	40.0	38.5	12.5	43.0	25.5	42.5
	Ltot	39.5	41.0	39.5	39.5	40.5	39.0	37.0	39.0	39.5	42.5	40.5	39.0	44.5	39.0	44.0
8 m/s	Lamb	40.0	37.0	40.0	40.0	40.0	40.0	37.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0
	Laero	30.0	39.5	35.0	36.0	37.5	37.5	30.5	23.0	35.5	40.0	38.0	12.5	43.0	25.0	42.0
	Ltot	40.5	41.5	41.0	41.5	42.0	42.0	38.0	40.0	41.5	43.0	42.0	40.0	45.0	40.0	44.0
9 m/s	Lamb	40.0	37.0	40.0	40.0	40.0	40.0	37.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0
	Laero	30.0	39.5	35.0	36.0	37.5	37.5	30.5	23.0	35.5	40.0	38.0	12.5	43.0	25.0	42.0
	Ltot	40.5	41.5	41.0	41.5	42.0	42.0	38.0	40.0	41.5	43.0	42.0	40.0	45.0	40.0	44.0

		PA22	PA23	PA24	PA25	PA26	PA27	PA28	PA29	PA30	PA31	PA32	PA33	PA34	PA35	PA36
3 m/s	Lamb	31.0	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0	21.0	28.0	28.0	21.0	30.0	30.0	30.0	30.0
	Laero	27.5	32.0	30.0	35.0	29.5	36.5	36.5	19.5	32.5	31.0	28.0	39.0	3.0	33.0	34.0
	Ltot	32.5	33.5	32.0	36.0	32.0	37.0	37.0	23.5	34.0	33.0	29.0	39.5	30.0	34.5	35.5
4 m/s	Lamb	32.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	23.0	30.0	30.0	23.0	30.0	30.0	30.0	30.0
	Laero	27.5	32.0	30.0	35.0	29.5	36.5	36.5	19.5	32.5	31.0	28.0	39.0	3.0	33.0	34.0
	Ltot	33.5	34.0	33.0	36.0	33.0	37.0	37.0	24.5	34.5	33.5	29.0	39.5	30.0	34.5	35.5
5 m/s	Lamb	32.0	32.0	32.0	32.0	32.0	32.0	32.0	25.0	32.0	32.0	25.0	32.0	32.0	32.0	32.0
	Laero	31.0	35.5	33.5	38.5	33.0	40.0	40.0	23.0	36.0	34.5	31.5	42.5	6.5	36.5	37.5
	Ltot	34.5	37.0	36.0	39.5	35.5	40.5	40.5	27.0	37.5	36.5	32.5	43.0	32.0	37.5	38.5
6 m/s	Lamb	35.0	32.0	32.0	32.0	32.0	32.0	32.0	26.0	32.0	32.0	26.0	34.0	34.0	34.0	34.0
	Laero	35.0	39.5	37.5	42.5	37.0	44.0	44.0	27.0	40.0	38.5	35.5	46.5	10.5	40.5	41.5
	Ltot	38.0	40.5	38.5	43.0	38.5	44.0	44.0	29.5	40.5	39.5	36.0	46.5	34.0	41.0	42.5
7 m/s	Lamb	37.0	33.0	33.0	33.0	33.0	33.0	33.0	29.0	33.0	33.0	29.0	35.0	35.0	35.0	35.0
	Laero	35.5	40.0	38.0	43.0	38.0	44.5	44.5	27.5	40.5	39.5	36.0	47.0	11.0	41.0	42.0
	Ltot	39.5	41.0	39.5	43.5	39.0	44.5	44.5	31.5	41.5	40.0	37.0	47.5	35.0	42.0	43.0
8 m/s	Lamb	40.0	33.0	33.0	33.0	33.0	33.0	33.0	32.0	33.0	33.0	32.0	35.0	35.0	35.0	35.0
	Laero	35.5	40.0	38.0	43.0	37.5	44.0	44.0	27.5	40.5	39.0	36.0	47.0	11.0	40.5	42.0
	Ltot	41.5	41.0	39.0	43.5	39.0	44.5	44.5	33.5	41.0	40.0	37.5	47.0	35.0	41.5	43.0
9 m/s	Lamb	40.0	33.0	33.0	33.0	33.0	33.0	33.0	34.0	33.0	33.0	34.0	35.0	35.0	35.0	35.0
	Laero	35.5	40.0	38.0	43.0	37.5	44.0	44.0	27.5	40.5	39.0	36.0	47.0	11.0	40.5	42.0
	Ltot	41.5	41.0	39.0	43.5	39.0	44.5	44.5	35.0	41.0	40.0	38.0	47.0	35.0	41.5	43.0

		PA37	PA38	PA39	PA40	PA41	PA42	PA43	PA44	PA45
3 m/s	Lamb	30.0	30.0	30.0	30.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0
	Laero	25.5	32.0	24.5	22.5	32.0	32.5	36.0	32.5	27.0
	Ltot	31.5	34.0	31.0	30.5	32.5	32.5	36.0	32.5	28.0
4 m/s	Lamb	30.0	30.0	30.0	30.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0
	Laero	25.5	32.0	24.5	22.5	32.0	32.5	36.0	32.5	27.0
	Ltot	31.5	34.0	31.0	30.5	32.5	33.0	36.0	33.0	28.5
5 m/s	Lamb	32.0	32.0	32.0	32.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0
	Laero	29.0	35.5	28.0	26.0	35.5	36.0	39.5	36.0	30.5
	Ltot	34.0	37.0	33.5	33.0	36.0	36.0	39.5	36.0	31.5
6 m/s	Lamb	34.0	34.0	34.0	34.0	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0
	Laero	33.0	39.5	32.0	30.0	39.5	40.0	43.5	40.0	34.5
	Ltot	36.5	40.5	36.0	35.5	39.5	40.0	43.5	40.0	35.0
7 m/s	Lamb	35.0	35.0	35.0	35.0	29.0	29.0	29.0	29.0	29.0
	Laero	34.0	40.0	32.5	31.0	40.0	40.5	44.0	40.5	35.0
	Ltot	37.5	41.5	37.0	36.5	40.5	40.5	44.0	40.5	36.0
8 m/s	Lamb	35.0	35.0	35.0	35.0	32.0	32.0	32.0	32.0	32.0
	Laero	33.5	40.0	32.5	30.5	40.0	40.0	44.0	40.0	35.0
	Ltot	37.5	41.0	37.0	36.5	40.5	41.0	44.0	41.0	37.0
9 m/s	Lamb	35.0	35.0	35.0	35.0	34.0	34.0	34.0	34.0	34.0
	Laero	33.5	40.0	32.5	30.5	40.0	40.0	44.0	40.0	35.0
	Ltot	37.5	41.0	37.0	36.5	41.0	41.0	44.0	41.0	37.5

		PM10	PM11	PM12	PM13	PM14	PM15	PM16	PA46	PA47	PA48	PA49	PA50	PA51	PA52	PA53
3 m/s	Lamb	34.0	38.0	35.0	23.0	30.0	38.0	36.0	21.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0
	Laero	36.0	34.0	32.0	35.5	36.5	31.0	29.5	4.5	7.0	35.0	28.0	35.5	36.0	35.5	29.5
	Ltot	38.0	39.5	36.5	36.0	37.0	39.0	37.0	21.0	35.0	38.0	36.0	38.5	38.5	38.5	36.0
4 m/s	Lamb	34.0	38.0	39.0	24.0	32.0	40.0	38.0	23.0	39.0	39.0	39.0	39.0	39.0	39.0	39.0
	Laero	36.0	34.0	32.0	35.5	36.5	31.0	29.5	4.5	7.0	35.0	28.0	35.5	36.0	35.5	29.5
	Ltot	38.0	39.5	40.0	36.0	37.5	40.5	38.5	23.0	39.0	40.5	39.5	40.5	40.5	40.5	39.5
5 m/s	Lamb	36.0	40.0	41.0	27.0	33.0	40.0	42.0	25.0	41.0	41.0	41.0	41.0	41.0	41.0	41.0
	Laero	39.5	37.5	35.5	39.0	40.0	34.5	33.0	8.0	10.5	38.5	31.5	39.0	39.5	39.0	33.0
	Ltot	41.0	42.0	42.0	39.5	40.5	41.0	42.5	25.0	41.0	43.0	41.5	43.0	43.5	43.0	41.5
6 m/s	Lamb	37.0	41.0	41.0	28.0	34.0	41.0	43.0	26.0	41.0	41.0	41.0	41.0	41.0	41.0	41.0
	Laero	43.5	41.5	39.5	43.0	44.0	38.5	37.0	12.0	14.5	42.5	35.5	43.0	43.5	43.0	37.0
	Ltot	44.5	44.5	43.5	43.5	44.0	43.0	44.0	26.0	41.0	45.0	42.0	45.0	45.5	45.0	42.5
7 m/s	Lamb	37.0	42.0	41.0	29.0	34.0	42.0	45.0	29.0	41.0	41.0	41.0	41.0	41.0	41.0	41.0
	Laero	44.0	42.5	40.0	44.0	44.5	39.0	37.5	12.5	15.0	43.0	36.5	43.5	44.0	43.5	37.5
	Ltot	45.0	45.0	43.5	44.0	45.0	43.5	45.5	29.0	41.0	45.0	42.5	45.5	46.0	45.5	42.5
8 m/s	Lamb	38.0	42.0	41.0	32.0	35.0	43.0	47.0	32.0	41.0	41.0	41.0	41.0	41.0	41.0	41.0
	Laero	44.0	42.0	39.5	43.5	44.0	38.5	37.5	12.5	14.5	43.0	36.0	43.5	44.0	43.5	37.5
	Ltot	45.0	45.0	43.5	44.0	44.5	44.5	47.5	32.0	41.0	45.0	42.0	45.5	45.5	45.5	42.5
9 m/s	Lamb	39.0	42.0	41.0	32.0	35.0	44.0	47.0	34.0	41.0	41.0	41.0	41.0	41.0	41.0	41.0
	Laero	44.0	42.0	39.5	43.5	44.0	38.5	37.5	12.5	14.5	43.0	36.0	43.5	44.0	43.5	37.5
	Ltot	45.0	45.0	43.5	44.0	44.5	45.0	47.5	34.0	41.0	45.0	42.0	45.5	45.5	45.5	42.5

		PA54	PA55	PA56	PA57	PA58	PA59	PA60	PA61	PA62	PA63	PA64	PA65	PA66	PA67	PA68
3 m/s	Lamb	35.0	35.0	35.0	35.0	38.0	35.0	35.0	30.0	38.0	35.0	30.0	38.0	30.0	30.0	38.0
	Laero	33.0	28.0	34.0	35.0	29.5	35.0	34.5	26.0	35.0	35.0	26.0	31.0	33.0	35.5	14.5
	Ltot	37.0	36.0	37.5	38.0	38.5	38.0	37.5	31.5	40.0	38.0	31.5	39.0	34.5	36.5	38.0
4 m/s	Lamb	39.0	39.0	39.0	39.0	40.0	39.0	39.0	32.0	40.0	39.0	32.0	40.0	32.0	32.0	40.0
	Laero	33.0	28.0	34.0	35.0	29.5	35.0	34.5	26.0	35.0	35.0	26.0	31.0	33.0	35.5	14.5
	Ltot	40.0	39.5	40.0	40.5	40.5	40.5	40.5	33.0	41.0	40.5	33.0	40.5	35.5	37.0	40.0
5 m/s	Lamb	41.0	41.0	41.0	41.0	40.0	41.0	41.0	33.0	40.0	41.0	33.0	40.0	33.0	33.0	40.0
	Laero	36.5	31.5	37.5	38.5	33.0	38.5	38.0	29.5	38.5	38.5	29.5	34.5	36.5	39.0	18.0
	Ltot	42.5	41.5	42.5	43.0	41.0	43.0	42.5	34.5	42.5	43.0	34.5	41.0	38.0	40.0	40.0
6 m/s	Lamb	41.0	41.0	41.0	41.0	41.0	41.0	41.0	34.0	41.0	41.0	34.0	41.0	34.0	34.0	41.0
	Laero	40.5	35.5	41.5	42.5	37.0	42.5	42.0	33.5	42.5	42.5	33.5	38.5	40.5	43.0	22.0
	Ltot	44.0	42.0	44.5	44.5	42.5	45.0	44.5	37.0	45.0	44.5	36.5	43.0	41.5	43.5	41.0
7 m/s	Lamb	41.0	41.0	41.0	41.0	42.0	41.0	41.0	34.0	42.0	41.0	34.0	42.0	34.0	34.0	42.0
	Laero	41.5	36.0	42.5	43.0	37.5	43.0	42.5	34.0	43.0	43.0	34.0	39.5	41.0	43.5	22.5
	Ltot	44.0	42.0	44.5	45.0	43.5	45.0	45.0	37.0	45.5	45.0	37.0	44.0	42.0	44.0	42.0
8 m/s	Lamb	41.0	41.0	41.0	41.0	43.0	41.0	41.0	35.0	43.0	41.0	35.0	43.0	35.0	35.0	43.0
	Laero	41.0	36.0	42.0	43.0	37.0	43.0	42.5	34.0	43.0	42.5	33.5	39.0	41.0	43.5	22.0
	Ltot	44.0	42.0	44.5	45.0	44.0	45.0	44.5	37.5	46.0	45.0	37.5	44.5	42.0	44.0	43.0
9 m/s	Lamb	41.0	41.0	41.0	41.0	44.0	41.0	41.0	35.0	44.0	41.0	35.0	44.0	35.0	35.0	44.0
	Laero	41.0	36.0	42.0	43.0	37.0	43.0	42.5	34.0	43.0	42.5	33.5	39.0	41.0	43.5	22.0
	Ltot	44.0	42.0	44.5	45.0	44.0	45.0	44.5	37.5	46.5	45.0	37.5	45.0	42.0	44.0	44.0

		PA69	PA70	PA71	PA72	PA73	PA74	PA75	PA76	PA77	PA78	PA79	PA80	PA81	PA82	PA83
3 m/s	Lamb	38.0	30.0	30.0	38.0	30.0	30.0	38.0	38.0	30.0	38.0	38.0	38.0	38.0	38.0	38.0
	Laero	15.0	33.5	33.0	38.0	36.0	30.5	13.5	32.0	33.5	38.5	26.0	27.5	28.5	36.0	28.0
	Ltot	38.0	35.0	35.0	41.0	37.0	33.5	38.0	39.0	35.0	41.0	38.5	38.5	38.5	40.0	38.5
4 m/s	Lamb	40.0	32.0	32.0	40.0	32.0	32.0	40.0	40.0	32.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0
	Laero	15.0	33.5	33.0	38.0	36.0	30.5	13.5	32.0	33.5	38.5	26.0	27.5	28.5	36.0	28.0
	Ltot	40.0	35.5	35.5	42.0	37.5	34.5	40.0	40.5	36.0	42.5	40.0	40.0	40.5	41.5	40.5
5 m/s	Lamb	40.0	33.0	33.0	40.0	33.0	33.0	40.0	40.0	33.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0
	Laero	18.5	37.0	36.5	41.5	39.5	34.0	17.0	35.5	37.0	42.0	29.5	31.0	32.0	39.5	31.5
	Ltot	40.0	38.5	38.0	44.0	40.5	36.5	40.0	41.5	38.5	44.0	40.5	40.5	40.5	42.5	40.5
6 m/s	Lamb	41.0	34.0	34.0	41.0	34.0	34.0	41.0	41.0	34.0	41.0	41.0	41.0	41.0	41.0	41.0
	Laero	22.5	41.0	40.5	45.5	43.5	38.0	21.0	39.5	41.0	46.0	33.5	35.0	36.0	43.5	35.5
	Ltot	41.0	41.5	41.5	47.0	44.0	39.5	41.0	43.5	42.0	47.0	41.5	42.0	42.0	45.5	42.0
7 m/s	Lamb	42.0	34.0	34.0	42.0	34.0	34.0	42.0	42.0	34.0	42.0	42.0	42.0	42.0	42.0	42.0
	Laero	23.0	41.5	41.0	46.0	44.0	38.5	21.5	40.0	41.5	46.5	34.0	35.5	36.5	44.0	36.0
	Ltot	42.0	42.0	42.0	47.5	44.5	40.0	42.0	44.0	42.5	48.0	42.5	43.0	43.0	46.0	43.0
8 m/s	Lamb	43.0	35.0	35.0	43.0	35.0	35.0	43.0	43.0	35.0	43.0	43.0	43.0	43.0	43.0	43.0
	Laero	23.0	41.0	41.0	46.0	44.0	38.5	21.5	40.0	41.5	46.5	34.0	35.5	36.0	44.0	36.0
	Ltot	43.0	42.0	42.0	47.5	44.5	40.0	43.0	44.5	42.5	48.0	43.5	43.5	44.0	46.5	44.0
9 m/s	Lamb	44.0	35.0	35.0	44.0	35.0	35.0	44.0	44.0	35.0	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0
	Laero	23.0	41.0	41.0	46.0	44.0	38.5	21.5	40.0	41.5	46.5	34.0	35.5	36.0	44.0	36.0
	Ltot	44.0	42.0	42.0	48.0	44.5	40.0	44.0	45.5	42.5	48.5	44.5	44.5	44.5	47.0	44.5

Não foram identificadas ultrapassagens nos limites regulamentares no período diurno para a direção de vento Sudeste.

**Período noturno - Nível critério de avaliação = 50 dB(A)**

		PM1	PM2	PM3	PM4	PM5	PM6	PM7	PM8	PM9	PA1	PA2	PA3	PA4	PA5	PA6
3 m/s	Lamb	18.0	27.0	26.0	17.0	21.0	18.0	20.0	18.0	19.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0
	Laero	32.0	34.5	36.0	28.5	34.0	38.5	37.0	36.0	36.0	33.0	33.5	23.5	27.5	35.5	29.0
	Ltot	32.0	35.0	36.5	28.5	34.5	38.5	37.0	36.0	36.0	33.0	34.0	24.5	28.0	35.5	29.5
4 m/s	Lamb	20.0	29.0	32.0	20.0	21.0	20.0	21.0	20.0	23.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
	Laero	32.0	34.5	36.0	28.5	34.0	38.5	37.0	36.0	36.0	33.0	33.5	23.5	27.5	35.5	29.0
	Ltot	32.0	35.5	37.5	29.0	34.5	38.5	37.0	36.0	36.0	33.0	34.0	25.0	28.0	35.5	29.5
5 m/s	Lamb	24.0	30.0	33.0	22.0	21.0	25.0	23.0	23.0	27.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0
	Laero	35.5	38.0	39.5	32.0	37.5	42.0	40.5	39.5	39.5	36.5	37.0	27.0	31.0	39.0	32.5
	Ltot	35.5	38.5	40.5	32.5	37.5	42.0	40.5	39.5	39.5	36.5	37.5	29.0	31.5	39.0	33.0
6 m/s	Lamb	26.0	30.0	33.0	27.0	25.0	27.0	25.0	27.0	32.0	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0
	Laero	39.5	42.0	43.5	36.0	41.5	46.0	44.5	43.5	43.5	40.5	41.0	31.0	35.0	43.0	36.5
	Ltot	39.5	42.0	44.0	36.5	41.5	46.0	44.5	43.5	43.5	40.5	41.5	32.0	35.5	43.0	37.0
7 m/s	Lamb	27.0	31.0	33.0	33.0	26.0	28.0	32.0	27.0	35.0	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0
	Laero	40.0	42.5	44.0	36.5	42.0	46.5	45.0	44.0	44.0	41.0	42.0	31.5	35.5	43.5	37.0
	Ltot	40.0	43.0	44.5	38.0	42.5	46.5	45.5	44.5	44.5	41.0	42.0	33.0	36.0	43.5	37.5
8 m/s	Lamb	27.0	31.0	33.0	34.0	27.0	29.0	34.0	28.0	36.0	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0
	Laero	40.0	42.5	44.0	36.5	42.0	46.5	45.0	44.0	44.0	40.5	41.5	31.5	35.0	43.0	37.0
	Ltot	40.0	42.5	44.5	38.5	42.0	46.5	45.5	44.0	44.5	41.0	42.0	33.0	36.0	43.5	37.5
9 m/s	Lamb	27.0	31.0	33.0	34.0	27.0	29.0	34.0	28.0	36.0	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0
	Laero	40.0	42.5	44.0	36.5	42.0	46.5	45.0	44.0	44.0	40.5	41.5	31.5	35.0	43.0	37.0
	Ltot	40.0	42.5	44.5	38.5	42.0	46.5	45.5	44.0	44.5	41.0	42.0	33.0	36.0	43.5	37.5

		PA7	PA8	PA9	PA10	PA11	PA12	PA13	PA14	PA15	PA16	PA17	PA18	PA19	PA20	PA21
3 m/s	Lamb	27.0	18.0	26.0	26.0	26.0	26.0	18.0	27.0	26.0	27.0	26.0	27.0	27.0	27.0	27.0
	Laero	22.0	31.5	27.0	28.5	30.0	29.5	22.5	15.5	28.0	32.0	30.0	4.5	35.0	17.0	34.0
	Ltot	28.0	31.5	29.5	30.5	31.5	31.0	23.5	27.5	30.0	33.0	31.5	27.0	35.5	27.5	35.0
4 m/s	Lamb	29.0	20.0	32.0	32.0	32.0	32.0	20.0	29.0	32.0	29.0	32.0	29.0	29.0	29.0	29.0
	Laero	22.0	31.5	27.0	28.5	30.0	29.5	22.5	15.5	28.0	32.0	30.0	4.5	35.0	17.0	34.0
	Ltot	30.0	31.5	33.0	33.5	34.0	34.0	24.5	29.0	33.5	34.0	34.0	29.0	36.0	29.5	35.5
5 m/s	Lamb	30.0	24.0	33.0	33.0	33.0	33.0	24.0	30.0	33.0	30.0	33.0	30.0	30.0	30.0	30.0
	Laero	25.5	35.0	30.5	32.0	33.5	33.0	26.0	19.0	31.5	35.5	33.5	8.0	38.5	20.5	37.5
	Ltot	31.5	35.5	35.0	35.5	36.0	36.0	28.0	30.5	35.5	36.5	36.5	30.0	39.0	30.5	38.5
6 m/s	Lamb	30.0	26.0	33.0	33.0	33.0	33.0	26.0	30.0	33.0	30.0	33.0	30.0	30.0	30.0	30.0
	Laero	29.5	39.0	34.5	36.0	37.5	37.0	30.0	23.0	35.5	39.5	37.5	12.0	42.5	24.5	41.5
	Ltot	32.5	39.0	37.0	37.5	38.5	38.5	31.5	31.0	37.5	40.0	39.0	30.0	43.0	31.0	42.0
7 m/s	Lamb	31.0	27.0	33.0	33.0	33.0	33.0	27.0	31.0	33.0	31.0	33.0	31.0	31.0	31.0	31.0
	Laero	30.0	39.5	35.5	36.5	38.0	37.5	30.5	23.5	36.0	40.0	38.5	12.5	43.0	25.5	42.5
	Ltot	33.5	40.0	37.5	38.0	39.0	39.0	32.0	31.5	37.5	40.5	39.5	31.0	43.5	32.0	42.5
8 m/s	Lamb	31.0	27.0	33.0	33.0	33.0	33.0	27.0	31.0	33.0	31.0	33.0	31.0	31.0	31.0	31.0
	Laero	30.0	39.5	35.0	36.0	37.5	37.5	30.5	23.0	35.5	40.0	38.0	12.5	43.0	25.0	42.0
	Ltot	33.5	39.5	37.0	38.0	39.0	38.5	32.0	31.5	37.5	40.5	39.5	31.0	43.5	32.0	42.5
9 m/s	Lamb	31.0	27.0	33.0	33.0	33.0	33.0	27.0	31.0	33.0	31.0	33.0	31.0	31.0	31.0	31.0
	Laero	30.0	39.5	35.0	36.0	37.5	37.5	30.5	23.0	35.5	40.0	38.0	12.5	43.0	25.0	42.0
	Ltot	33.5	39.5	37.0	38.0	39.0	38.5	32.0	31.5	37.5	40.5	39.5	31.0	43.5	32.0	42.5

		1 : PA22	2 : PA23	3 : PA24	4 : PA25	5 : PA26	6 : PA27	7 : PA28	8 : PA29	9 : PA30	10 : PA31	11 : PA32	12 : PA33	13 : PA34	14 : PA35	15 : PA36
3 m/s	Lamb	26.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	19.0	21.0	21.0	19.0	18.0	18.0	18.0	18.0
	Laero	33.5	33.0	30.5	35.5	31.0	36.5	36.5	22.0	33.0	32.0	28.5	39.5	9.5	33.5	34.5
	Ltot	34.0	33.0	31.0	35.5	31.5	37.0	37.0	23.5	33.5	32.0	29.0	39.5	18.5	33.5	34.5
4 m/s	Lamb	32.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	23.0	21.0	21.0	23.0	20.0	20.0	20.0	20.0
	Laero	33.5	33.0	30.5	35.5	31.0	36.5	36.5	22.0	33.0	32.0	28.5	39.5	9.5	33.5	34.5
	Ltot	35.5	33.0	31.0	35.5	31.5	37.0	37.0	25.5	33.5	32.0	29.5	39.5	20.5	33.5	34.5
5 m/s	Lamb	33.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	27.0	21.0	21.0	27.0	23.0	23.0	23.0	23.0
	Laero	37.0	36.5	34.0	39.0	34.5	40.0	40.0	25.5	36.5	35.5	32.0	43.0	13.0	37.0	38.0
	Ltot	38.5	36.5	34.5	39.0	35.0	40.5	40.0	29.5	36.5	35.5	33.0	43.0	23.5	37.0	38.0
6 m/s	Lamb	33.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	32.0	25.0	25.0	32.0	27.0	27.0	27.0	27.0
	Laero	41.0	40.5	38.0	43.0	38.5	44.0	44.0	29.5	40.5	39.5	36.0	47.0	17.0	41.0	42.0
	Ltot	41.5	40.5	38.5	43.0	39.0	44.5	44.0	34.0	40.5	39.5	37.5	47.0	27.5	41.0	42.0
7 m/s	Lamb	33.0	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0	35.0	26.0	26.0	35.0	27.0	27.0	27.0	27.0
	Laero	41.5	41.0	39.0	43.5	39.5	45.0	45.0	30.0	41.0	40.0	36.5	47.5	17.5	41.5	42.5
	Ltot	42.0	41.0	39.0	43.5	39.5	45.0	45.0	36.0	41.5	40.0	39.0	47.5	27.5	41.5	43.0
8 m/s	Lamb	33.0	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0	36.0	27.0	27.0	36.0	28.0	28.0	28.0	28.0
	Laero	41.0	41.0	38.5	43.5	39.0	44.5	44.5	30.0	41.0	39.5	36.5	47.5	17.0	41.0	42.5
	Ltot	42.0	41.0	39.0	43.5	39.5	44.5	44.5	37.0	41.0	40.0	39.0	47.5	28.5	41.5	42.5
9 m/s	Lamb	33.0	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0	36.0	27.0	27.0	36.0	28.0	28.0	28.0	28.0
	Laero	41.0	41.0	38.5	43.5	39.0	44.5	44.5	30.0	41.0	39.5	36.5	47.5	17.0	41.0	42.5
	Ltot	42.0	41.0	39.0	43.5	39.5	44.5	44.5	37.0	41.0	40.0	39.0	47.5	28.5	41.5	42.5

		16 : PA37	17 : PA38	18 : PA39	19 : PA40	20 : PA41	21 : PA42	22 : PA43	23 : PA44	24 : PA45
3 m/s	Lamb	18.0	18.0	18.0	18.0	19.0	19.0	19.0	19.0	19.0
	Laero	30.5	34.0	33.5	23.5	32.5	33.0	36.5	33.0	28.0
	Ltot	31.0	34.5	33.5	24.5	33.0	33.0	36.5	33.0	28.5
4 m/s	Lamb	20.0	20.0	20.0	20.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0
	Laero	30.5	34.0	33.5	23.5	32.5	33.0	36.5	33.0	28.0
	Ltot	31.0	34.5	34.0	25.0	33.0	33.5	36.5	33.5	29.0
5 m/s	Lamb	23.0	23.0	23.0	23.0	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0
	Laero	34.0	37.5	37.0	27.0	36.0	36.5	40.0	36.5	31.5
	Ltot	34.5	38.0	37.5	28.5	36.5	37.0	40.0	37.0	33.0
6 m/s	Lamb	27.0	27.0	27.0	27.0	32.0	32.0	32.0	32.0	32.0
	Laero	38.0	41.5	41.0	31.0	40.0	40.5	44.0	40.5	35.5
	Ltot	38.5	42.0	41.5	32.5	40.5	41.0	44.0	41.0	37.0
7 m/s	Lamb	27.0	27.0	27.0	27.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0
	Laero	39.0	42.5	41.5	32.0	40.5	41.0	44.5	41.0	36.0
	Ltot	39.0	42.5	42.0	33.0	41.5	42.0	45.0	42.0	38.5
8 m/s	Lamb	28.0	28.0	28.0	28.0	36.0	36.0	36.0	36.0	36.0
	Laero	38.5	42.0	41.5	31.5	40.5	41.0	44.0	40.5	36.0
	Ltot	39.0	42.5	41.5	33.0	42.0	42.0	45.0	42.0	39.0
9 m/s	Lamb	28.0	28.0	28.0	28.0	36.0	36.0	36.0	36.0	36.0
	Laero	38.5	42.0	41.5	31.5	40.5	41.0	44.0	40.5	36.0
	Ltot	39.0	42.5	41.5	33.0	42.0	42.0	45.0	42.0	39.0

		PM10	PM11	PM12	PM13	PM14	PM15	PM16	PA46	PA47	PA48	PA49	PA50	PA51	PA52	PA53
3 m/s	Lamb	27.0	34.0	26.0	17.0	20.0	32.0	35.0	19.0	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0
	Laero	36.5	34.5	32.5	36.0	36.5	33.5	30.0	8.0	23.5	36.0	28.5	36.0	37.0	36.0	30.0
	Ltot	36.5	37.5	33.5	36.0	37.0	35.5	36.0	19.5	28.0	36.5	30.5	36.5	37.0	36.5	31.5
4 m/s	Lamb	28.0	34.0	26.0	19.0	20.0	34.0	37.0	23.0	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0
	Laero	36.5	34.5	32.5	36.0	36.5	33.5	30.0	8.0	23.5	36.0	28.5	36.0	37.0	36.0	30.0
	Ltot	37.0	37.5	33.5	36.0	37.0	36.5	38.0	23.0	28.0	36.5	30.5	36.5	37.0	36.5	31.5
5 m/s	Lamb	29.0	37.0	30.0	21.0	25.0	35.0	39.0	27.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0
	Laero	40.0	38.0	36.0	39.5	40.0	37.0	33.5	11.5	27.0	39.5	32.0	39.5	40.5	39.5	33.5
	Ltot	40.0	40.5	37.0	39.5	40.5	39.0	40.0	27.0	31.5	40.0	34.5	40.0	40.5	40.0	35.0
6 m/s	Lamb	31.0	41.0	31.0	23.0	27.0	37.0	42.0	32.0	31.0	31.0	31.0	31.0	31.0	31.0	31.0
	Laero	44.0	42.0	40.0	43.5	44.0	41.0	37.5	15.5	31.0	43.5	36.0	43.5	44.5	43.5	37.5
	Ltot	44.0	44.5	40.5	43.5	44.0	42.5	43.5	32.0	34.0	44.0	37.5	43.5	44.5	43.5	38.5
7 m/s	Lamb	35.0	42.0	31.0	25.0	30.0	39.0	44.0	35.0	31.0	31.0	31.0	31.0	31.0	31.0	31.0
	Laero	44.5	43.0	40.5	44.0	45.0	41.5	38.0	16.0	31.5	44.0	37.0	44.0	45.0	44.0	38.0
	Ltot	45.0	45.5	41.0	44.5	45.0	43.5	45.0	35.0	34.0	44.5	38.0	44.0	45.0	44.5	39.0
8 m/s	Lamb	37.0	43.0	32.0	29.0	34.0	39.0	45.0	36.0	32.0	32.0	32.0	32.0	32.0	32.0	32.0
	Laero	44.0	42.5	40.5	44.0	44.5	41.0	38.0	15.5	31.0	44.0	36.5	44.0	44.5	44.0	38.0
	Ltot	45.0	46.0	41.0	44.0	45.0	43.0	46.0	36.0	34.5	44.5	38.0	44.0	45.0	44.0	39.0
9 m/s	Lamb	40.0	43.0	32.0	32.0	35.0	39.0	45.0	36.0	32.0	32.0	32.0	32.0	32.0	32.0	32.0
	Laero	44.0	42.5	40.5	44.0	44.5	41.0	38.0	15.5	31.0	44.0	36.5	44.0	44.5	44.0	38.0
	Ltot	45.5	46.0	41.0	44.5	45.0	43.0	46.0	36.0	34.5	44.5	38.0	44.0	45.0	44.0	39.0

		PA54	PA55	PA56	PA57	PA58	PA59	PA60	PA61	PA62	PA63	PA64	PA65	PA66	PA67	PA68
3 m/s	Lamb	26.0	26.0	26.0	26.0	32.0	26.0	26.0	20.0	32.0	26.0	20.0	32.0	20.0	20.0	32.0
	Laero	33.5	28.5	34.5	36.5	30.0	35.5	35.0	27.0	36.0	36.0	27.0	35.0	35.5	35.5	32.0
	Ltot	34.5	30.5	35.5	37.0	34.0	36.0	35.5	28.0	37.5	36.5	28.0	36.5	35.5	36.0	35.0
4 m/s	Lamb	26.0	26.0	26.0	26.0	34.0	26.0	26.0	20.0	34.0	26.0	20.0	34.0	20.0	20.0	34.0
	Laero	33.5	28.5	34.5	36.5	30.0	35.5	35.0	27.0	36.0	36.0	27.0	35.0	35.5	35.5	32.0
	Ltot	34.5	30.5	35.5	37.0	35.5	36.0	35.5	28.0	38.5	36.5	28.0	37.5	35.5	36.0	36.0
5 m/s	Lamb	30.0	30.0	30.0	30.0	35.0	30.0	30.0	25.0	35.0	30.0	25.0	35.0	25.0	25.0	35.0
	Laero	37.0	32.0	38.0	40.0	33.5	39.0	38.5	30.5	39.5	39.5	30.5	38.5	39.0	39.0	35.5
	Ltot	38.0	34.0	39.0	40.5	37.5	39.5	39.0	31.5	41.0	40.0	31.5	40.0	39.0	39.5	38.0
6 m/s	Lamb	31.0	31.0	31.0	31.0	37.0	31.0	31.0	27.0	37.0	31.0	27.0	37.0	27.0	27.0	37.0
	Laero	41.0	36.0	42.0	44.0	37.5	43.0	42.5	34.5	43.5	43.5	34.5	42.5	43.0	43.0	39.5
	Ltot	41.5	37.0	42.5	44.5	40.0	43.0	42.5	35.5	44.5	44.0	35.5	43.5	43.0	43.5	41.5
7 m/s	Lamb	31.0	31.0	31.0	31.0	39.0	31.0	31.0	30.0	39.0	31.0	30.0	39.0	30.0	30.0	39.0
	Laero	41.5	36.5	43.0	44.5	38.0	43.5	43.0	35.0	44.5	44.5	35.0	43.0	43.5	44.0	40.0
	Ltot	42.0	37.5	43.0	45.0	41.5	43.5	43.0	36.5	45.5	44.5	36.5	44.5	43.5	44.0	42.5
8 m/s	Lamb	32.0	32.0	32.0	32.0	39.0	32.0	32.0	34.0	39.0	32.0	34.0	39.0	34.0	34.0	39.0
	Laero	41.5	36.5	42.5	44.5	38.0	43.5	42.5	35.0	44.0	44.0	35.0	43.0	43.5	43.5	39.5
	Ltot	42.0	37.5	43.0	44.5	41.5	43.5	43.0	37.5	45.5	44.5	37.5	44.5	44.0	44.0	42.5
9 m/s	Lamb	32.0	32.0	32.0	32.0	39.0	32.0	32.0	35.0	39.0	32.0	35.0	39.0	35.0	35.0	39.0
	Laero	41.5	36.5	42.5	44.5	38.0	43.5	42.5	35.0	44.0	44.0	35.0	43.0	43.5	43.5	39.5
	Ltot	42.0	37.5	43.0	44.5	41.5	43.5	43.0	38.0	45.5	44.5	38.0	44.5	44.0	44.0	42.5

		PA69	PA70	PA71	PA72	PA73	PA74	PA75	PA76	PA77	PA78	PA79	PA80	PA81	PA82	PA83
3 m/s	Lamb	32.0	20.0	20.0	32.0	20.0	20.0	32.0	32.0	20.0	32.0	32.0	32.0	32.0	32.0	32.0
	Laero	27.5	34.0	34.0	38.0	36.5	31.0	17.0	32.0	34.0	38.5	28.5	28.0	29.0	36.0	28.5
	Ltot	33.5	34.0	34.0	39.0	36.5	31.5	32.0	35.0	34.5	39.5	33.5	33.5	33.5	37.5	33.5
4 m/s	Lamb	34.0	20.0	20.0	34.0	20.0	20.0	34.0	34.0	20.0	34.0	34.0	34.0	34.0	34.0	34.0
	Laero	27.5	34.0	34.0	38.0	36.5	31.0	17.0	32.0	34.0	38.5	28.5	28.0	29.0	36.0	28.5
	Ltot	35.0	34.0	34.0	39.5	36.5	31.5	34.0	36.0	34.5	40.0	35.0	35.0	35.0	38.0	35.0
5 m/s	Lamb	35.0	25.0	25.0	35.0	25.0	25.0	35.0	35.0	25.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0
	Laero	31.0	37.5	37.5	41.5	40.0	34.5	20.5	35.5	37.5	42.0	32.0	31.5	32.5	39.5	32.0
	Ltot	36.5	37.5	37.5	42.5	40.0	35.0	35.0	38.5	38.0	43.0	37.0	36.5	37.0	41.0	37.0
6 m/s	Lamb	37.0	27.0	27.0	37.0	27.0	27.0	37.0	37.0	27.0	37.0	37.0	37.0	37.0	37.0	37.0
	Laero	35.0	41.5	41.5	45.5	44.0	38.5	24.5	39.5	41.5	46.0	36.0	35.5	36.5	43.5	36.0
	Ltot	39.0	41.5	41.5	46.5	44.0	39.0	37.0	41.5	41.5	46.5	39.5	39.5	39.5	44.5	39.5
7 m/s	Lamb	39.0	30.0	30.0	39.0	30.0	30.0	39.0	39.0	30.0	39.0	39.0	39.0	39.0	39.0	39.0
	Laero	35.5	42.0	42.0	46.5	44.5	39.0	25.0	40.5	42.0	46.5	36.5	36.5	37.0	44.0	36.5
	Ltot	40.5	42.5	42.0	47.0	44.5	39.5	39.0	42.5	42.5	47.5	41.0	41.0	41.0	45.5	41.0
8 m/s	Lamb	39.0	34.0	34.0	39.0	34.0	34.0	39.0	39.0	34.0	39.0	39.0	39.0	39.0	39.0	39.0
	Laero	35.5	42.0	41.5	46.0	44.0	39.0	25.0	40.0	42.0	46.5	36.5	36.0	37.0	44.0	36.5
	Ltot	40.5	42.5	42.5	47.0	44.5	40.0	39.0	42.5	42.5	47.0	41.0	41.0	41.0	45.0	41.0
9 m/s	Lamb	39.0	35.0	35.0	39.0	35.0	35.0	39.0	39.0	35.0	39.0	39.0	39.0	39.0	39.0	39.0
	Laero	35.5	42.0	41.5	46.0	44.0	39.0	25.0	40.0	42.0	46.5	36.5	36.0	37.0	44.0	36.5
	Ltot	40.5	42.5	42.5	47.0	44.5	40.5	39.0	42.5	43.0	47.0	41.0	41.0	41.0	45.0	41.0

Não foram identificadas ultrapassagens nos limites regulamentares no período noturno para a direção de vento Sudeste.

**Período fim de noite - Nível critério de avaliação = 50 dB(A)**

		PM1	PM4	PM5	PM6	PM7	PM8	PM12
3 m/s	Lamb	40.0	34.0	34.0	39.0	30.0	32.0	40.0
	Laero	32.0	28.5	34.0	38.5	37.0	36.0	32.5
	Ltot	40.5	35.0	37.0	42.0	38.0	37.5	40.5
4 m/s	Lamb	40.0	34.0	34.0	40.0	32.0	32.0	40.0
	Laero	32.0	28.5	34.0	38.5	37.0	36.0	32.5
	Ltot	40.5	35.0	37.0	42.5	38.5	37.5	40.5
5 m/s	Lamb	40.0	35.0	35.0	41.0	33.0	33.0	40.0
	Laero	35.5	32.0	37.5	42.0	40.5	39.5	36.0
	Ltot	41.5	36.5	39.5	44.5	41.5	40.5	41.5
6 m/s	Lamb	40.0	36.0	35.0	41.0	34.0	33.0	40.0
	Laero	39.5	36.0	41.5	46.0	44.5	43.5	40.0
	Ltot	42.5	39.0	42.5	47.0	45.0	44.0	43.0
7 m/s	Lamb	41.0	37.0	36.0	42.0	35.0	33.0	40.0
	Laero	40.0	36.5	42.0	46.5	45.0	44.0	40.5
	Ltot	43.5	40.0	43.0	48.0	45.5	44.5	43.5
8 m/s	Lamb	41.0	37.0	36.0	42.0	35.0	34.0	40.0
	Laero	40.0	36.5	42.0	46.5	45.0	44.0	40.5
	Ltot	43.5	39.5	43.0	48.0	45.5	44.5	43.0
9 m/s	Lamb	41.0	37.0	36.0	42.0	35.0	34.0	40.0
	Laero	40.0	36.5	42.0	46.5	45.0	44.0	40.5
	Ltot	43.5	39.5	43.0	48.0	45.5	44.5	43.0

Não foram identificadas ultrapassagens nos limites regulamentares no período fim de noite para a direção de vento Sudeste.