



Laboratório de Acústica e Vibrações - LABAV

ESTUDO ACÚSTICO

Entidade: CTCV – Centro Tecnológico da Cerâmica e do Vidro

Estudo: *Impactes no Ruído Ambiente da Ampliação das instalações*

Âmbito: *Situação Pós Novo Projeto - Vidrala - Gallo Vidro*

Relatório n.º EST.4089-3/20-CM

14 de abril de 2020

NOTA DE APRESENTAÇÃO

Por solicitação do Centro Tecnológico da Cerâmica e do Vidro, a **ECO14-Serviços e Consultadoria Ambiental, Lda.** apresenta o relatório relativo ao trabalho “Impactes no Ruído Ambiente da Ampliação das Instalações, da Vidrala – Gallo Vidro.

O estudo foi elaborado pela equipa técnica do Laboratório de Acústica e Vibrações da ECO 14 que se apresenta inteiramente disponível para prestar quaisquer esclarecimentos que se considerem necessários.

EXECUÇÃO TÉCNICA DO RELATÓRIO	FUNÇÃO	DATA	ASSINATURA
Cláudia Jacinto, Eng. ^a	Técnica LabAV	14/04/2020	
APROVAÇÃO	FUNÇÃO	DATA	ASSINATURA
Augusto Lopes, Eng. ^o	Diretor Técnico	14/04/2020	

ÍNDICE

1. Âmbito do Estudo	4
2. Breve Descrição da Área Estudada	4
3. Definições e Conceitos de Interesse.....	6
4. Metodologia	7
4.1 Generalidades	7
4.2 Caracterização dos níveis de ruído (Situação Atual da Gallo Vidro)	8
4.3 Previsão de Níveis Sonoros (Construção do Modelo de Cálculo).....	9
4.3.1 Princípios Básicos da Modelação Acústica	10
4.3.2 Indicadores de Ruído	10
4.3.3 Períodos de Referência Considerados	10
4.3.4 Métodos de Cálculo Adotados	11
4.3.5 Software de Cálculo Utilizado	12
4.3.6 Fontes de Ruído - Recolha e Tratamento de Dados de Entrada	13
4.3.7 Medições de Verificação/Validação	16
4.4 Previsão de Níveis Sonoros (Ruído Ambiental - Situação Futura da Gallo Vidro).....	17
4.4.1 Novas Fontes de Ruído - Dados de Entrada.....	17
4.4.2 Determinação do Ruído Particular resultante da Ampliação das Instalações	18
4.4.3 Determinação do Ruído Ambiental resultante da Ampliação das Instalações.....	20
4.4.4 Avaliação do Impacto Ruidoso em Recetores Sensíveis (RGR)	22
5. Conclusões	23
6. Referências	24

1. Âmbito do Estudo

O presente estudo consistiu na elaboração do Mapa de Ruído das instalações da Vidrala – Gallo Vidro, na Rua Vieira de Leiria na Marinha Grande, solicitado pela CTCV, no âmbito do Estudo de Impacte Ambiental, por forma a determinar o impacte sonoro, da ampliação das instalações e capacidade de fusão existente.

O trabalho de mapeamento foi efetuado com recurso a uma ferramenta informática de previsão e mapeamento de campos sonoros exteriores.

2. Breve Descrição da Área Estudada

As instalações da Gallo Vidro ocupam uma área de cerca de 47 500 m² e tem um funcionamento contínuo (24h).

A Gallo Vidro pretende efetuar uma atualização/upgrade tecnológico com a substituição do forno 4 e das linhas de produção associadas a este forno por outras linhas de produção associadas a um novo forno, o que conduz a um aumento da capacidade produtiva na Gallo Vidro. Deste modo, a Gallo Vidro, pretende efetuar a construção de um novo forno (forno 6) em substituição do atual forno 4, existente no edifício E_01 e parte do E_03 da nave GV4, com ampliação da capacidade de fusão existente de 595 t/dia para 810 t/dia, bem como um aumento de área de implantação de 47 500 m² para 57 742 m².

A zona do estudo abrange uma superfície de cerca de 430 000 m², estando limitada pela Rua Vieira de Leiria a Oeste, pela Rua da Indústria Vidreira a Sul, pelas Ruas do Casal da Formiga e Rua António Guerra a Este e pela Rua Guilherme Pereira Roldão a Norte. No entanto, a zona de estudo, constituída pela Gallo Vidro e todos os recetores sensíveis confinantes com a fábrica, é fortemente influenciada pela Avenida José Gregório (EM241-1) e pela Rua Dom João Pereira Venâncio.

Nas figuras seguintes, estão representadas as naves e edifícios constituintes, das instalações da Gallo Vidro, abrangidos por este estudo. Atualmente as instalações são constituídas pelas naves GV4 e GV5, sendo no futuro construída a nave GV6 em “substituição” da nave GV4.

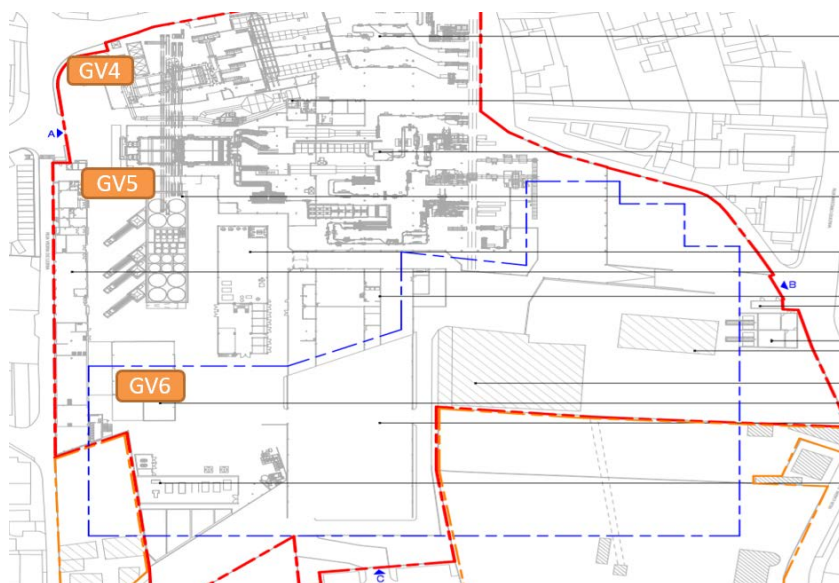


Figura 1 - Representação das naves das instalações da Gallo Vidro.



Figura 2 - Informação relativa aos edifícios das instalações da Gallo Vidro.

3. Definições e Conceitos de Interesse

Mapa de Ruído: Descritor do ruído ambiente exterior, expresso pelos indicadores L_{den} e L_n , traçado em documento onde se representam as isófonas e as áreas por elas delimitadas às quais corresponde uma determinada classe de valores expressos em dB(A).

Ruído ambiente: ruído global observado numa dada circunstância num determinado instante, devido ao conjunto de todas as fontes sonoras que fazem parte da vizinhança próxima ou longínqua do local considerado.

Período de referência: intervalo do tempo para o qual os valores obtidos em ensaio são representativos.

Atividade ruidosa permanente: Atividade desenvolvida com carácter permanente, ainda que sazonal, que produza ruído nocivo ou incomodativo para quem habite ou permaneça em locais onde se fazem sentir os efeitos dessa fonte de ruído, designadamente laboração de estabelecimentos industriais, comerciais ou de serviços.

Zonas Sensíveis: Área definida em plano municipal de ordenamento do território como vocacionada para uso habitacional, ou para escolas, hospitais ou similares, ou espaços de lazer, existentes ou previstos, podendo conter pequenas unidades de comércio e de serviços destinadas a servir a população local, tais como cafés e outros estabelecimentos de restauração, papelarias e outros estabelecimentos de comércio tradicional, sem funcionamento no período noturno.

Zonas Mistas: Área definida em plano municipal de ordenamento do território, cuja ocupação seja afeta a outros usos, existentes ou previstos, para além dos referidos na definição de zona sensível.

Recetor sensível: O edifício habitacional, escolar, hospital ou similar ou espaço de lazer, com utilização humana.

Período de referência: Período diurno: 7h-20h; Período do entardecer: 20h-23h; Período noturno: 23-7h.

Indicadores de ruído diurno (L_d), do entardecer (L_e) e noturno (L_n): Níveis sonoros de longa duração, conforme definidos na NP 1730-1:1996, ou na versão atualizada correspondente, determinados durante séries dos respectivos períodos de referência e representativos de um ano.

Indicador de ruído diurno-entardecer-noturno (L_{den}): O indicador de ruído, expresso em dB(A), associado ao incómodo global, dado pela expressão:

$$L_{den} = 10 \times \log \frac{1}{24} \left[14 \times 10^{\frac{L_d}{10}} + 2 \times 10^{\frac{L_e + 5}{10}} + 8 \times 10^{\frac{L_n + 10}{10}} \right]$$

Nível de pressão sonora ponderado A, L_{pA} : nível de pressão sonora dado pela fórmula:

$$L_{pA} = 10 \lg \left(\frac{p}{p_0} \right)^2$$

onde p é o valor eficaz da pressão sonora e p_0 é a pressão sonora de referência (20 μ Pa).

Nível sonoro contínuo equivalente, ponderado A, $L_{Aeq,T}$: valor do nível de pressão sonora, ponderado A, de um ruído uniforme que, no intervalo de tempo T, tem o mesmo valor eficaz da pressão sonora do ruído cujo nível varia em função do tempo.

Nível sonoro médio de longa duração, ponderado A, $L_{Aeq,LT}$: média, num intervalo de tempo de longa duração, dos níveis sonoros contínuos equivalentes ponderados A para as séries de intervalos de tempo de referência compreendidos no intervalo de tempo de longa duração.

4. Metodologia

4.1 Generalidades

Para determinar o impacto da ampliação das instalações no ambiente sonoro, foi definida uma área de estudo de aproximadamente 0,43 Km², que engloba a área de implantação da Fábrica Gallo Vidro, os recetores sensíveis mais próximos (habitações) até às vias rodoviárias mais relevantes.

Pretende-se com o presente estudo, calcular os impactos que a ampliação das instalações, terá nos recetores sensíveis mais próximos. Para tal, com base nas medições efetuadas à data e com o recurso a modelação, procedeu-se ao cálculo do ruído ambiente para a situação futura e os respetivos acréscimos, em relação à situação atual, que corresponde à situação de referência deste estudo.

Este tipo de estudos é efetuado com recurso à técnica de modelação, que hoje em dia, é tida como preferencial e, em muitas circunstâncias, a única que se afigura viável em avaliações de ruído ambiental.

No caso particular da Gallo Vidro, a avaliação do ruído ambiental na situação de referência/atual foi efetuada com o recurso a medições in loco, ao passo que a determinação do ruído ambiental, particular e residual da situação futura, foi determinado com recurso a mapeamento da zona de estudo, conforme previsto no Procedimento 1 da Nota 7¹ do “Guia prático para medições de ruído ambiente” da APA.

¹Nota 7: Se for tecnicamente impossível cessar a atividade, a metodologia de determinação do ruído residual deve ser aprovada pela CCDR territorialmente competente (nº6 do artº13º do RGR).

4.2 Caracterização dos níveis de ruído (Situação Atual da Gallo Vidro)

Os recetores sensíveis ao ruído, enquanto recetores potencialmente afetados pela Gallo Vidro, correspondem a edifícios de uso habitacional, nomeadamente habitações localizadas próximas da empresa.

Em 2019, foi efetuada a avaliação do critério de exposição máxima, cujos resultados se apresentam de seguida. Nessa avaliação foram selecionados 8 pontos de medição, representativos dos recetores sensíveis presentes na envolvente. No quadro 1 apresentam-se as coordenadas geográficas dos pontos de medição e a distância destes ao atual perímetro da empresa.

Quadro 1 - Coordenadas geográficas dos pontos de medição e respetivas distâncias.

Ponto de medição	Latitude	Longitude	Distância ao atual perímetro da Gallo Vidro (m)
R1	39°45'19.05"N	8°55'54.88"O	19
R2	39°45'13.94"N	8°55'53.76"O	6
R3	39°45'12.15"N	8°55'48.91"O	14
R4	39°45'10.20"N	8°55'48.05"O	78
R5	39°45'11.42"N	8°55'44.24"O	105
R6	39°45'14.40"N	8°55'43.16"O	45
R7	39°45'15.77"N	8°55'42.07"O	40
R8	39°45'17.22"N	8°55'44.59"O	8



Figura 3 - Representação dos locais de medição do ambiente sonoro.

Nos quadros 2 e 3 apresentam-se os valores de ruído da situação de referência, medidos em cada um dos períodos de referência estabelecidos no RGR e os respetivos Indicadores de Ruído Ambiente, para os períodos diurno (L_d), entardecer (L_e) e noturno (L_n) e Valores Máximos de Exposição.

Quadro 2 - Níveis sonoros da situação de referência, para o L_d , L_e e L_n .

Local	LAeq,LT [dB(A)]		
	L_d (dB)	L_e (dB)	L_n (dB)
R1	59,1	57,9	55,2
R2	59,1	53,5	51,4
R3	51,5	48,5	45,2
R4	50,2	49,8	45,6
R5	57,7	53,4	50,1
R6	62,1	56,6	53,3
R7	71,5	69,3	61,7
R8	58,3	59,2	48,5

Segundo o previsto no n.º 2 do artigo 6.º, é da competência dos municípios a delimitação e a disciplina das zonas sensíveis e mistas. Todos os pontos medidos, estão localizados em Zonas ainda não classificadas, de acordo com o PDM.

Quadro 3 - Valor de L_{den} e L_n para a situação atual e comparação com os «valores limite de exposição».

Pontos de medição	Ruído Ambiental (SF)		Requisito legal [dB(A)]		Cumprimento do DL 9/2007	
	L_n	L_{den}	L_n	L_{den}	L_n	L_{den}
R1	55	63	≤ 53 (a)	≤ 63 (a)	NÃO CUMPRE	CUMPRE
R2	51	60			CUMPRE	CUMPRE
R3	45	53			CUMPRE	CUMPRE
R4	46	53			CUMPRE	CUMPRE
R5	50	58			CUMPRE	CUMPRE
R6	53	63			CUMPRE	CUMPRE
R7	62	72			NÃO CUMPRE	NÃO CUMPRE
R8	49	59			CUMPRE	CUMPRE

4.3 Previsão de Níveis Sonoros (Construção do Modelo de Cálculo)

Para determinar o impacto da ampliação da Gallo Vidro, foi efetuado primeiro a modelação das instalações/equipamentos, por forma a determinar a construir um modelo representativo da situação existente, permitindo determinar o ruído da situação atual, correspondente ao Ruído Residual do projeto de ampliação.

Para a execução dos Mapas de Ruído da área em estudo, tomaram-se como referência os requisitos técnicos descritos nos documentos técnicos da Agência Portuguesa do Ambiente

«Elaboração de Mapas de Ruído – Princípios Orientadores» e «Diretrizes para Elaboração de Mapas de Ruído» (Junho de 2008), assim como outros aspetos previstos na Diretiva 2002/49/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 25 de Junho de 2002, relativa à Avaliação e Gestão do Ruído Ambiente.

4.3.1 Princípios Básicos da Modelação Acústica

Os algoritmos de cálculo de modelação acústica têm todos uma formulação matemática base universal. O nível de pressão sonora originada num ponto por uma determinada fonte sonora (ou um conjunto de fontes sonoras – os princípios mantêm-se inalterados) pode ser determinado através da seguinte equação:

$$L_p = L_w + D_c + C_b - A_p,$$

onde,

- L_p é o nível de pressão sonora no ponto recetor, em dB (ref. 20 μ Pa);
- L_w é o nível de potência sonora da fonte, em dB (ref. 1 pW);
- D_c é o fator de correção de diretividade, em dB (para o caso de a fonte não emitir igualmente em todas as direções);
- C_b é a correção para o tempo de emergência para o ruído da fonte, em dB. Por exemplo, o nível de “longo-termo” é reduzido 3 dB no caso de a fonte só funcionar metade do intervalo de tempo de referência;
- A_p é a atenuação devida à propagação, em dB.

A atenuação pode ser subdividida em diversos fenómenos físicos:

$$A_p = A_{div} + A_{atm} + A_{gr} + A_{bar} + A_{misc} + C_{refl},$$

onde,

- A_{div} – atenuação devida ao efeito de divergência geométrica;
- A_{atm} – atenuação devida à absorção atmosférica;
- A_{gr} – atenuação devida à absorção / reflexão pelo solo;
- A_{bar} – atenuação devida ao efeito de difração em barreiras;
- A_{misc} – atenuação devida a outros efeitos (efeitos meteorológicos, dispersão através de estruturas acusticamente complexas, etc.);
- C_{refl} – correção devida aos efeitos de reflexão.

4.3.2 Indicadores de Ruído

Os mapas de ruído são elaborados para os indicadores de ruído L_{den} e L_n , na aceção prevista no RGR (ver definições e conceitos de interesse).

4.3.3 Períodos de Referência Considerados

Conforme estabelecido no RGR, consideraram-se os períodos de referência **diurno (7h-20h)**, do **entardecer (20h-23h)** e **noturno (23-7h)**.

4.3.4 Métodos de Cálculo Adotados

Para a elaboração dos Mapas de Ruído do presente estudo, utilizou-se o *software* computacional para simulação da emissão e propagação sonora “IMMI Premium”, versão 6.3.1 de 2008 (*Wölfel Meßsysteme GmbH*, Alemanha), de eficácia comprovada e parametrizado de acordo com métodos de cálculo recomendados pela Diretiva 2002/49/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 25 de Junho de 2002, relativa à avaliação e gestão do ruído ambiente, designadamente:

- ❑ Para o ruído INDUSTRIAL e propagação sonora exterior:

A Norma ISO 9613-2: «Acoustics – Attenuation of sound propagation outdoors. Part 2: General method of calculation». Os dados de entrada podem ser obtidos a partir das medições efectuadas de acordo com as metodologias descritas nas seguintes normas:

ISO 8297:1994 – «Acoustics – Determination of sound power levels of multisource industrial plants for evaluation of sound pressure levels in the environment – Engineering method»;

NP EN ISO 3744:2012 – «Acústica – Determinação de potência acústica emitidos por fontes de ruído a partir da pressão acústica. Método de perícia em condições que se aproximam do campo livre sobre um plano reflector»;

ISO 3746:2010 – «Acoustics – Determination of sound power levels of noise sources using sound pressure. Survey method using an enveloping measurement surface over a reflectin plane».

- ❑ Para o ruído de TRÁFEGO RODOVIÁRIO:

O método de cálculo francês «NMPB-Routes-96» (NMPB-96) que consta da norma francesa «XPS 31-133». No que se refere aos dados de entrada relativos a emissões, a norma remete para o “Guide du bruit des transports terrestres, fascicule prévision des niveaux sonores, CETUR 1980».

Para que o IMMI possa gerar um determinado campo sonoro é necessário fornecer um conjunto de informação de base que caracterize adequadamente a emissão, propagação e receção do som, nomeadamente:

- ✓ A altimetria da área em estudo;
- ✓ Dados meteorológicos;
- ✓ Volumetria e forma de edifícios e outras barreiras sonoras;
- ✓ Localização e catalogação de recetores;
- ✓ Caracterização da potência sonora das fontes (intensidade, comportamento espectral, diretividade).

O método de cálculo NMPB-96 comporta a seguinte informação de entrada:

- Tráfego médio horário por tipologia de veículos (ligeiros e pesados);
- Velocidade média de circulação, por tipo de veículo;

- Tipos de fluxos de tráfego (fluido contínuo, ritmado contínuo, ritmado acelerado, ritmado desacelerado, indiferenciado);
- Perfis longitudinal (via horizontal, ascendente, descendente) e transversal da via.

4.3.5 Software de Cálculo Utilizado

Para determinar o impacto do funcionamento do projeto no ambiente sonoro, foi definida uma área de estudo de aproximadamente 0,43 km², que engloba a área da Gallo Vidro até aos recetores sensíveis mais próximos (habitações), abrangendo as vias que influenciam o ruído ambiente.

Utilizou-se o *software* computacional para simulação da emissão e propagação sonora “**IMMI Premium**”, versão 6.3.1 de 2007 (*Wölfel Meßsysteme GmbH*, Alemanha), de eficácia comprovada e parametrizado de acordo com métodos de cálculo recomendados pela Diretiva 2002/49/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 25 de Junho de 2002. Para que o IMMI possa gerar um determinado campo sonoro pretendido é necessário fornecer um conjunto de informação de base que caracterize adequadamente a emissão, propagação e receção do som, nomeadamente:

- ❑ A altimetria da área em estudo (fornecida pelo requerente);
- ❑ Dados meteorológicos;
- ❑ Caracterização da potência sonora das fontes (intensidade, comportamento espectral, diretividade).

Para efeitos de cálculo foram utilizadas as seguintes especificações:

Quadro 4 - Resumo das configurações de cálculo utilizadas.

<i>Parâmetros</i>	<i>Especificações</i>
<i>Métodos de cálculo</i>	Fontes pontuais ↳ Norma ISO 9613-2: «Acoustics – Attenuation of sound propagation outdoors. Part 2: General method of calculation».
<i>Malha de cálculo</i>	5*5 metros, resultando num total de cerca de 29 000 pontos de cálculo. ↳ A malha de cálculo de um projeto de modelação acústica computacional fixa o número de pontos de cálculo a partir dos quais o programa “desenha” as linhas isofónicas e as manchas de ruído da área em abordagem.
<i>Aproximação de cálculo relativamente à contribuição isolada de cada fonte sonora em cada ponto de cálculo</i>	20 dB(A). ↳ Para um determinado ponto de cálculo, o programa despreza a contribuição de fontes sonoras cuja contribuição (fontes afastadas e/ou de baixa potência sonora relativa) para o nível sonoro nesse local seja inferior a um critério quantitativo preestabelecido. No caso presente, a partir de uma previsão “grosseira” inicial, o programa despreza todas as fontes sonoras que originem no ponto de cálculo valores de pressão sonora inferiores a 20 dB(A) relativamente à estimativa global inicial.

<i>Parâmetros</i>	<i>Especificações</i>
<i>Grau de reflexões</i>	2. ^a ordem. ↳ Para além dos raios sonoros diretos, o nível de pressão sonora num determinado ponto é também influenciado pelos efeitos de barreira e reflexão provocados por estruturas como edifícios.
<i>Critério de distância máxima para estruturas refletoras</i>	100 metros. ↳ Caso nada seja previamente definido em contrário, para um determinado ponto de emissão sonora o modelo considera todas as estruturas refletoras presentes, o que torna o cálculo muito complexo e demorado. Facilmente se depreende que à medida que aumenta a distância entre o local de emissão e as estruturas refletoras menor será a contribuição das ondas refletidas, chegando-se a uma distância onde esta será irrelevante. Assim sendo, torna-se indispensável estabelecer uma distância máxima ao ponto de emissão até à qual o programa considerará as estruturas como elementos refletoras – no presente caso, a distância considerada é de 100 metros.
<i>Altura de avaliação</i>	4 metros. ↳ Este parâmetro define a cota acima do nível do solo para a qual se reportam os valores a calcular.
<i>Modelo altimétrico</i>	Curvas de nível de equidistância de 5 metros.
<i>Magnitude dos fenómenos de absorção pelo solo</i>	Considerou-se que o mesmo era medianamente absorvente (coeficiente de absorção sonora, $\alpha_{med} = 0,5$).
<i>Condições meteorológicas</i>	Considerando a inexistência de dados de parâmetros meteorológicos nos formatos exigidos pelo modelo de cálculo utilizado, adotaram-se as seguintes percentagens de ocorrência média anual de condições meteorológicas favoráveis à propagação sonora: período diurno – 50%, período entardecer – 75%, período noturno – 100%.

O método de cálculo de fontes pontuais da Norma ISO 9613-2 comporta a seguinte informação de entrada:

- ☐ Localização da fonte sonora;
- ☐ Altura e potência sonora da fonte sonora;
- ☐ Diretividade de propagação da fonte sonora;
- ☐ Regime de funcionamento.

4.3.6 Fontes de Ruído - Recolha e Tratamento de Dados de Entrada

Na aceção do previsto no RGR, fontes de ruído resultam de atividades ruidosas de carácter permanente, ou seja, são todas as atividades susceptíveis de produzir ruído nocivo ou incomodativo, para os que habitem ou permaneçam nas imediações do local onde decorrem. Estão excluídas do âmbito dos Mapas de Ruído atividades ruidosas ditas temporárias (obras de construção civil, competições desportivas, espetáculos, festas ou outros divertimentos, feiras e mercados).

A seleção, identificação e caracterização das fontes sonoras é um aspeto crucial na elaboração de um Mapeamento de Ruído. De uma forma genérica, para os Mapas de Ruído, as principais tipologias de fontes a considerar e avaliar são: o tráfego rodoviário, o tráfego ferroviário, os aeroportos ou aeródromos e as industriais.

Concretamente para o caso estudado, considerou-se **o tráfego rodoviário e o ruído gerado pela Gallo Vidro**, visto serem as fontes mais significativas na área de estudo, nomeadamente o tráfego na Avenida José Gregório e Rua Dom João Pereira Venâncio.

Conforme foi referido, foram realizadas medições em 8 locais, na envolvente da Gallo Vidro, tendo sido acompanhadas de contagens de tráfego (quadro 5), por forma a caracterizar todas as vias rodoviárias significativas da área de estudo.

Também houve necessidade de se proceder ao levantamento das características físicas das vias (tipo de pavimento, perfil transversal, etc.) e de outros dados relevantes para a modelação (velocidades de circulação características, tipos de pavimento, etc.). Foram calculados os TMH, tendo em conta as contagens efetuadas e respetiva extrapolação de acordo com o perfil de tráfego adotado. Considerando os pressupostos anteriormente enunciados, foram estimados os fluxos horários de tráfego que constam do quadro 5.

Quadro 5 - Valores de tráfego médio horário, por tipologia de veículo e por período.

Ponto	Período Diurno		Período Entardecer		Período Entardecer	
	TMH-VL	TMH-VP	TMH-VL	TMH-VP	TMH-VL	TMH-VP
R1	26,8	2,4	25,6	0	9,1	0
R2	29,7	0	13,2	0	4,8	0
R3	9,0	0	3,6	0	0,9	0
R4	33,6	0	28,9	0	5,0	0
R5	36,0	0,3	19,0	0	4,0	0,1
R6	56,4	0,7	18,6	0	4,9	0,1
R7	276,6	5,1	78,3	3,3	29,5	0,5
R8	36,0	2,4	32,5	2,6	3,0	1,0

Legenda: TMH-VL e THM-VP referem-se, respetivamente, ao tráfego médio horário de veículos ligeiros e pesados.

No que respeita à previsão das emissões sonoras resultante da atividade industrial da Gallo Vidro, consideram-se fatores de emissão em função da tipologia de atividade, bem como a informação existente referente à potência sonora dos equipamentos mais ruidosos.

Em função das características das infraestruturas físicas, dos elementos ruidosos de equipamentos e das atividades desenvolvidas, as fontes de ruído industrial são catalogadas segundo as três classes possíveis:

- *fontes pontuais* – pequenas fontes, tais como bocais de extração, ventiladores, motores e outros de dimensões limitadas e com características de emissão relativamente homogêneas;
- *fontes lineares* – emissores em linha, tais com tubagens, transportadores, vias de circulação de veículos;
- *fontes em área* – emissões de áreas de maiores dimensões, como as radiações de fachadas e de tetos.

Os dados de entrada necessários para cada fonte, para além das suas características dimensionais e de localização, são os níveis de potência sonora e as características de diretividade. Os dados para a caracterização da potência sonora dos equipamentos já existentes na Gallo Vidro, foram fornecidos pelo requerente.

No quadro 6 apresenta-se o valor de potência sonora fornecida dos equipamentos mais ruidosos.

Quadro 6 – Locais e Valores para a caracterização dos equipamentos mais ruidosos (GV4 e GV5).

Representação esquemática



Nave	Fonte	Níveis sonoros dB(A)	Descrição
GV4	1	98	Lateral Forno, ventiladores de Ar combustão e refrigeração
GV4	2	98	Lateral Forno, ventiladores de Ar combustão e refrigeração
GV4	3	97	Máquina 4.0
GV4	4	99	Máquina 4.1
GV4	5	99	Máquina 4.2
GV4	6	97	Máquina 4.3

<i>Nave</i>	<i>Fonte</i>	<i>Níveis sonoros dB(A)</i>	<i>Descrição</i>
GV4	7	97	Entrada de Arcas de recozimento
GV4	8	90	Saída arcas recozimento
GV4	9	89	Zona Escolha, máquinas inspeção
GV4	10	89	Paletizadores automáticos
GV5	A	98	Lateral Forno, ventiladores de Ar combustão e refrigeração
GV5	B	98	Lateral Forno, ventiladores de Ar combustão e refrigeração
GV5	C	96	Máquina 5.1
GV5	D	96	Máquina 5.2
GV5	E	97	Máquina 5.3
GV5	F	99	Máquina 5.4
GV5	G	96	Entrada de Arcas de Recozimento
GV5	H	93	Saída Arcas de Recozimento
GV5	I	86	Zona de Escolha, máquinas inspeção
GV5	J	85	Paletizadores automáticos
GV5	L	82	Saída Paletes, MSK
GV5	M	72	Saída paletes produto terminado

4.3.7 Medições de Verificação/Validação

A validação do processo de cálculo foi efetuada por comparação dos resultados obtidos na modelação com os obtidos nas medições acústicas especificamente levadas a cabo para o efeito, para tal, selecionou-se 8 pontos de validação, os mesmos das medições da caracterização da situação atual. Estes locais encontram-se esquematicamente evidenciados na figura 3.

Como critério de aceitação/validação dos resultados obtidos por modelação, foi fixado em $\pm 2\text{dB(A)}$ a diferença aceitável entre os resultados previstos e os resultados das medições.

Quadro 7 – Comparação entre os resultados obtidos por cálculo e por medição.

<i>Ponto</i>	<i>L_{den} [dB(A)]</i>			<i>L_n [dB(A)]</i>		
	<i>Simulação</i>	<i>Medição</i>	<i>Desvio</i>	<i>Simulação</i>	<i>Medição</i>	<i>Desvio</i>
R1	63,1	63,7	0,6	55,0	54,8	-0,2
R2	60,6	61,2	0,6	51,5	51,6	0,1
R3	54,6	56,1	1,5	47,0	49,0	1,8
R4	54,5	55,9	1,4	46,1	46,6	0,5
R5	59,1	59,5	0,4	49,5	48,7	-0,8
R6	62,5	62,6	0,1	52,6	51,8	-0,7
R7	72,3	72,6	0,3	61,7	61,6	-0,1
R8	59,7	59,6	0,1	48,6	48,7	0,1

As diferenças observáveis encontram-se dentro do critério de aceitação e os mapas elaborados a partir do presente modelo de simulação podem ser tomados como ferramentas de avaliação

fiáveis da situação atual, sendo que a confirmada validade dos métodos de cálculo garante uma elevada precisão nos cálculos para as situações a modelar.

4.4 Previsão de Níveis Sonoros (Ruído Ambiental - Situação Futura da Gallo Vidro)

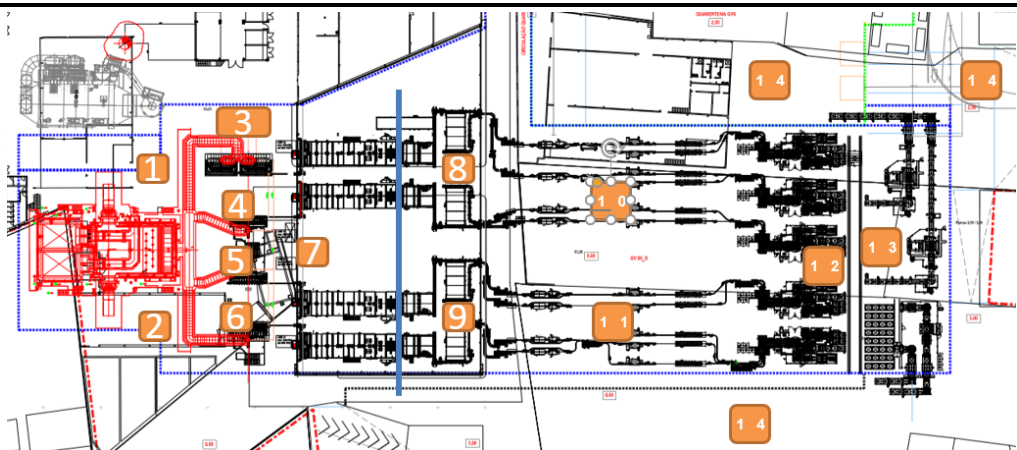
4.4.1 Novas Fontes de Ruído - Dados de Entrada

Após a validação do modelo de cálculo, ir-se-á proceder à determinação do impacto da ampliação da Gallo Vidro, através da modelação do projeto de ampliação. Para tal, foi adicionado ao modelo de cálculo, o novo pavilhão e os respetivos acréscimos de tráfego, por forma a estimar o ruído ambiental após a ampliação e comparar com a situação atual.

Os dados para a caracterização da potência sonora dos equipamentos a instalar na Gallo Vidro, foram fornecidos pelo requerente.

No quadro 8 apresenta-se o valor de potência sonora fornecida dos equipamentos mais ruidosos.

Quadro 8 - Locais e Valores para a caracterização dos equipamentos mais ruidosos (GV6).

Representação esquemática		
		
Fonte	Níveis sonoros dB(A)	Descrição
1	88	Lateral Forno, ventiladores de Ar combustão e refrigeração
2	88	Lateral Forno, ventiladores de Ar combustão e refrigeração
3	97	Máquina 6.1
4	96	Máquina 6.2
5	96	Máquina 6.3
6	94	Máquina 6.4, NiS
7	95	Entrada de Arcas de recozimento
8	87	Saída arcas 6.1 e 6.2
9	87	Saída arcas 6.3 e 6.4
10	87	Zona Escolha, máquinas inspeção
11	87	Zona Escolha, máquinas de inspeção
12	86	Paletizadores automáticos
13	72	Saída de Paletes, produto terminado
14	54	Envolvente Nave

Com a construção do forno 6 na nave GV6, o forno 4 na nave GV4 será desativado, bem como a chaminé e electrofiltro associados.

Com a ampliação das instalações irá ocorrer um aumento de tráfego de pesados no portão A (portão Oeste) e uma diminuição no portão B (portão Este 1) e será criado um portão novo, o portão C (portão Este 2). No quadro seguinte apresenta-se o volume de tráfego previsto, para cada um dos portões, assumindo-se um aumento de 36%, embora disperso pelas outras vias de acesso.

Quadro 9 – Volume de tráfego previsto após a ampliação.

Portão	TMD-VP
Portão A	28
Portão B	20
Portão C	26

4.4.2 Determinação do Ruído Particular resultante da Ampliação das Instalações

Para avaliar os impactes acústicos decorrentes da ampliação, foram calculados por modelação, os níveis de ruído ambiente nos mesmos 8 pontos, com origem exclusiva no ruído particular associado ao funcionamento do Gallo Vidro.

Para os indicadores L_{den} e L_n , são apresentados os mapas de ruído correspondentes ao Ruído Particular, onde é representada a situação futura da área de influência da Gallo Vidro, de acordo com a notação cromática estabelecida pela norma ISO 1996-2 (que permite uma percepção das classes de ruído).

Para avaliação do impacto ruidoso nos recetores sensíveis (habitações) mais próximos, determinou-se o ruído particular da Gallo Vidro após a construção da GV6 e desativação da nave GV4 e efetuou-se a respetiva comparação com os valores da situação atual, por forma a perceber qual o acréscimo de ruído, que a ampliação irá provocar nos recetores sensíveis mais próximos.

Quadro 10 – Comparação dos valores do Ruído Particular - Situação Futura (SF) e a Situação Atual (SA).

Pontos de medição	Ruído Particular (SA)				Ruído Particular (SF)				Acréscimo (SF-SA)			
	Ld	Le	Ln	Lden	Ld	Le	Ln	Lden	Ld	Le	Ln	Lden
R1	54,0	53,2	52,5	59,3	47,3	44,5	43,5	50,7	-6,7	-8,7	-9,0	-8,6
R2	45,8	43,7	42,9	50,0	40,8	39,4	39,2	45,9	-5,0	-4,3	-3,8	-4,0
R3	51,2	48,8	48,6	55,2	45,8	45,5	45,5	51,7	-5,3	-3,3	-3,0	-3,5
R4	47,2	45,0	43,0	50,5	45,0	43,4	41,4	48,7	-2,2	-1,6	-1,6	-1,7
R5	43,9	42,0	39,2	46,9	42,2	41,8	39,0	46,4	-1,7	-0,2	-0,3	-0,6
R6	43,8	42,8	39,4	47,0	43,6	43,4	40,7	48,0	-0,2	0,6	1,4	0,9
R7	45,9	43,9	42,1	49,4	44,7	43,0	41,0	48,3	-1,2	-0,9	-1,1	-1,1
R8	52,1	47,2	45,8	53,6	52,1	47,0	43,7	52,6	0,0	-0,2	-2,1	-1,1

Como se pode observar, resultante da ampliação da Gallo Vidro, prevê-se um acréscimo de 0,9dB para o indicador L_n e de 1,4dB para o indicador L_{den} , ambos no R6.

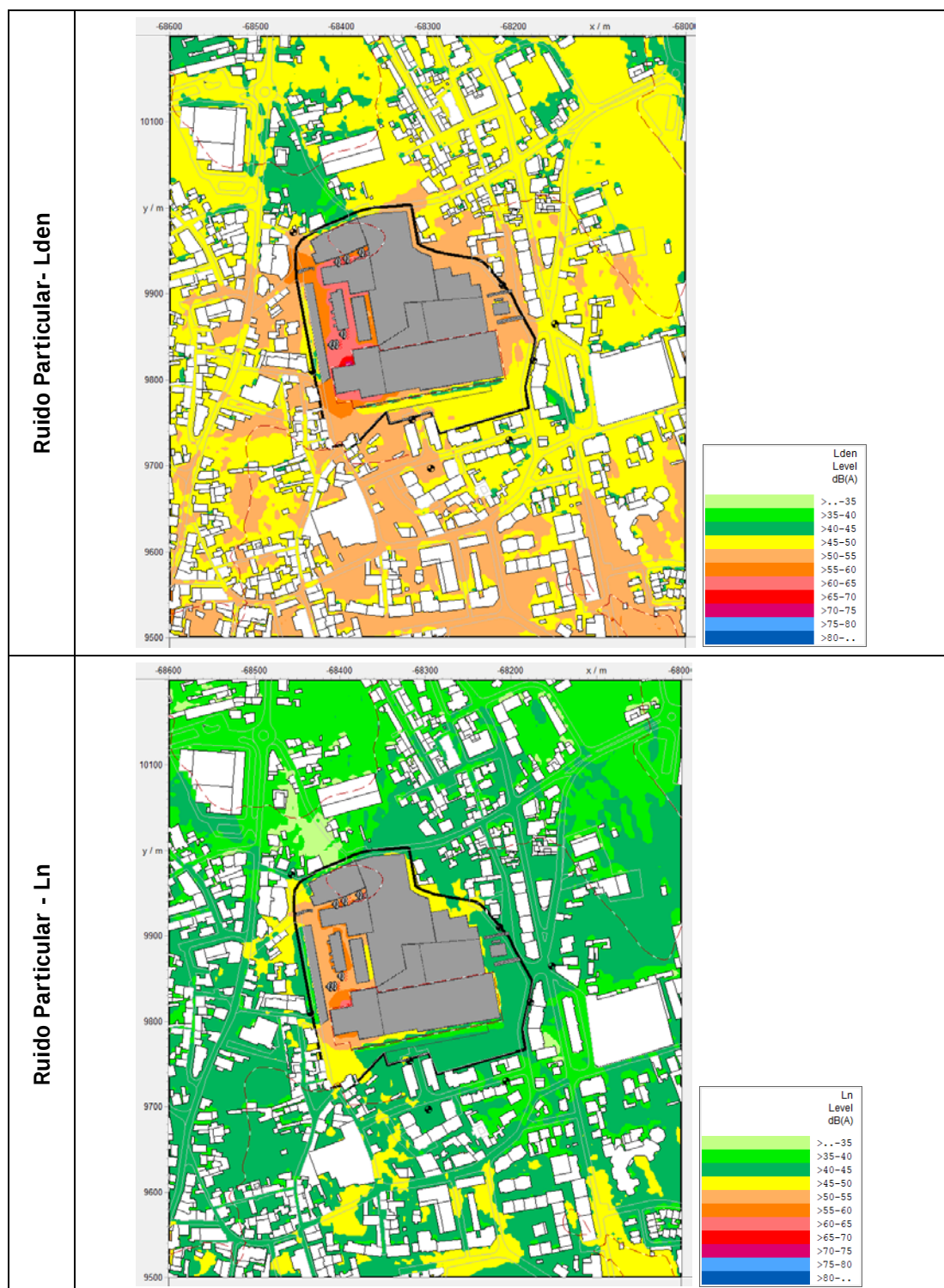


Figura 4 - Mapas de Ruído representativos do Ruído Particular – Lden e Ln.

4.4.3 Determinação do Ruído Ambiental resultante da Ampliação das Instalações

Para avaliar os impactes acústicos decorrentes da ampliação e envolvente, foram calculados por modelação, os níveis de ruído ambiente nos mesmos 8 pontos.

Para os indicadores L_{den} e L_n , são apresentados os mapas de ruído correspondentes ao Ruído Ambiental, onde é representada a situação futura da área de influência da Gallo Vidro, de acordo com a notação cromática estabelecida pela norma ISO 1996-2.

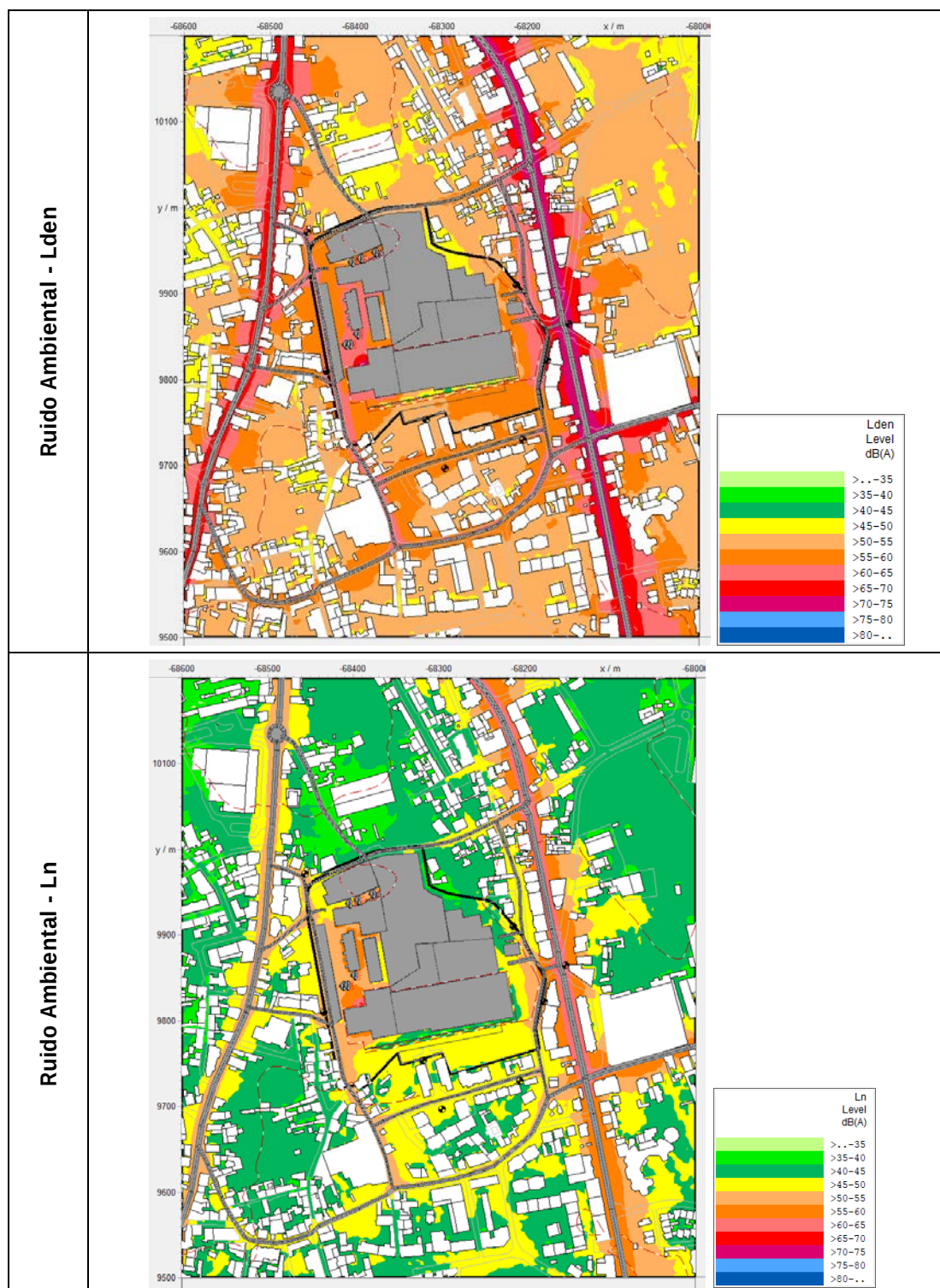


Figura 3 - Mapas de Ruído representativos do Ruído Ambiental da situação futura – Lden e Ln.

Para avaliação do impacto ruidoso nos recetores sensíveis (habitações) mais próximos, determinou-se o ruído ambiental da Gallo Vidro após a ampliação e efetuou-se a respetiva comparação com os valores da situação atual, por forma a perceber qual o acréscimo de ruído, que a ampliação irá provocar nos recetores sensíveis mais próximos.

Quadro 11 – Comparação dos valores do Ruído Ambiental - Situação Futura (SF) e a Situação Atual (SA).

Pontos de medição	Ruído Ambiental (SA)				Ruído Ambiental (SF)				Acréscimo (SF-SA)			
	Ld	Le	Ln	Lden	Ld	Le	Ln	Lden	Ld	Le	Ln	Lden
R1	62,8	59,6	54,8	63,7	61,5	58,7	51,6	61,6	-1,4	-0,9	-3,3	-2,1
R2	61,6	53,4	51,6	61,2	62,4	53,5	52,2	61,9	0,8	0,1	0,6	0,7
R3	52,6	50,6	49,0	56,1	53,2	52,1	47,8	55,8	0,6	1,5	-1,2	-0,3
R4	54,6	53,4	46,6	55,9	54,5	53,3	46,2	55,7	-0,2	0,0	-0,4	-0,3
R5	59,2	57,6	48,7	59,5	62,9	61,3	52,2	63,1	3,7	3,7	3,4	3,6
R6	62,1	61,0	51,8	62,6	59,0	57,9	48,8	59,5	-3,1	-3,0	-3,0	-3,1
R7	72,3	70,3	61,6	72,6	72,9	70,8	62,1	73,1	0,5	0,4	0,5	0,5
R8	59,1	57,7	48,7	59,6	59,8	58,0	47,7	59,8	0,8	0,3	-1,1	0,2

Como se pode observar, após a ampliação da Gallo Vidro, prevê-se um acréscimo de 3,4dB para o indicador L_n e de 3,6dB para o indicador L_{den} , ambos no R5.

O projeto de ampliação das instalações da Gallo Vidro, de acordo com o requerente, pressupõe a desativação do forno 4, construção de um novo pavilhão para instalação do forno 6 e construção de uma barreira acústica de 2metros, no cume da zona de aterro da instalação do GV6. Por forma a perceber, se a construção da barreira acústica será uma mais valia, para o projeto, apresenta-se na tabela seguinte, os valores obtidos para o ruído ambiente sem barreira (SF-SB) e com barreira (SF-CB).

Quadro 12 – Valores do Ruído Ambiental para a Situação Futura (SF-CB e SF-SB) e a Situação Atual (SA).

Pontos de medição	Ruído Ambiental (SA)		Ruído Ambiental (SF-SB)		Ruído Ambiental (SF-CB)	
	L_n	L_{den}	L_n	L_{den}	L_n	L_{den}
R1	54,8	63,7	51,7	61,1	51,7	61,1
R2	51,6	61,2	52,1	61,3	52,1	61,3
R3	49,0	56,1	46,0	54,5	45,6	54,1
R4	46,6	55,9	45,7	54,5	45,7	54,5
R5	48,7	59,5	52,8	62,8	52,8	62,8
R6	51,8	62,6	49,5	59,5	49,5	59,5
R7	61,6	72,6	62,1	72,8	62,1	72,8
R8	48,7	59,6	47,5	59,8	47,5	59,8

4.4.4 Avaliação do Impacto Ruidoso em Recetores Sensíveis (RGR)

Por forma a auxiliar a percepção do cumprimento dos critérios dos Valores Limite de Exposição e de Incomodidade, para a situação futura foi efetuada a comparação dos valores obtidos para os indicadores L_{den} e L_n , com os valores de referência estabelecidos no RGR.

Desta forma, foi efetuada a avaliação do critério de exposição máxima, cujos resultados e respetiva comparação com os valores estabelecidos no RGR, se apresentam de seguida. Para esta comparação foram utilizados os valores calculados do Ruído Ambiente com a instalação da Barreira Acústica.

Quadro 13 - Valor de L_{den} e L_n para a situação futura e comparação com os VLE.

Pontos de medição	Ruído Ambiental (SF-CB)		Requisito legal [dB(A)]		Cumprimento do DL 9/2007	
	L_n	L_{den}	L_n	L_{den}	L_n	L_{den}
R1	52	61	$\leq 53^{(a)}$	$\leq 63^{(a)}$	CUMPRE	CUMPRE
R2	52	61			CUMPRE	CUMPRE
R3	46	54			CUMPRE	CUMPRE
R4	46	54			CUMPRE	CUMPRE
R5	53	63			CUMPRE	CUMPRE
R6	49	59			CUMPRE	CUMPRE
R7	62	73			NÃO CUMPRE ^(b)	NÃO CUMPRE ^(b)
R8	48	60			CUMPRE	CUMPRE

^{a)} Valor limite aplicável a zonas não classificadas.

^{b)} De acordo com o ponto 3.4 do "Guia prático para medições de ruído ambiente" APA 2011), a fonte sonora (Gallo Vidro) é corresponsável pelo incumprimento legal, uma vez que, $|L_{Aeq,T(RP)} - L_{Aeq,T(RR)}| > 10\text{dB(A)}$.

No que se refere ao critério dos Valores Limites de Exposição, para os indicadores L_{den} e L_n , pode-se concluir que os níveis de ruído após a ampliação e desativação da nave GV4, passarão a cumprir o R1 (L_n), e continuarão a não cumprir o R7 (L_n e L_{den}), no entanto, a responsabilidade do incumprimento do R7 não será atribuída à Gallo Vidro.

Relativamente ao Critério de Incomodidade, os limites aplicáveis são dependentes da duração da atividade em cada período de referência. Assim, nas condições de funcionamento da Gallo Vidro, os limites de incomodidade a considerar são de 5 dB(A) no período diurno, 4 dB(A) no período do entardecer e 3 dB(A) no período noturno. No quadro 14 apresenta-se o diferencial entre o ruído ambiente e ruído residual, ambos da situação futura e estimados por modelação.

Quadro 14 - Valores calculados relativos ao critério de incomodidade

Local	Período Diurno			Período Entardecer			Período Noturno		
	$L_{Ar(RA)}$	$L_{Aeq(RR)}$	<i>Inc.</i>	$L_{Ar(RA)}$	$L_{Aeq(RR)}$	<i>Inc.</i>	$L_{Ar(RA)}$	$L_{Aeq(RR)}$	<i>Inc.</i>
R1	61,5	61,3	0	58,7	58,6	0	51,6	51,2	0
R2	62,4	60,7	2	53,5	52,5	1	52,2	50,5	2
R3	52,7	50,0	3	51,8	48,5	3	47,4	44,1	3
R4	54,5	54,5	0	53,3	53,3	0	46,2	46,1	0

Local	Período Diurno			Período Entardecer			Período Noturno		
	$L_{Ar(RA)}$	$L_{Aeq(RR)}$	<i>Inc.</i>	$L_{Ar(RA)}$	$L_{Aeq(RR)}$	<i>Inc.</i>	$L_{Ar(RA)}$	$L_{Aeq(RR)}$	<i>Inc.</i>
R5	62,9	62,8	0	61,3	61,2	0	52,2	52,0	0
R6	59,0	59,0	0	57,9	57,9	0	48,8	48,7	0
R7	72,9	72,9	0	70,8	70,8	0	62,1	62,0	0
R8	59,8	59,4	0	58,0	57,9	0	47,7	47,7	0
Requisito	-	-	≤ 5	-	-	≤ 4	-	-	≤ 3

5. Conclusões

Os resultados e cálculos anteriormente apresentados permitem concluir que a ampliação das instalações da Gallo Vidro, apesar das lacunas de informação, terá um impacto negativo em todos os pontos avaliados, sendo mais relevante no ponto R3. Paralelamente e em consequência da desativação do forno 4 e construção do nono pavilhão abaixo da cota atual, o projeto terá um impacto positivo significativo no R1 e R6.

Relativamente ao critério de exposição máxima, após a implementação do projeto, os valores para o R7 (L_{den} e L_n) continuará acima do VLE, estando os restantes pontos em conformidade com os valores limites de exposição definidos. De referir, que a Gallo Vidro é corresponsável pela ultrapassagem do VLE aplicável, sendo esta, também atribuída às fontes rodoviárias. No que respeita ao critério de incomodidade, a Gallo Vidro cumprirá o requisito em todos os pontos avaliados e em todos os períodos (PD, PE e PN).

Dada a incerteza associada à técnica utilizada e estando em fase de projeto, deve junto dos fornecedores, procurar as melhores soluções de minimização do ruído. A solução passará pelo encapsulamento de máquinas, aumento do índice de absorção das paredes a construir e portas a colocar e instalação de atenuadores nos ventiladores de ar combustão e refrigeração e todas as saídas de ar.

6. Referências

- [1] - Baranek, L. L. - «Noise vibration and control», McGraw-Hill Book Company, 1971;
- [2] - CETUR - «Guide de bruit des transports terrestres – Prevision des niveaux sonores», 1980 ;
- [3] - European Commission Working Group Assessment of Exposure to Noise. - «Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production of Associated Data on Noise Exposure», 2006, 2.^a ed.;
- [4] - Harris, C. M. - «Manual de medidas acusticas y control del ruido», Ed. McGraw-Hill, 3.^a ed.;
- [5] - Agência Portuguesa do Ambiente – «Directrizes para elaboração de mapas de ruído»; Junho 2008;
- [6] – Agência Portuguesa do Ambiente – Nota técnica: «Recomendações para a selecção de métodos de cálculo a utilizar na previsão de níveis sonoros»;
- [7] - Agência Portuguesa do Ambiente – Nota técnica: «Directrizes para a elaboração de planos de monitorização de ruído de infra-estruturas rodoviárias e ferroviárias»;
- [8] - Agência Portuguesa do Ambiente – Nota técnica: «Técnicas de prevenção e controlo do ruído»;
- [9] - Agência Portuguesa do Ambiente – «Projecto-piloto de demonstração de mapas de ruído – escalas municipal e urbana», Maio 2004;
- [10] - Agência Portuguesa do Ambiente – «Manual Técnico para Elaboração de Planos Municipais de Redução de Ruído», Abril 2008;
- [11] - Martins da Silva, P. - «Ruído de tráfego rodoviário», LNEC, 1975;
- [12] – Alarcão, D.; Bento Coelho, J. L. - «Modelação de ruído de tráfego ferroviário», Acústica 2008, Coimbra, Portugal.
- [13] - IMMI 6.3. for Windows Help Topics;
- [14] - «Noise mapping with IMMI» - Reference Manual, Vols. 1 e 2 – Wölfel MeBsysteme, 2004.
- [15] - «IMMI – Revisions & Amendements» – Wölfel MeBsysteme, 2007.