



# **PLANOS DE AÇÃO**

## **DA**

# **REDE FERROVIÁRIA NACIONAL**

## **PLANO DE AÇÃO DA LINHA DO DOURO I**

**Maio 2020**

# PLANOS DE AÇÃO DA REDE FERROVIÁRIA NACIONAL

## PLANO DE AÇÃO DA LINHA DO DOURO I

### Equipa de trabalho principal:

**Alexandre M. Silva Pereira**, *Eng., DFA Eng. Acústica*

**António José Ferreira**, *DFA Eng. Acústica*

**Aline Ventura Nardi**, *Arq, MArq.*

**J. L. Bento Coelho** *Eng., MSc., PhD., IIAV Fellow (Coordenador)*

## CONTEÚDO

<b>RESUMO</b> .....	<b>4</b>
<b>1. ÂMBITO E OBJETIVOS</b> .....	<b>7</b>
<b>2. ENQUADRAMENTO LEGAL</b> .....	<b>9</b>
<b>3. O RUÍDO FERROVIÁRIO DA LINHA DO DOURO I</b> .....	<b>14</b>
<b>4. METODOLOGIA DO PLANO DE AÇÃO</b> .....	<b>19</b>
4.1. PRINCÍPIOS.....	19
4.2. METODOLOGIA GERAL.....	19
<b>5. ENVOLVENTE ACÚSTICA DA LINHA DO DOURO I</b> .....	<b>21</b>
5.1. ANÁLISE ACÚSTICA.....	21
5.2. MEDIDAS JÁ IMPLEMENTADAS E EM CURSO.....	23
5.3. MAPAS DE CONFLITO.....	23
<b>6. ZONAS DE INTERVENÇÃO</b> .....	<b>33</b>
<b>7. AÇÕES PARA GESTÃO E REDUÇÃO DO RUÍDO FERROVIÁRIO</b> .....	<b>34</b>
<b>8. TIPOLOGIA DAS SOLUÇÕES PROPOSTAS</b> .....	<b>38</b>
<b>9. REDUÇÃO DO RUÍDO: INTERVENÇÕES E MEDIDAS</b> .....	<b>39</b>
9.1 SOLUÇÕES TÉCNICAS.....	39
9.2 ANÁLISE DE EFICÁCIA.....	39
9.3 INFORMAÇÕES FINANCEIRAS.....	40
<b>10. PLANEAMENTO DAS AÇÕES</b> .....	<b>41</b>
10.1 HIERARQUIZAÇÃO TEMPORAL.....	41
10.2 AÇÃO ESTRATÉGICA A MÉDIO/LONGO PRAZO.....	42
10.3 MONITORIZAÇÃO DA IMPLEMENTAÇÃO DO PA.....	43
<b>11. QUADRO RESUMO</b> .....	<b>44</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	<b>45</b>

## Resumo

O Plano de Ação de Redução do Ruído Ferroviário (doravante denominado Plano de Ação - PA) referente à Linha do Douro I é elaborado pela entidade responsável, nomeadamente a INFRAESTRUTURAS DE PORTUGAL, SA, (IP), com o objetivo de dar cumprimento ao enquadramento legal que se impõe a esta entidade, no âmbito dos requisitos do Decreto-Lei n.º 146/2006 (DL146/2006), de 31 de Julho, que transpõe a Diretiva n.º 2002/49/CE do Parlamento Europeu e do Conselho relativa a gestão e avaliação de ruído ambiente, mais especificamente a elaboração de estudos no âmbito dos Mapas Estratégicos de Ruído (MER) e elaboração do correspondente PA para a área afetada pela Linha do Douro I. Este troço da Linha do Douro tem o seu início em Ermesinde e o seu término em Penafiel, com uma extensão aproximada de 30 km, existindo doze estações intermédias ao longo do traçado.

Esta infraestrutura apresenta um volume de tráfego ferroviário superior a 30 000 passagens de comboios por ano, sendo como tal considerada uma Grande Infraestrutura de Transporte Ferroviário (GIF) à luz do estipulado no artigo 3º do Regulamento Geral do Ruído (RGR), aprovado pelo Decreto-Lei n.º 9/2007 de 17 de Janeiro, retificado pela Declaração de Rectificação n.º 18/2007, de 16 de Março, e alterado pelo Decreto-Lei n.º 278/2007, de 1 de Agosto.

Este, no ponto 9 do seu Artigo 19.º estabelece ainda que “As grandes infra-estruturas de transporte ... ferroviário ... elaboram mapas estratégicos de ruído e planos de ação, nos termos do disposto no Decreto-Lei n.º 146/2006, de 31 de julho”.

Os objetivos do presente Plano são alcançados através de estratégias otimizadas para gestão, controlo e redução da exposição ao ruído das populações eventualmente afetadas pela exploração da Linha do Douro I. O presente PA destina-se assim a gerir os problemas e efeitos do ruído, gerados pela referida GIF, incluindo a redução do ruído, onde necessário.

O PA da Linha do Douro I foi desenvolvido na sequência da elaboração dos Mapas Estratégicos de Ruído (MER) daquela Linha.

A abordagem metodológica utilizada baseia-se na análise dos mapas de conflitos para os indicadores de ruído ambiente regulamentares  $L_{den}$  e  $L_n$  bem como para os limites de ruído legais vigentes, os quais têm em consideração a carta de classificação acústica do território municipal.

Numa análise detalhada dos mapas de conflito, verificou-se a não existência de edificado com uso sensível ao ruído exposto a níveis sonoros excessivos, ao longo de toda a extensão da envolvente da linha. Assim, no presente PA, não foram identificadas zonas em que se observem conflitos com os limites regulamentares.

A análise revela que não existe população residente exposto a níveis sonoros excessivos, nas condições atuais de exploração da Linha do Douro I.

Como tal, não se justifica a consideração de medidas de engenharia acústica com vista à redução dos níveis sonoros gerados pela circulação ferroviária na Linha do Douro I.

Não tendo sido identificada, no caso do presente PA, população residente exposta a valores superiores aos estipulados para os indicadores de ruído ambiente regulamentares  $L_{den}$  e  $L_n$  este constitui-se principalmente como um instrumento de vigilância e monitorização da situação de ruído existente.

Deste modo, recomenda-se a adoção de um conjunto de ações a desenvolver junto ao público, de modo a promover a *goodwill*. Estas ações comunicacionais podem incluir (i) a comunicação direta com o público em geral, não só para informar sobre intervenções na via relevantes para gestão e controlo ruído, mas também para gerir eventuais queixas e reclamações sobre o ruído, e (ii) a manutenção da circulação de informação entre os vários *stakeholders* (operadores, câmaras, público).

As ações comunicacionais, de sensibilização e de participação pública destinam-se não só a gerir as emissões sonoras, mas igualmente a perceção do ruído pelas populações equacionada com as vantagens da vizinhança de uma infraestrutura de mobilidade de elevado valor para a vivência quotidiana.

Assim, no período de cinco anos, após a aprovação do PA, será iniciado e mantido, de forma continuada, um conjunto de ações de sensibilização e informação sobre o ruído para a comunidade em geral.

Estas implicam uma real e eficaz circulação de Informação entre os vários stakeholders (Gestor de infraestrutura, Operadores, Câmaras, Tutela), bem como o desenvolvimento de plataformas de informação ao público e à comunidade técnica sobre ruído ferroviário e das ações para o seu combate e gestão.

Finalmente, nos dois anos finais de vigência do PA, será realizada o próximo diagnóstico, através da execução do MER atualizado.

As zonas de vizinhan da Linha do Douro I exibem em parte da sua extens uma concorrência com outras fontes sonoras, mais especificamente a circula rodoviária. No entanto e de uma maneira geral, o ruído ambiente global na envolvente da Linha do Douro  determinado pelo ruído de tráfego ferroviário.

O objetivo do presente PA constitui-se num diagnóstico e plano de gest da contribui ferroviária para o ruído global. A estima do número de pessoas expostas a tal contribui, a efetuar no âmbito dos MER do próximo ciclo, permitirá reavaliar e atualizar a estado da situa.

## 1. Âmbito e Objetivos

O Plano de Ação de Redução do Ruído Ferroviário (doravante denominado Plano de Ação - PA) referente à Linha do Douro I é elaborado pela entidade responsável, nomeadamente as INFRAESTRUTURAS DE PORTUGAL, SA, (IP), com o objetivo de dar cumprimento ao enquadramento legal que se impõe a esta entidade, no âmbito dos requisitos do Decreto-Lei n.º 146/2006 (DL146/2006) de 31 de Julho que transpõe a Diretiva n.º 2002/49/CE do Parlamento Europeu e do Conselho relativa a gestão e avaliação de ruído ambiente, mais especificamente a elaboração de estudos no âmbito dos Mapas Estratégicos de Ruído (MER) e a elaboração do correspondente PA para as áreas territoriais expostas ao ruído gerado pelo tráfego ferroviário da Linha do Douro I.

O PA da Linha do Douro I é desenvolvido na sequência da elaboração dos Mapas Estratégicos de Ruído (MER) daquela Linha.

A elaboração de um Plano de Ação (PA) de uma Grande Infraestrutura de Transporte Ferroviário (GIF) é um trabalho complexo, envolvendo diversas tarefas especializadas da área de engenharia acústica, tais como estudo, especificação e otimização de medidas de controlo e de redução do ruído, modelação e simulação de cenários alternativos e/ou complementares, bem como análise de benefícios.

Os objetivos de um Plano são alcançados, então, através de estratégias otimizadas para gestão, minimização e/ou compensação da exposição ao ruído das populações eventualmente afetadas pela exploração da Linha do Douro I.

O Anexo V do Decreto-Lei n.º 146/2006 especifica os requisitos mínimos que deverão enformar estes planos, nomeadamente:

- “Uma (...) identificação de problemas e situações que necessitem de ser corrigidas;
- Eventuais medidas de redução do ruído já em vigor e projetos em curso;
- Estratégia a longo prazo;
- Informações financeiras (se disponíveis): orçamentos, avaliação custo-eficácia, avaliação custo-benefício;
- Medidas previstas para avaliar a implementação e os resultados do plano de ação”.

Neste contexto, o PA contempla diversas fases de trabalho objetivadas para:

1. Estudo analítico do MER da linha ferroviária em questão;
2. Integra o de medidas de minora o de ruído entretanto implementadas na infraestrutura;
3. Avalia o das zonas de conflito, face às disposi es legais vigentes e tendo em conta a classifica o acústica do território, fornecida pelas Câmaras Municipais cujo território   percorrido pela GIF;
4. Defini o das zonas de incidência do PA;
5. Estabelecimento de benefícios objetivos de interven o;
6. Defini o de solu es, procedimentos e estratégicas t picas e aplicáveis;
7. Estimativa orçamental das medidas propostas;
8. Estudo de benefícios e otimiza o de interven es por métodos interativos;
9. Plano de interven o com hierarquiza o e faseamento das a es, contemplando a visão a longo prazo;
10. Monitoriza o da implementa o do PA.

O presente PA vigora para o período 2020-2025.

## 2. Enquadramento Legal

Os trabalhos para a elaboração do PA da Linha do Douro I seguiram os critérios constantes da legislação sobre ruído ambiente aplicável, em particular o Regulamento Geral do Ruído (RGR), aprovado pelo Decreto-Lei n.º 9/2007 de 17 de Janeiro, retificado pela Declaração de Retificação n.º 18/2007, de 16 de Março e alterado pelo Decreto-Lei n.º 278/2007, de 1 de Agosto, o qual remete para o Decreto-Lei n.º 146/2006 de 31 de Julho (DL146/2006), que transpõe para a ordem jurídica interna a Diretiva n.º 2002/49/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 25 de Junho, relativa à avaliação e gestão do ruído ambiente. O Decreto-Lei n.º 146/2006 foi alterado no seu Anexo II pelo Decreto-Lei n.º 136-A/2019, de 6 de setembro, o qual transpõe para a ordem jurídica interna a Diretiva (UE) 2015/996, da Comissão, de 19 de maio de 2015.

O RGR tem por objeto a prevenção do ruído e o controlo da poluição sonora, tendo em vista a salvaguarda da saúde e do bem-estar das populações. Os seus princípios incidem, essencialmente, sobre as fases de planeamento e de ordenamento do território, mas são também objetivados como critérios de correção e redução de ruído.

Em termos de ruído ambiente, o RGR define no seu Artigo 3.º três períodos de referência: o diurno, entre as 7h00 e as 20h00, o entardecer, entre as 20h00 e as 23h00, e o noturno, entre as 23h00 e as 7h00. Como os níveis sonoros são normalmente expressos pelo índice  $L_{Aeq}$ , nível sonoro contínuo equivalente, correspondente à sensação com que efetivamente o ser humano percebe o fenómeno sonoro, os indicadores de ruído ambiente para aqueles períodos são designados, respetivamente, por  $L_d$ ,  $L_e$  e  $L_n$ . Em consonância com as disposições europeias, a alínea j) do artigo 3º do RGR define ainda o indicador  $L_{den}$  como uma média ponderada de  $L_d$ ,  $L_e$  e  $L_n$  com penalizações para os períodos de entardecer e noturno:

$$L_{den} = 10 \times \log \frac{1}{24} \left[ 13 \times 10^{\frac{L_d}{10}} + 3 \times 10^{\frac{L_e+5}{10}} + 8 \times 10^{\frac{L_n+10}{10}} \right]$$

As infraestruturas de transporte são genericamente contempladas no seu Artigo 19.º, “Infra-estruturas de transporte”, o qual estabelece, no seu ponto 1, que “As infra-estruturas de transporte, novas ou em exploração à data da entrada em vigor do presente Regulamento, estão sujeitas aos valores limite fixados

no artigo 11.º”. Este artigo, “Valores limite de exposição”, define no seu n.º 1 o seguinte o critério para os valores limites de exposição:

- a) *As zonas mistas não devem ficar expostas a ruído ambiente exterior superior a 65 dB(A), expresso pelo indicador  $L_{den}$ , e superior a 55 dB(A), expresso pelo indicador  $L_n$ ;*
- b) *As zonas sensíveis não devem ficar expostas a ruído ambiente exterior superior a 55 dB(A), expresso pelo indicador  $L_{den}$ , e superior a 45 dB(A), expresso pelo indicador  $L_n$ ;*
- c) *As zonas sensíveis em cuja proximidade exista em exploração, à data da entrada em vigor do presente Regulamento, uma grande infraestrutura de transporte não devem ficar expostas a ruído ambiente exterior superior a 65 dB(A), expresso pelo indicador  $L_{den}$ , e superior a 55 dB(A), expresso pelo indicador  $L_n$ .*

O ponto 3 deste artigo, estabelece que “até à classificação das zonas sensíveis e mistas ..., para efeitos de verificação do valor limite de exposição, aplicam-se aos recetores sensíveis os valores limite de  $L_{den}$  igual ou inferior a 63 dB(A) e  $L_n$  igual ou inferior a 53 dB(A)”.

A delimitação das áreas do território com a atribuição da classificação de zonas sensíveis e mistas é endossada à competência das câmaras municipais, cujo território é percorrido pela GIF, devendo tais zonas ser inscritas, delimitadas e disciplinadas no respetivo Plano Municipal de Ordenamento do Território (PMOT).

No Artigo 3.º, é definido:

**“zona sensível”** como “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”;*

*“**zona mista**” como “a 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”.*

O ponto 9 do Artigo 19.º estabelece que “As grandes infra-estruturas de transporte ... ferroviário ... elaboram Mapas Estratégicos de Ruído (MER) e Planos de Acção (PA), nos termos do disposto no Decreto-Lei n.º 146/2006, de 31 de julho”. No Artigo 3.º, é definida “Grande infra-estrutura de transporte ferroviário” o troço ou conjunto de troços de uma via-férrea regional, nacional ou internacional identificada como tal pelo Instituto da Mobilidade e dos Transportes, onde se verifique mais de 30 000 passagens de comboios por ano. Ora, tal é o caso da Linha do Douro I o que remete para as disposições do Decreto-Lei n.º 146/2006.

O Decreto-Lei n.º 146/2006, publicado em 31 de Julho de 2006, transpõe para a ordem jurídica interna a Diretiva n.º 2002/49/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 25 de Junho, relativa à avaliação e gestão do ruído ambiente, alterado no seu Anexo II pelo Decreto-Lei nº 136-A/2019, de 6 de Setembro, que transpõe para a ordem jurídica interna a Diretiva (UE) n.º 2015/996, da Comissão de 19 de Maio de 2015:

O Decreto-Lei n.º 146/2006 determina no seu artigo 1.º:

- a) *“a elaboração de mapas estratégicos de ruído que permitam quantificar a exposição ao ruído ambiente exterior, com base em métodos de avaliação harmonizados ao nível da União Europeia”.*
- b) *“a prestação de informação ao público sobre o ruído exterior e seus efeitos”.*
- c) *“a aprovação de planos de ação baseados nos mapas estratégicos de ruído a fim de prevenir e reduzir o ruído”.*

*ambiente sempre que necessário e em especial quando os níveis de exposição sejam suscetíveis de provocar efeitos prejudiciais para a saúde humana e de preservar a qualidade do ambiente acústico”.*

O âmbito de aplicação do DL146/2006 é definido no seu artigo 2.º como sendo “*aplicável ao ruído ambiente a que os seres humanos se encontram expostos em zonas que incluam usos habitacionais, escolares, hospitalares ou similares, espaços de lazer, em zonas tranquilas de uma aglomeração, em zonas tranquilas em campo aberto e noutras zonas cujo uso seja sensível ao ruído e que seja produzido nas aglomerações ou por grandes infraestruturas de transporte rodoviário, ferroviário ou aéreo”.*

Este Decreto-Lei determina então que, na sequência da elaboração dos MER, têm as entidades gestoras ou concessionárias das infraestruturas de transporte visadas de desenvolver Planos de Ação destinados a gerir os problemas e efeitos do ruído e a reduzir os níveis de ruído nas áreas respetivas onde tal seja necessário.

O DL 146/2006 mais estabelece no seu artigo 11.º que “os planos de acção são reavaliados e alterados de cinco em cinco anos a contar da data da sua elaboração” (ponto 1), ou “sempre que se verifique uma alteração significativa relativamente a fontes sonoras ... com efeitos no ruído ambiente” (ponto 2).

Este quadro legal, tanto na sua componente nacional como na europeia, estabelece estratégias claras e definidas no sentido da proteção e da melhoria da qualidade do ambiente sonoro exterior.

Estas estratégias passam pelo mapeamento de ruído e pela elaboração dos planos de ação e de redução de ruído como instrumentos importantes para, tendencialmente, reduzir o ruído nos aglomerados populacionais e junto às grandes infraestruturas de transportes e desta forma, reduzir a incomodidade das populações e melhorar a qualidade de vida dos cidadãos.

O atual enquadramento legal em vigor, nacional e europeu, considera a cartografia de ruído como forma privilegiada de diagnóstico para a avalia o da incomodidade das popula es ao ruído e como um instrumento fundamental para a defini o e elabora o dos planos de a o e de redu o de ruído.

  neste enquadramento que foi elaborado o presente Plano de A o da Linha do Douro I.

### 3. O ruído ferroviário da Linha do Douro I

O ruído produzido pela circulação das composições ferroviárias constitui um dos desafios ambientais que a IP enfrenta. Esta empresa, resultante da fusão da REFER com as Estradas de Portugal, gere toda a infraestrutura de transporte terrestre (estradas e caminhos de ferro) em Portugal.

No âmbito europeu, o *Livro Branco da Comissão Europeia - Roteiro do espaço único europeu dos transportes* (2011), estipulou objetivos de sustentabilidade que implicam a minoração do impacte ambiental das operações ferroviárias. Esta inclui não só a emissão de gases de estufa e o consumo de energia, mas também o ruído emitido. A minoração destes impactes é crucial para manter a favorável posição ambiental do modo de transporte ferroviário – e como tal promover a sua maior utilização a nível europeu.

A gestão do ruído das GIF sob gestão da IP, quer através da elaboração dos MER, quer através de ações mitigadoras preconizadas nos subseqüentes PA é assim um desafio incontornável para esta empresa.

Esta GIF serve zonas urbanas atravessando, também, zonas florestais, rurais e industriais. Nas zonas urbanas, a grande concentração de atividades sociais, económicas e de meios de transporte torna estes territórios como espaços de vivência onde a preservação do ambiente se revela particularmente delicada. Esta situação tem-se agravado nos últimos dois séculos, sobretudo na era pós-revolução industrial.

O ruído de origem mecânica torna-se omnipresente, como resultado quer dos meios de transporte quer de equipamentos coletivos ou pessoais que fazem parte das atividades profissionais, de lazer ou, mesmo, da vivência normal. O cidadão tem-se tornado, crescentemente, mais consciente do ruído que o rodeia nas suas atividades e vivências quotidianas. Aqui, o ruído dos transportes, nomeadamente ferroviário, revela-se determinante. As exigências de qualidade de vida requerem das autoridades locais uma vigilância apertada do ruído nos espaços habitados.

No entanto, a ferrovia foi, historicamente, a primeira infraestrutura de transporte mais ou menos massificado a ser implantada no território nacional. De facto, as grandes construções de vias férreas iniciaram-se mundialmente nos meados do Séc. XIX e apesar dos avultados investimentos requeridos, Portugal não foi alheio a esta revolução no transporte terrestre. A partir do final do Séc. XIX, com a entrada ao serviço das várias vias férreas em território nacional (a Linha do Douro I entra em exploração, na sua forma final, em 1887), rapidamente estes eixos se tornaram estruturantes do território. Novas

áreas se expandiram a partir das zonas das estações (devido à maior mobilidade e acesso), consolidando-se um contínuo urbanístico em redor dos eixos ferroviários.

Isto implica que a via-férrea, como componente modificadora da paisagem sonora, faça parte de uma longa memória das populações. Se bem que se tenha registado alguma hostilidade no início (especialmente por questões de intrusão visual e paisagística), a assinatura sonora da via-férrea está definitivamente ancorada na memória das populações quer as que habitam na proximidade quer do público em geral.

Tal facto é corroborado pelos vários estudos sobre a relação dose-resposta entre o ruído gerado por meios de transporte e a incomodidade das populações nos quais é realçado o facto do ruído de tráfego ferroviário ser considerado como menos incómodo em relação ao ruído gerado por outros meios de transporte, como se pode observar na figura 1 (Ferreira, A., Bento Coelho, J. L. 2009, a partir de Miedema 2001).

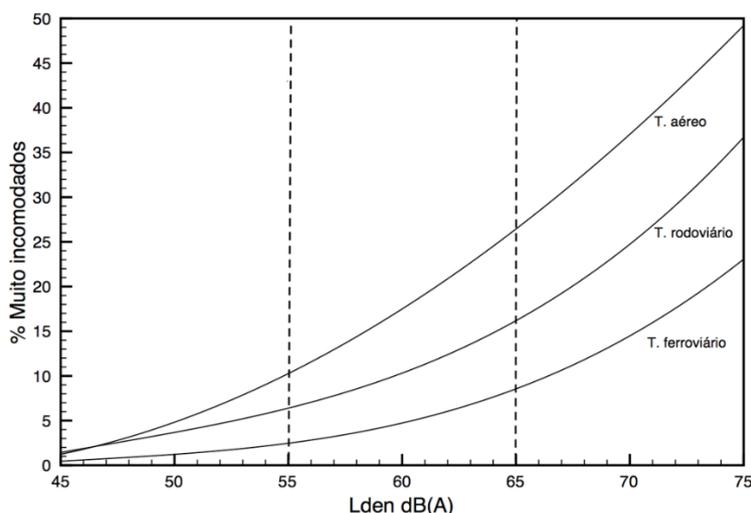


Figura 1. Percentagem de indivíduos “muito incomodados” para ruído de tráfego aéreo, rodoviário e ferroviário.

Embora estudos recentes apontem para a supressão deste “bonus” (em termos de ruído ferroviário) em determinadas condições específicas (alta intensidade de tráfego/percentagem de comboios de mercadorias), um estudo recente com base em inquéritos realizado pela SNCF (2018), atribui ao tráfego ferroviário 8% da incomodidade total devida ao ruído de transportes – em contraste com 67% para as rodovias e 14% para o tráfego aéreo.

A ferrovia é, apesar de tudo, considerada como um modo de transporte seguro, confortável e ecologicamente mais sustentável (menor consumo de energia e menor emissão de gases de estufa). No entanto, os problemas de ruído persistem e têm sido alvo de ações mitigadoras e de controlo e redução de ruído. A adoção destas não deverá colocar em causa a competitividade do transporte ferroviário, correndo-se o risco de anular os benefícios desta modalidade de transporte.

É todo este contexto que enforma o presente PA de Redução de Ruído para a GIF Linha do Douro I.

Este troço da Linha do Douro tem o seu início em Ermesinde, ao pk 9+200, e o seu término em Penafiel, aproximadamente ao pk 38+000, com uma extensão aproximada de 30 km, existindo doze estações intermédias ao longo do traçado. Neste troço, a via é uma linha em via dupla (bitola larga), resultante de ação de modernização, iniciada em 1990. O troço entre Ermesinde e o pk 9+200 da Linha do Douro I, encontra-se incorporado no PA da Linha do Minho II.

Na figura 2, podemos observar os tipos de comboios de passageiros que circulam atualmente nesta linha.



*Figura 2. Comboio UME 3400 (esq.) e unidade diesel/elétrica UTD 592 (dir.) - (fonte: google maps).*

O número médio de passagens por ano é de 30 000 comboios por ano. Este valor traduz-se em aproximadamente 82 comboios por dia nos dois sentidos de circulação. O valor do tráfego médio anual coloca a Linha do Douro I na categoria de Grande Infraestrutura de Transporte Ferroviário segundo a definição do artigo 3.º “Definições” do Decreto-Lei n.º 146/2006.

Na Linha do Douro I, circulam dois tipos de comboios de passageiros, além de comboios de mercadorias (produtos agroindustriais, cimento, areia e contentores). O material circulante dedicado ao serviço de passageiros consiste, predominantemente, nas UME 3400, do serviço suburbano do operador CP, que efetuam as ligações entre o Porto São Bento e Marco de Canaveses.

A tabela 1 resume algumas das características deste material circulante de passageiros.

*Tabela 1. Características do material circulante de passageiros na Linha do Douro I.*

Material circulante	Veículo	V max (km/h)	Nº bogies	Nº rodados	Tipo de freio
Série 3400 (urbano)	Automotora elétrica (UME)	140	8	16	100% Discos

Além destas composições, circulam na Linha do Douro I as UTD 592 do operador CP (em regime de aluguer à RENFE), unidades triplas *diesel* que efetuam o serviço regional Porto – Régua/Pocinho e as composições de mercadorias do operador Takargo (locomotivas diesel/elétricas da série 6000-Stadler), bem como as locomotivas elétricas das séries 5600 e 4700 do operador Medway (antiga CP Carga).

As composições do tipo UME 3400, representam cerca 76% do tráfego anual total da Linha do Douro I, enquanto as composições UTD 592 representam cerca de 19% do tráfego anual total. As operações de carga representam cerca de 4% do tráfego anual total.

Em conclusão, no tráfego ferroviário total que circula na Linha do Douro I predominam as composições da série UME 3400.

No caso do ruído ferroviário, a fonte de ruído cuja contribuição normalmente se prefigura mais relevante é constituída pelo sistema de rolamento. O ruído de rolamento tem origem na interação do sistema roda-carril, devido às rugosidades (corrugação) criadas nas superfícies de contacto entre o rasto da(s) roda(s) e a cabeça do carril, sendo que a energia das vibrações geradas é, em boa parte, transmitida ao meio ambiente circundante sob a forma de re-radiação das ondas sonoras (ruído aéreo).

As características de vibração/oscilação do próprio carril também são determinantes para o nível de ruído total. A importância da contribuição do carril para o ruído total depende ainda da rigidez/resiliência dos sistemas de fixação do carril/travessa e das características do solo.

Em curvas do traçado com curvatura mais apertada (raio < 200 m), a interação do sistema roda-carril pode gerar ruído com acentuadas características tonais (entre 250 Hz e 5 kHz) designado como “*curve noise squeal*”.

A intensidade do ruído de rolamento depende da velocidade da composição ferroviária, sendo que um aumento para o dobro da velocidade corresponde a um acréscimo de cerca de 8-10 dB(A) do ruído de rolamento. Esta é a fonte de ruído dominante para velocidades entre 40 km/h e cerca de 250 km/h. A baixas velocidades (< 40 km/h) predominam outras fontes (tais como o ruído do sistema de tração térmica ou de sistemas de arrefecimento nas motorizações elétricas) e a velocidades superiores a 250 km/h predomina o ruído de origem aerodinâmica.

Note-se que nas linhas férreas geridas pela IP, a velocidade máxima permitida é de 220 km/h pelo que o ruído de origem aerodinâmica não se considera preponderante ou mesmo relevante. No presente PA da Linha do Douro I, os patamares de velocidade de circulação situam-se entre os 60 km/h e os 110 km/h.

Os vários componentes do sistema roda-carril apresentam contribuições relativamente distintas para o ruído de rolamento total:

- Até cerca de 120 km/h, o carril é ligeiramente mais preponderante (+ 2 dB) em relação à roda, diminuindo de importância até esta velocidade; aqui a contribuição das emissões sonoras da roda e carril é mais ou menos equivalente;
- para velocidades superiores a 120 km/h a emissão sonora da roda torna-se ligeiramente mais preponderante (+2 dB).
- A energia de vibração das rodas concentra-se nas frequências superiores a 1500 Hz; a energia da emissão sonora do carril distribui-se por uma banda larga de frequências entre 250-1250 Hz enquanto as travessas contribuem com emissões sonoras em frequências inferiores a 400 Hz. A intensidade de vibração das travessas depende principalmente do grau de isolamento oferecido pelas palmilhas, o qual é fator direto da rigidez vertical das mesmas.

A totalidade das emissões sonoras resultantes das várias fontes acima mencionadas constituem o ruído devido à circulação ferroviária na Linha do Douro I. A consideração destes mecanismos é importante no sentido da otimização de eventuais intervenções para redução do ruído.

## 4. Metodologia do Plano de Ação

### 4.1. Princípios

Os Planos de Ação destinam-se, segundo a legislação aplicável, a definir ações e medidas de minimização e gestão de ruído no sentido de melhorar a qualidade do ambiente sonoro e de repor, tanto quanto possível e/ou razoável, os níveis vigentes de ruído ambiente dentro de limites estipulados. Estes limites referem-se, na legislação nacional, a zonas sensíveis ou mistas, e consideram os distintos períodos de referência: diurno (entre as 7h00 e as 20h00), entardecer (entre as 20h00 e as 23h00) e noturno (entre as 23h00 e as 7h00).

O PA da Linha do Douro I tem por objetivo estabelecer um programa de atuação com vista à redução, controlo e gestão do ruído de origem ferroviária eliminando, tanto quanto possível, conflitos com valores limite e ser conducente a uma melhoria geral do ambiente sonoro na área envolvente da GIF. Assim, o presente PA estabelece uma metodologia de intervenção faseada, com base nas tipologias de medidas de controlo de ruído e na análise de benefícios e de viabilidade técnica, operacional e económica. O faseamento é ditado tanto pelos benefícios a colher, como pela viabilidade prática da implementação.

Tal envolve (i) a análise de zonas, onde se verificam níveis sonoros excessivos em conflito com os valores limite estipulados na legislação aplicada sobre ruído ambiente, bem como a apreciação e a hierarquização de intervenções, (ii) a consideração de distintas tipologias de medidas de minimização de ruído, o estudo da sua viabilidade e correspondente eficácia e (iii) o faseamento das diversas ações preconizadas.

### 4.2. Metodologia geral

O presente PA resulta da avaliação da situação acústica na envolvente da Linha do Douro I (faixa lateral de 300 m de ambos os lados em relação ao eixo da via) patente nos mapas de ruído elaborados e da confrontação com os valores limite dos níveis sonoros expressos para aquele território (classificação acústica dos municípios em zonas sensíveis e mistas) bem como dos critérios de qualidade atualmente aceites a nível internacional e das boas práticas seguidas.

O MER da Linha do Douro I para os indicadores de ruído ambiente  $L_{den}$  e  $L_n$ , mostra as áreas geográficas expostas ao ruído ambiente, caracterizado em intervalos de níveis sonoros (normalizados de 5 em 5 dB(A)), delimitadas pelas diferentes curvas isofónicas.

Foram elaborados os mapas de conflitos para toda a envolvente da Linha, considerando as emissões sonoras incidentes e os valores limite correspondentes a cada zona patente na carta de classificação acústica do território e/ou disposições legais aplicáveis.

O grau de conflito é codificado segundo os intervalos de 0 a 3 dB, de 3 a 5 dB e acima de 5 dB.

As zonas que apresentam valores de conflito até 3 dB são consideradas como de vigilância, tendo em conta as incertezas associadas a todo o processo de avaliação, quer experimental quer de cálculo, que pode assumir valores desta ordem de grandeza. Tais valores poderão, contudo, indiciar desvios marginais que devem ser vigiados para não aumentarem. Não justificam, no entanto, qualquer ação.

Para valores de desvio (conflito com valor limite legal) superiores, são estudadas e desenvolvidas estratégias e medidas de controlo e redução de ruído.

As medidas de redução de ruído são selecionadas utilizando os critérios de eficácia técnica e de razoável custo associado, seguindo as boas práticas de Engenharia Acústica, no sentido de reduzir a extensão das curvas isofónicas e, como tal, a exposição das populações ao ruído. As medidas são desenhadas no sentido de não interferir com a funcionalidade do funcionamento da infraestrutura ferroviária e tem em conta a diversidade de *stakeholders* envolvidos (Gestor da Infraestrutura, Operadores/Concessionários, Municípios, Tutela).

## 5. Envoltente acústica da Linha do Douro I

### 5.1. Análise acústica

As áreas envolventes da Linha do Douro I, entre Ermesinde e Penafiel, podem ser classificadas como (i) áreas com características urbanas/suburbanas, as quais apresentam densidades de ocupação variável e (ii) áreas com características rurais/florestais.

No entanto, a envolvente da linha apresenta uma certa homogeneidade na distribuição da ocupação do solo. Assim, podemos considerar a envolvente do troço como uma única grande zona, em que as áreas tipicamente rurais ou sem uma ocupação específica estão intercaladas por manchas urbanizadas de pequena e média dimensão (núcleos de habitação e serviços). Grande parte das construções correspondem a habitações unifamiliares ou prédios de habitação de altura variável, situando-se, por vezes, na envolvente próxima da linha-férrea, como se pode observar na figura 3. Ao longo do troço da linha, não existem barreiras acústicas implementadas.

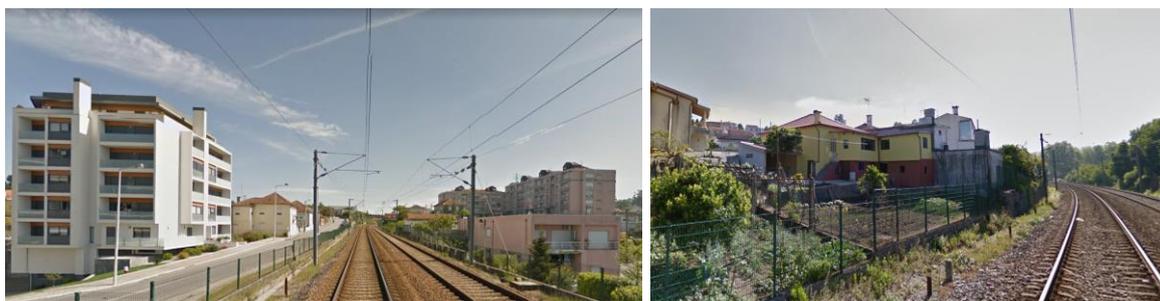


Figura 3. Ocupação do solo na envolvente da Linha do Douro I: em Paredes (esq.) e em Recarei-Sobreira (dir.) - (fonte: google maps).

Da análise do MER para este troço da Linha do Douro, pode-se observar que a isófona do indicador  $L_{den}$  (superior a 65 dB(A)) se encontra confinada num corredor envolvente da linha-férrea bastante estreito, com uma largura que não ultrapassa os 10 m do eixo da via. Encontramos idêntico resultado para a isófona correspondente ao indicador  $L_n$  (superior a 55 dB(A)).

Como consequência e em toda a extensão da linha, não se registam casas e edifícios com uso sensível no interior das áreas delimitadas pelas referidas curvas isofónicas.

Tal pode ser explicado pelo volume de tráfego relativamente pouco intenso que circula na linha e, principalmente, pelas características dos veículos ferroviários que circulam neste troço. De facto, o material circulante UME 3400, predominante nesta linha e em serviço desde 2002 na Área Metropolitana do Porto, é considerado como “referência” em termos de emissões de ruído aéreo, na medida em que

exibe valores de níveis sonoros bastante reduzidos, quando comparados com os níveis gerados pelo restante material circulante da ferrovia nacional.

Esta situação deve-se a determinadas características das UME 3400, tais como as rodas serem equipadas com elementos amortecedores, a existência de saias envolvendo equipamento de tração e, especialmente, um sistema de frenagem integralmente efetuada por discos (o qual não atua na mesa de rolamento da roda). Estes fatores contribuem para uma menor emissão sonora deste material circulante, nomeadamente no que respeita ao ruído de rolamento.

Tal facto é apresentado no gráfico da figura 4, o qual ilustra a diversidade do material circulante atual, em termos de emissões de ruído aéreo, sendo possível observar dois grupos com magnitudes distintas em relação à “referência” UME 3400. Os acréscimos nos níveis sonoros, emitidos pelas diversas composições que circulam na ferrovia nacional, correlacionam-se com características específicas do material circulante, nomeadamente o sistema de frenagem (discos vs. cepos).

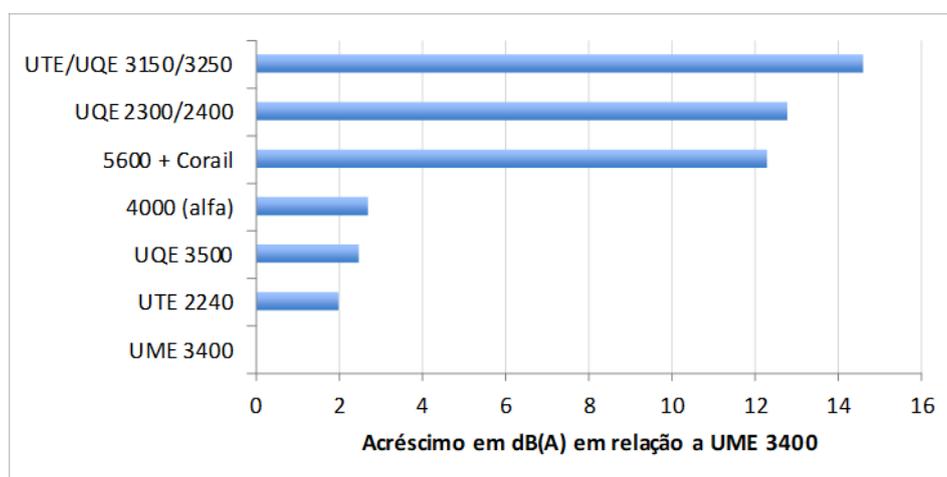


Figura 4. Gráfico ilustrativo dos acréscimos relativos, em termos de emissão de ruído aéreo, do material circulante de passageiros.

Saliente-se que a envolvente da Linha do Douro I se encontra exposta ao ruído de tráfego rodoviário, proveniente de vias rodoviárias com traçados próximos à linha, nomeadamente: i) o atravessamento da A4 (próximo de Suzão e de Paredes) e ii) o desenvolvimento da EN341 (entre Sobreira e Cête). No entanto e de uma maneira geral, o ruído ambiente global na envolvente da Linha do Douro é determinado pelo ruído de tráfego ferroviário.

## 5.2. Medidas já implementadas e em curso

As informações recolhidas para esta linha não permitiram identificar intervenções que se afigurem como medidas com implicações nas emissões sonoras geradas pelo tráfego ferroviário total.

## 5.3. Mapas de conflito

Foi solicitada às Câmaras Municipais, cuja área territorial é percorrida pela GIF, informação relativa ao zonamento acústico do Município sob a sua responsabilidade, o que corresponde à classificação do território pela(s) autarquia(s) em função da sua sensibilidade ao ruído – zonas sensíveis ou zonas mistas ou, objetivamente, sem classificação acústica, na determinação regulamentar.

A tabela 2 resume a informação recolhida e utilizada, de acordo com os dados disponibilizados pelas várias Câmaras.

*Tabela 2. Classificação acústica da zona envolvente.*

<b>Câmara Municipal</b>	<b>Classificação acústica envolvente da Linha</b>	<b><math>L_{den}</math> dB(A) valor limite</b>	<b><math>L_n</math> dB(A) valor limite</b>
VALONGO	Zona Mista / Zona Sensível / Zona não Classificada	65 / 55 / 63	55 / 45 / 53
PAREDES	Zona Mista / Zona Sensível / Zona não Classificada	65 / 55 / 63	55 / 45 / 53
PENAFIEL	Zona não Classificada	63	53

Esta informação foi cruzada com a área geográfica da envolvente da Linha do Douro I, de modo a obter-se a informação relevante para o cálculo do respetivo mapa de conflitos. Foi, ainda, tido em conta que, tratando-se de uma grande infraestrutura de transportes, qualquer que seja a classificação atribuída pelo município, os limites estabelecidos no RGR apontam para valores limite de 65 dB(A) para o indicador de ruído ambiente  $L_{den}$  e 55 dB(A) para o indicador  $L_n$  como valores limite para as áreas vizinhas (entendida como uma vizinhança de 100 m) desta linha ferroviária.

A partir do MER da Linha do Douro I procedeu-se à elaboração dos mapas de conflitos associados à classificação acústica territorial com base nas zonas sensíveis e mistas. Os mapas de conflitos permitem

uma análise e quantificação cuidada dos desvios em relação aos limites legais e a elaboração de estratégias e intervenções com vista à sua minimização.

Os mapas de conflitos, para ambos os indicadores  $L_{den}$  e  $L_n$ , são apresentados nas figuras 5 a 12. O código de cores utilizado em todas as figuras reflete a divisão entre os vários graus de conflito: 0 a 3 dB, 3 a 5 dB e superiores a 5 dB, providenciando uma visão global da hierarquização das intervenções.

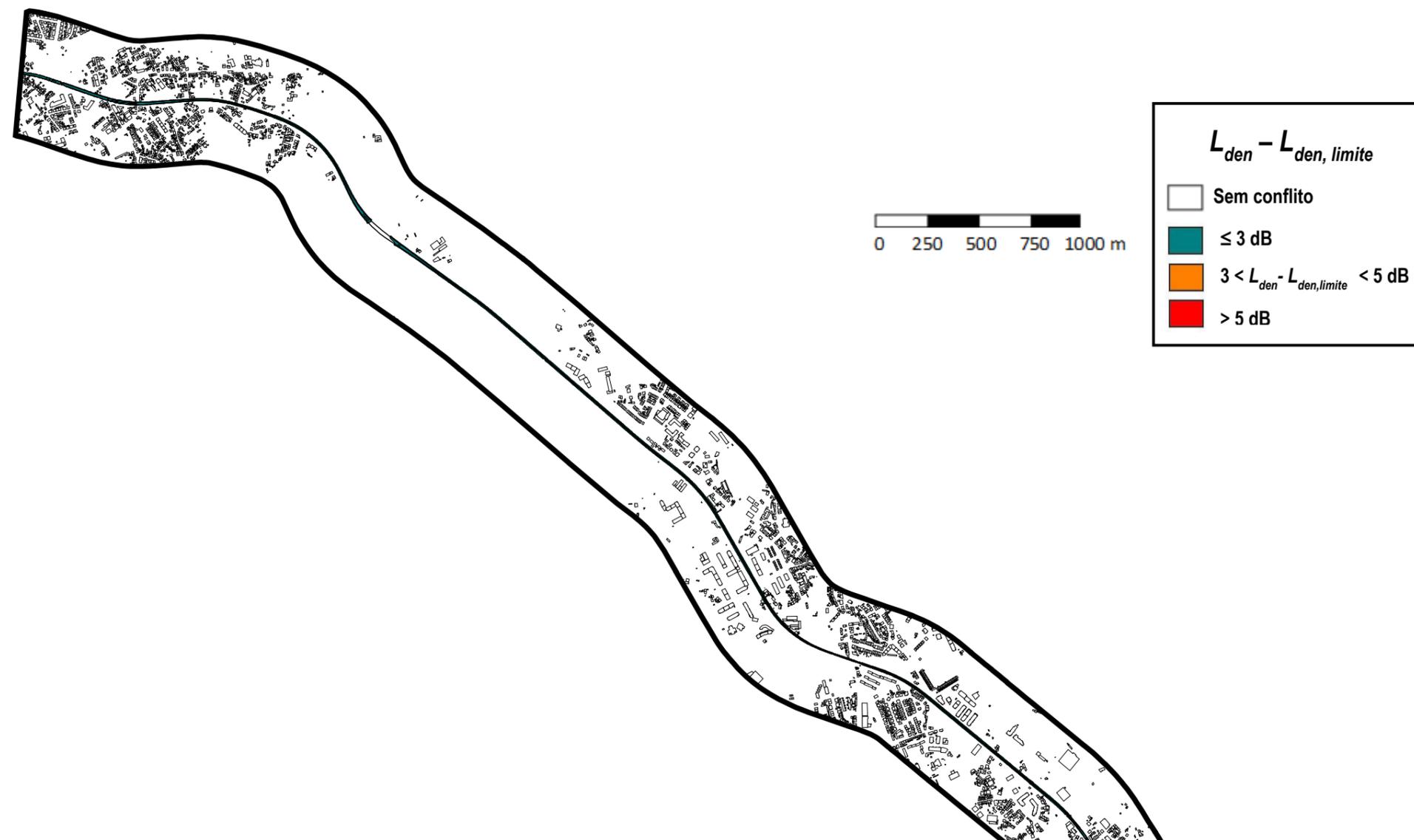


Figura 5. Mapa de Conflitos baseado nos MER da Linha do Douro I (Ermesinde -Valongo) e na classificação acústica territorial - Indicador  $L_{den}$

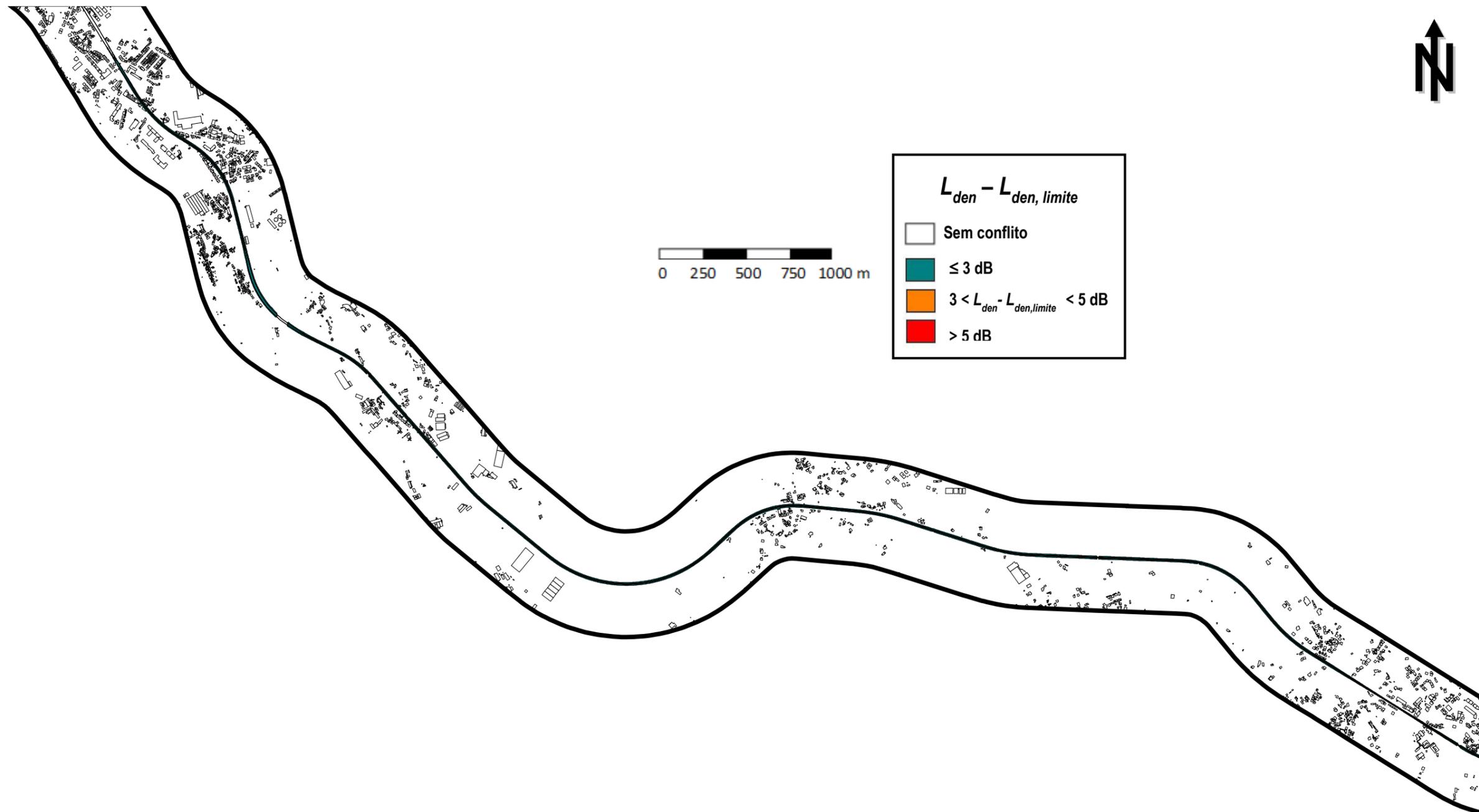


Figura 6. Mapa de Conflitos baseado nos MER da Linha do Douro I (Valongo - Recarei/Sobreira) e na classificação acústica territorial - Indicador  $L_{den}$

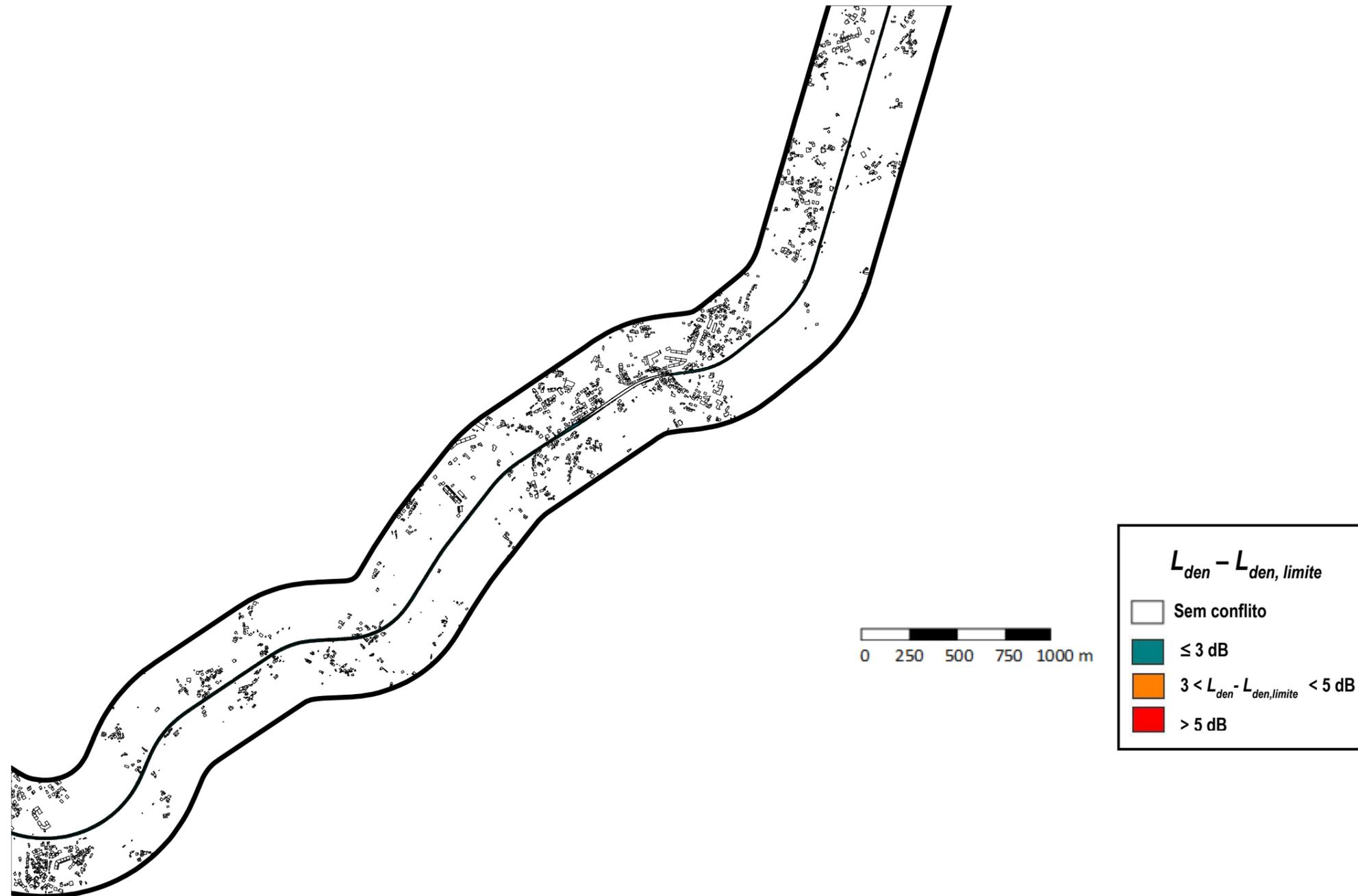


Figura 7. Mapa de Conflitos baseado nos MER da Linha do Douro I (Recarei/Sobreira - Urrô) e na classificação acústica territorial - Indicador  $L_{den}$

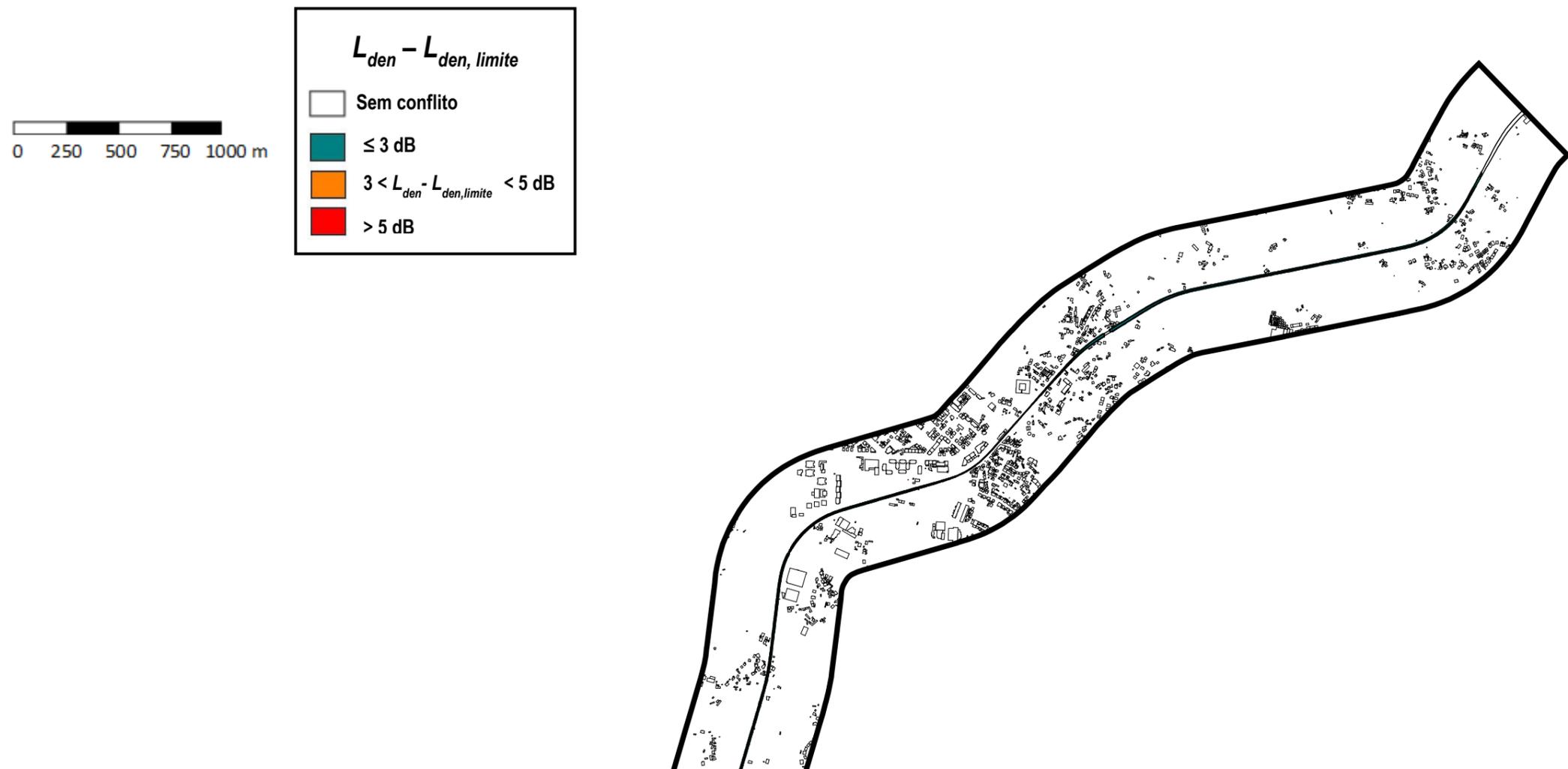


Figura 8. Mapa de Conflitos baseado nos MER da Linha do Douro I (Urrô - Penafiel) e na classificação acústica territorial - Indicador  $L_{den}$

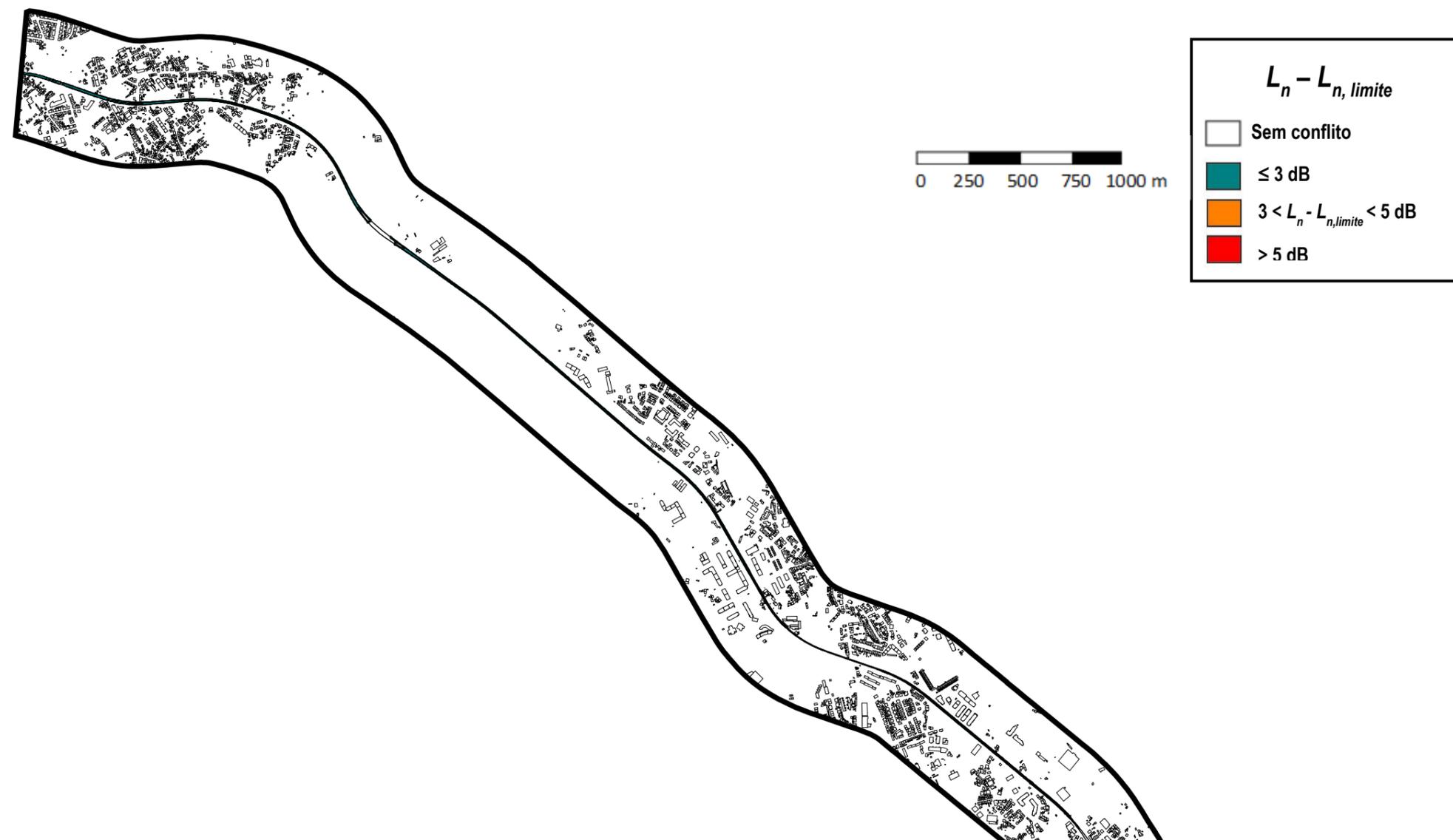


Figura 9. Mapa de Conflitos baseado nos MER da Linha do Douro I (Ermesinde -Valongo) e na classificação acústica territorial - Indicador  $L_n$

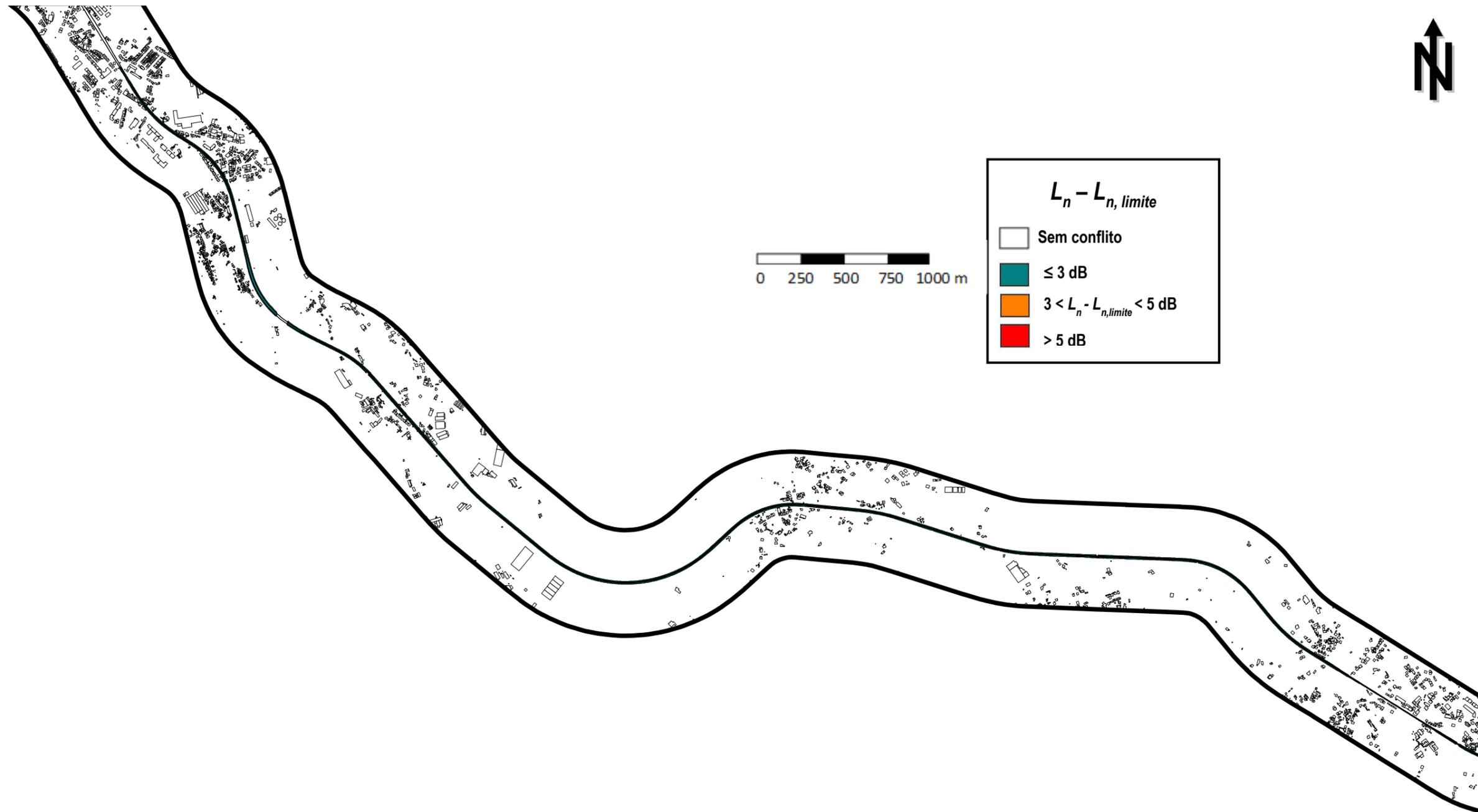


Figura 10. Mapa de Conflitos baseado nos MER da Linha do Douro I (Valongo - Recarei/Sobreira) e na classificação acústica territorial - Indicador  $L_n$



Figura 11. Mapa de Conflitos baseado nos MER da Linha do Douro I (Recarei/Sobreira - Urrô) e na classificação acústica territorial - Indicador  $L_n$

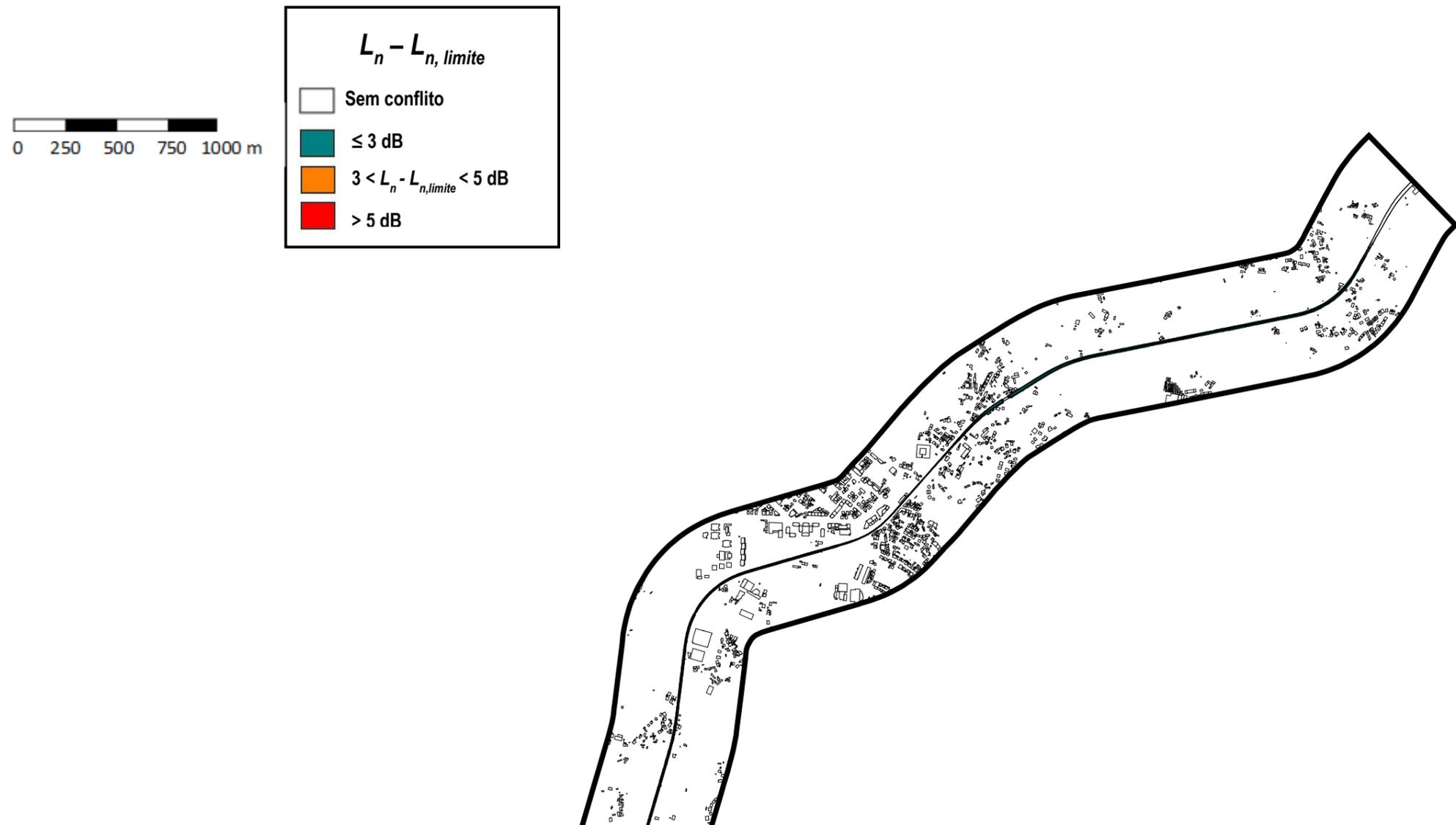


Figura 12. Mapa de Conflitos baseado nos MER da Linha do Douro I (Urrô - Penafiel) e na classificação acústica territorial - Indicador  $L_n$

## 6. Zonas de intervenção

Numa análise detalhada dos mapas de conflito, verificou-se a não existência de edificado com uso sensível exposto a níveis sonoros excessivos, ao longo de toda a extensão da envolvente da Linha do Douro I.

Assim, no presente PA, não foram identificadas zonas em que se observem conflitos com os limites regulamentares suscetíveis de intervenção específica.

## 7. Ações para gestão e redução do ruído ferroviário

Podem ser definidas distintas tipologias de intervenções direcionadas para gestão, controlo e redução do ruído de origem ferroviária. As ações consideradas para a boa gestão do ambiente sonoro podem ser do tipo (i) comunicação, sensibilização e participação pública, (ii) vigilância e monitorização, (iii) gestão de fontes emissoras de ruído e (iv) controlo e redução dos níveis sonoros de emissão ferroviária.

O plano de intervenções deve considerar uma combinação racional e integrada das diferentes tipologias de ações, numa perspetiva de abordagem equilibrada, conforme as boas práticas de engenharia acústica. De facto, a otimização, em termos técnicos e financeiros, passa pela adoção combinada de distintas estratégias e medidas permitindo benefícios acrescidos sem criar ruturas ou perceção de dificuldades por parte quer das populações (tanto utilizadores da GIF como dos espaços da envolvente da linha) quer dos operadores de transporte, sem incorrer em custos incomportáveis, sendo a análise operacional, técnica e económica parte fundamental da tomada de decisão das estratégias a adotar.

O ruído percebido num determinado recetor sensível pode ser minorado recorrendo a ações que atuem na fonte do ruído, no caminho da transmissão sonora (caso das barreiras acústicas) ou atuando no isolamento do edificado. No entanto, a redução de ruído na fonte é, em geral, mais eficaz por atuar diretamente na redução das emissões sendo que em termos económicos se revela também frequentemente mais favorável.

Por outro lado, a redução de ruído na fonte é uma ação complexa que implica um bom conhecimento dos mecanismos de geração sonora. Numa primeira aproximação é necessário identificar a fonte ou mecanismo dominante de geração de ruído, tendo em conta que o ruído total de uma composição ferroviária em movimento será, naturalmente, o somatório das contribuições das diversas fontes de ruído em presença.

De modo a minimizar o ruído nas áreas envolventes de circulação ferroviária, podem considerar-se diversas estratégias de intervenção de controlo de ruído, com destaque para intervenções em várias componentes do ruído total, conforme esquematizado na figura 13.

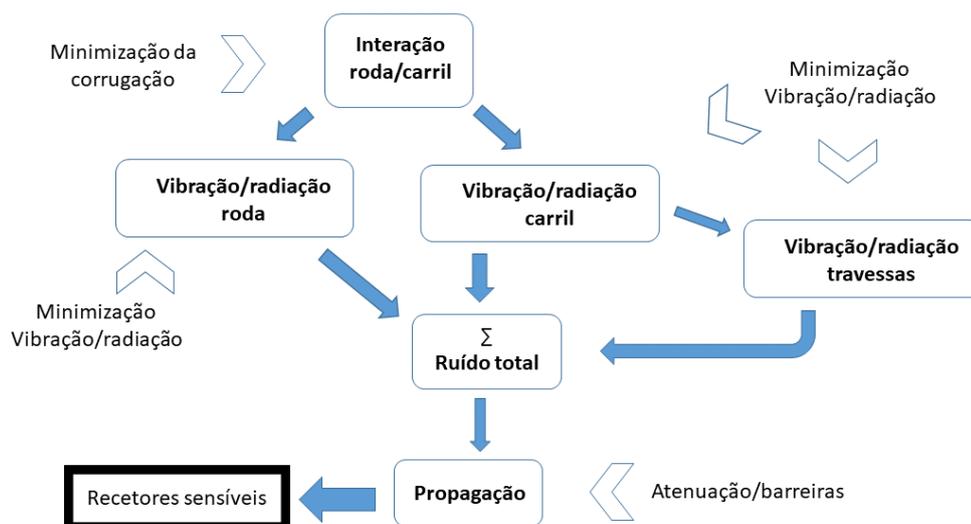


Figura 13. Componentes do ruído ferroviário e respetivas áreas de ação.

As soluções a adotar em cada caso são, naturalmente, função das situações e problemas concretos em presença, bem como dos objetivos a atingir. O sistema de propagação dos estímulos vibráteis do comboio é uma linha de transmissão complexa em que quer a fonte (composição ferroviária), quer o transmissor (infraestrutura ferroviária, incluindo as travessas da linha), quer a carga (terreno em que se encontra instalada a linha ferroviária) desempenham um papel integrado.

As estratégias para a redução do ruído passam por criar perdas de transmissão no meio, tanto por introdução de uma qualquer solução atenuadora no sistema roda-carril (em qualquer das suas componentes), como por introdução de barreiras acústicas, dispositivos de atenuação de ruído interpostos no percurso de transmissão entre o emissor (linha ferroviária) e o recetor.

Finalmente, podem ser equacionadas intervenções no próprio recetor o que, em geral, implica o reforço do isolamento da fachada do edifício em causa. No entanto, esta medida é de delicada implementação tanto mais que embora reduza os níveis sonoros no interior de um edifício específico, em nada contribui, em contraste com as outras estratégias mencionadas, para uma redução global e generalizada do ruído ferroviário. Esta solução é apenas considerada no leque de soluções últimas ou de recurso.

As principais metodologias e soluções de controlo de ruído com interesse e de potencial aplicação no âmbito do PA de uma GIF podem então incluir:

### **Intervenções na linha**

- Renovação/beneficiação integral da ferrovia (RIV) com substituição da superestrutura;
- Soluções para minimização da vibração/radiação do carril
  - palmilhas/mantas resilientes;
  - minimização da corrugação do carril por meio de esmerilagem acústica;
  - atenuadores sintonizados/*tuned rail dampers* (atenuação da amplitude da vibração ao longo do carril, e logo da radiação sonora, idealmente nas bandas de frequências dominantes).
- Lubrificação de via/modificadores de fricção (*curve squeal noise*);

### **Intervenções no material circulante**

- O material circulante existente pode ser renovado ou substituído por composições renovadas/novas. Estas, em geral, apresentam substanciais reduções de emissão de ruído, devido a melhoramentos a nível das *bogies*, suspensões, freios e rodados.
- Minimização da corrugação das rodas por meio de esmerilagem acústica;
- Modificações no sistema de frenagem (cepos sintéticos K, L, e LL ou sistema de discos);
- rodas perfuradas com anéis de absorção;
- sistemas de absorção sintonizados;
- escudos de blindagem acústica nas rodas;
- modificadores de fricção/lubrificação embarcados (*curve squeal noise*).

### **Intervenções no percurso de transmissão sonora**

- a) Introdução de barreiras acústicas - dispositivos de atenuação sonora interpostos no percurso de transmissão. As barreiras acústicas são apenas eficazes para atenuação do mecanismo de transmissão por via aérea. O valor da atenuação sonora induzida pela interposição de uma determinada barreira acústica é função não só das suas características físicas como também da posição geométrica relativa entre os elementos intervenientes fonte - barreira acústica - recetor.

### **Manutenção/monitorização de medidas de minoração**

- b) As medidas de minoração do ruído, tanto as já existentes como as eventualmente propostas decorrentes do presente PA, necessitam de um programa de verificação, monitorização e manutenção regular para garantir a conservação das suas características de perda de inserção ao longo da sua vida útil. As eventuais atividades corretivas de manutenção deverão ser calendarizadas e efetuadas, de modo a garantir a eficácia das medidas ao longo de todo o seu ciclo de vida.

### **Ações junto ao público**

- c) As medidas consideradas deverão ser contextualizadas numa visão global da gestão da incomodidade e eventuais perturbações sentidas pelas populações devido ao ruído ferroviário. Tal implica um planeamento de um conjunto de ações comunicacionais, de sensibilização e participação pública, que se destinam não só a gerir as emissões de ruído, mas igualmente a perceção do ruído pelas populações equacionada com as vantagens da vizinhança de uma infraestrutura de mobilidade de elevado valor para a vivência quotidiana.

A solução final otimizada revela-se, frequentemente, como resultante da combinação de diferentes alternativas combinadas. Através da acumulação de benefícios parcelares poderão conseguir-se benefícios significativos, a custos porventura razoáveis.

Algumas medidas terão um benefício a curto prazo, na medida em que os seus resultados se farão sentir quase imediatamente após a sua implementação, enquanto que a outras estarão associados benefícios que apenas serão quantificáveis a médio ou, mesmo, a longo prazo.

Como tal, é pertinente considerar um conjunto de ações de comunicação, sensibilização e até participação pública. Estas ações destinam-se não só a comunicar as medidas de minoração/gestão das emissões de ruído, a implementar pela gestora da linha férrea, mas igualmente a contextualizar a perceção do ruído pelas populações. Deste modo, a sensibilização das populações e a comunicação com elas assume um papel fundamental na perceção do ambiente sonoro. Não só as expectativas das populações têm de ser geridas pelos vários *stakeholders* envolvidos (Gestor da Infraestrutura, Operadores/Concessionários, Municípios, Tutela) como os cidadãos têm de entender que o ruído é parte integrante de um ambiente próximo de uma GIF, podendo ser entendido como um indicador da sua atividade e dinâmica económica, se adequadamente gerido.

## 8. Tipologia das soluções propostas

Não tendo sido identificadas zonas em que se observem conflitos com os limites regulamentares, não se justificam medidas de engenharia acústica com vista à redução dos níveis sonoros gerados pela circulação ferroviária na Linha do Douro I.

Recomenda-se, no entanto, a adoção de um conjunto de ações a desenvolver junto do público, de modo a promover a *goodwill*. Estas ações comunicacionais podem incluir (i) a comunicação direta com o público em geral, não só para informar sobre intervenções na via relevantes para gestão e controlo do ruído, mas também para gerir eventuais queixas e reclamações sobre o ruído, e (ii) a manutenção da circulação de informação entre os vários *stakeholders* (operadores, câmaras, público).

As ações comunicacionais, de sensibilização e de participação pública destinam-se não só a gerir as emissões de ruído, mas igualmente a perceção do ruído pelas populações equacionada com as vantagens da vizinhança de uma infraestrutura de mobilidade de elevado valor para a vivência quotidiana.

A elaboração de folhetos informativos (em suporte papel ou digital) poderá acompanhar estas ações a fim de serem mais eficazes. A isto se pode acrescentar a implementação de sítio na Internet que facilite e agilize a interação do público com a IP.

Ao estabelecer esta rede de informação, a IP tem a intenção de criar um ambiente de transparência perante as populações afetadas pelo ruído resultante da utilização da GIF que permitirá uma maior compreensão dos esforços, por parte da IP, em minorar os incómodos e perturbações sofridos pelas populações expostas. Como objetivo último, estas poderão revelar-se potencialmente mais tolerantes com futuros aumentos da intensidade de exploração da infraestrutura ferroviária.

## 9. Intervenções e medidas

### 9.1 Soluções

Não se identificando conflitos dos níveis sonoros resultantes da circulação ferroviária com valores limite estipulados na regulamentação vigente sobre ruído ambiente, não se justifica para a Linha do Douro I a consideração de medidas de engenharia acústica para controlo e de redução do ruído.

Foram, contudo, consideradas medidas comunicacionais e de monitorização de ruído no sentido de manter a vigilância sobre o ruído resultante da circulação ferroviária nesta linha.

Assim, será estabelecida e mantida uma política de sensibilização e informação sobre o ruído para a comunidade em geral, em particular a residente na área envolvente próxima da linha. A IP procederá à circulação de informação entre os vários *stakeholders* (operadores, câmaras, público) interessados através da disseminação (i) da informação sobre a situação de ruído da linha e/ou (ii) de informações gerais sobre o ruído e seus efeitos nas pessoas.

A monitorização da situação de ruído da Linha do Douro I será consubstanciada pelo cumprimento do programa regular de elaboração dos Mapas Estratégicos de Ruído, o que permitirá deter o conhecimento das emissões sonoras a cada 5 anos, que se considera adequado dado que não se observam aqui populações expostas ao ruído.

### 9.2 Análise de eficácia

Não se observando quaisquer conflitos entre níveis sonoros emitidos e valores limite na receção, não se identifica população residente nem edificado com uso sensível exposto a níveis sonoros excessivos, nas condições atuais de exploração da Linha do Douro I.

Tal como pode ser observado nas tabelas 7 e 8 que mostram o número de pessoas e o número de edifícios expostos às diferentes classes regulamentares de níveis sonoros.

Tabela 3. – População residente (em unidades), exposta às três classes de conflito, para a situação existente.

ID Zona	Município	Início / fim (pk)	Situação Existente		
			Popul. exist ≤ 3 db	Popul. exist > 3 - ≤ 5 dB	Popul. exist. > 5 dB
-	Valongo	9+200 / 37+990	0	0	0
	Paredes		0	0	0
	Penafiel		0	0	0
Totais parciais			0	0	0
Totais globais			0		

Tabela 4. Número de edifícios, com usos sensíveis ao ruído, exposto às três classes de conflito para a situação existente.

ID Zona	Município	Início / fim (pk)	Situação Existente		
			Edif. exist ≤ 3 dB	Edif. exist > 3 - ≤ 5 dB	Edif. exist. > 5 dB
-	Valongo	9+200 / 37+990	0	0	0
	Paredes		0	0	0
	Penafiel		0	0	0
Totais parciais			0	0	0
Totais globais			0		

### 9.3 Informações financeiras

Não existindo medidas de controlo e de redução do ruído preconizadas para o PA da Linha do Douro I, não há lugar à estimativa de valores financeiros.

## 10. Planeamento das ações

### 10.1 Hierarquização temporal

As obrigações decorrentes do atual enquadramento legal, levaram a IP a elaborar os MER da GIF Linha do Douro I com o objetivo de dispor de um diagnóstico da situação acústica existente. O PA define um conjunto de ações concertadas para uma melhoria continuada e sustentada do ambiente sonoro na envolvente desta GIF. A otimização do conjunto das propostas e seus resultados passa por uma hierarquização das intervenções, cuja adoção tem de ser balizada não só pelos benefícios esperados e pelos aspetos práticos e económicos da sua execução mas igualmente por eventuais aspetos funcionais que envolvam sequências de operação bem como pelos resultados de novas avaliações, tendo em conta o curto prazo (cinco anos) do plano.

Não tendo sido identificada, no caso do presente PA, população residente exposta a valores superiores aos estipulados para os indicadores de ruído ambiente regulamentares  $L_{den}$  e  $L_n$  este constitui-se principalmente como instrumento de vigilância e controlo da situação existente. É recomendado, no entanto, um conjunto de ações que podem contribuir para a manutenção de um bom ambiente sonoro na envolvente da GIF.

Assim, no período de cinco anos, após a aprovação do PA, serão iniciadas e mantidas de forma continuada ações de sensibilização e informação sobre o ruído para a comunidade em geral.

Estas implicam uma real e eficaz circulação de Informação entre os vários stakeholders (Gestor de infraestrutura, Operadores, Câmaras, Tutela), bem como o desenvolvimento de plataformas de informação ao público e à comunidade técnica sobre ruído ferroviário e das ações para o seu combate e gestão.

Finalmente, nos dois anos finais do PA, será realizado o próximo diagnóstico, através da execução do MER atualizado.

## 10.2 Ação estratégica a médio/longo prazo

A estratégia de médio/longo termo da IP passa pela manutenção das condições de bom ambiente sonoro na sua envolvente, através dos seus programas de verificação e monitorização regular das soluções de controlo/redução de ruído e de comunicação com as populações.

Também num prazo temporal mais dilatado, a corrente operação e manutenção de uma GIF implica diversas interações com *stakeholders* externos, como seja a resposta a solicitações sobre matérias ambientais, com realce para a gestão do ruído.

Mesmo antes de respeitar escrupulosamente a legislação vigente e os diferentes regulamentos que daí advêm, a IP está consciente dos problemas de compreensão pela população não só dos vários aspetos legais, mas também dos benefícios a médio/longo prazo das ações de redução de ruído. A IP encontra-se empenhada em ações de pedagogia no que respeita às populações afetadas pelo ruído ferroviário, a incluir nos seus projetos de desenvolvimento e de modernização.

As ações comunicacionais, de sensibilização e de participação pública destinam-se não só a gerir as emissões de ruído, mas igualmente a perceção do ruído pelas populações equacionada com as vantagens da vizinhança de uma infraestrutura de mobilidade de elevado valor para a vivência quotidiana.

A elaboração de folhetos informativos (em suporte papel ou digital) poderá acompanhar estas ações a fim de serem mais eficazes. A isto se pode acrescentar a implementação de sítio na Internet que facilite e agilize a interação do público com a IP.

As ações informativas serão estendidas às populações com campanhas de informação sobre o plano de ação de ruído da IP, a partir dos resultados dos mapas de ruído e das ações de monitorização e sobre as características sonoras dos ambientes urbanos/suburbanos/periurbanos da envolvente da GIF, no sentido das populações melhor entenderem o conceito da perceção sonora ambiental.

Ao estabelecer esta rede de informação, a IP tem a intenção de criar um ambiente de transparência perante populações afetadas pelo ruído resultante da utilização da GIF ou que residam na vizinhança, o que permitirá uma maior compreensão dos esforços, por parte da IP, na minoração de eventuais incómodos e perturbações sofridos pelas populações da vizinhança. Como objetivo último, estas poderão revelar-se potencialmente mais tolerantes com futuros aumentos da intensidade de exploração da infraestrutura ferroviária, se for o caso.

A IP continuará a acompanhar, em articulação com Operadores e Câmaras Municipais afetadas, a robustez e acessibilidade do atual processo de comunicação de solicitações/reclamações no âmbito do ruído gerado pelas várias operações ferroviárias.

### **10.3 Monitorização da implementação do PA**

As zonas de vizinhança da Linha do Douro I exibem em parte da sua extensão uma concorrência com outras fontes sonoras, mais especificamente a circulação rodoviária. No entanto e de uma maneira geral, o ruído ambiente global na envolvente da Linha do Douro é determinado pelo ruído de origem no tráfego ferroviário.

O objetivo do presente PA constitui-se num diagnóstico da contribuição ferroviária para o ruído global e num desenho de procedimentos e soluções de gestão e controlo de ruído, embora não se tenham identificado situações de exposição de populações ao ruído.

Importará no final do prazo do presente PA avaliar as resultantes alterações no ambiente sonoro e na exposição das populações. Tal poderá ser conseguido através da implementação da próxima fase de mapeamento de ruído (MER) que ocorrerá durante o período final de vigência do plano. Deste modo, o PA do próximo ciclo será balizado pelos resultados comparativos dos MER, tendo em conta eventuais alterações de tráfego, se for o caso.

Os MER do próximo ciclo constituirão um diagnóstico da situação do ambiente sonoro atualizada.

## 11. Quadro resumo

O Quadro seguinte resume as ações a desenvolver junto a entidades diversas e ao público residente na envolvente da Linha do Douro I.

Nº	Ação	Calendarização
1	Circulação de Informação entre os vários <i>stakeholders</i> (Gestor de infraestrutura, Operadores, Câmaras, Tutela)	Planeado
2	Desenvolvimento de plataformas de informação ao público e à comunidade técnica sobre ruído ferroviário e das ações para o seu combate e gestão	Planeado
3	Elaboração regular de mapas de ruído para diagnóstico do ambiente sonoro na envolvente da Linha do Douro I (Mapas Estratégicos de Ruído, no âmbito do Decreto-Lei n.º 146/2006, de 31 de Julho)	Implementado / Planeado

## Bibliografia

Alarcão, D. e Bento Coelho, J. L. (2008), *Modelação de ruído de tráfego ferroviário*, Proc. Congresso Acústica 2008, V Congresso Ibérico de Acústica, XXXIX Congresso Espanhol de Acústica TECNIACÚSTICA 2008.

Alarcão, D. e Bento Coelho, J. L. (2009), *The adaptation of the interim calculation method for railway noise to the Portuguese rolling stock*, Proc. EURONOISE 2009.

Alarcão, D. e Bento Coelho, J. L. (2013), *An experimental assessment on the performance of fixed rail curve squealing noise mitigation*, Noise Control Engineering Journal, J. 61 (6).

Altenbaher, B., Goltnik, D. e Rosi, B. (2015), *Railway Noise Reduction by the Application of CHFC material on the rail*, Transport Problems/Problemy Transportu V. 10, Issue 2, 5-14.

Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (1998), *Linee guida per l'elaborazione di piani comunali di risanamento acustico*, ANPA, Fevereiro 1998.

Agência Portuguesa do Ambiente (2011), *Diretrizes para Elaboração de Mapas de Ruído*, versão 3, Dezembro 2011.

Autoridade da Mobilidade e dos Transportes (2019), *Ecossistema Ferroviário Português 2017*, Fevereiro 2019.

Carvalho, J. et al. (2018), *Eco sustainable Rail – Valorisation of Mixed Plastics in the Development of Eco-Sustainable Railways*, European Journal of Sustainable Development, 7,6, 489-495, 2018.

Comissão das Comunidades Europeias, COM (1996), Livro Verde da Comissão Europeia, *Futura Política de Ruído*, 1996.

Comissão das Comunidades Europeias, COM (2011), Livro Branco da Comissão Europeia (2011), *Roteiro do espaço único europeu dos transportes*, 2011.

Declaração de Rectificação nº18/2007 de 16 de Março, que retifica o Decreto-Lei n.º 9/2007, do Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional.

Decreto-Lei n.º 146/2006 de 31 de julho, que transpõe para a ordem jurídica interna a Diretiva 2002/49/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 25 de junho de 2002 relativa à avaliação e gestão do ruído ambiente, retificado pela Declaração de Retificação n.º 57/2006 de 31 de agosto.

Decreto-Lei n.º 9/2007 de 17 de Janeiro, que aprova o Regulamento Geral do Ruído e revoga o regime legal da poluição sonora, aprovado pelo Decreto-Lei n.º 292/2000, de 14 de Novembro.

Decreto-Lei n.º 278/2007 de 1 de Agosto, que altera o Decreto-Lei n.º 9/2007, de 17 de Janeiro, que aprova o Regulamento Geral do Ruído.

Decreto-Lei n.º 316-A/2019 de 6 de setembro, que transpõe para a ordem jurídica interna a Diretiva (UE) 2015/996 da Comissão, de 19 de maio de 2015, relativa à avaliação e gestão do ruído ambiente, alterando o Anexo II do Decreto-Lei n.º 146/2006, de 31 de julho.

DHV B.V. (2010), *The Railway Noise Bonus: discussion paper on the noise annoyance correction factor*, prepared for the International Union of Railways (UIC), Paris.

Dings, P. C. e Dittrich, M. G. (1996), *Roughness on Dutch Railway Wheels and Rails*, Journal of Sound and Vibration, 193(1), 103-112.

Diretiva 2002/49/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 25 de junho de 2002 relativa à avaliação e gestão do ruído ambiente.

Dumitriu, M. e Cruceanu, I. (2017), *On the Rolling Noise Reduction by Using the Rail Damper*, Journal of Engineering Science and Technology Review 10(6), 87-95.

European Commission (1999), *Cost Study on Noise Mapping and Action Planning*, DGXI D.3 Urban Environment, COWI.

European Commission (2012), *Common Noise Assessment Methods in Europe (CNOSSUS-EU)*, Report EUR 25379 EN. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 180 pp.

European Environment Agency (2014), *Noise in Europe 2014*, EEA Report No. 10/2014.

European Environment Agency (2017), *Noise in Europe 2017: updated assessment*, ETC/ACM Technical Paper 2016/13.

European Environment Agency/EPA Network (2018), *Decision and cost/benefit methods for noise abatement measures in Europe*: M+P BAFU 15.02.1.

European Parliament Policy Department (2012), *Reducing Railway Noise Pollution*. Produced for the European Parliament's Committee on Transport and Tourism Environment by the Directorate-General for Internal Policies, Brussels.

Ferreira, A. e Bento Coelho, J. L. (2009), *Critérios para a análise de relações exposição-impacte do ruído de infraestruturas de transporte*, CAPS/IST / Agência Portuguesa do Ambiente (APA).

Grassie, S. L. (2012), *Rail irregularities, corrugation and acoustic roughness: characteristics, significance and effects of reprofiling*, Proc IMechE, Part F: J Rail Rapid Transit 2012; 226(5): 542–557.

International Union of Railways UIC (2011), *Exploring bearable noise limits and ceilings for the railways: part I*. UIC001-01-15, dBvision, 2/108.

International Union of Railways UIC (2013), *Railway Noise Technical Measures Catalogue*, UIC003-01-04fe, dBvision, May 2013.

Lewis, R. e Olofsson, U. (2009), *Wheel–Rail Interface Handbook*, Woodhead Publishing Limited: UK.

Lercher, P. et al. (2013), *Psychoacoustic assessment of railway noise in sensitive areas and times: is a railway bonus still appropriate?* Proc. INTER-NOISE Vol. 247, N°2, 5900-5907.

Miedema, H. e Oudshoorn, C. (2001), *Annoyance from Transportation Noise: Relationships with Exposure Metrics DNL and DENL and their Confidence Intervals*, Environmental Health Perspectives, vol. 109, n°4, pp 409-416.

Miedema, H. (2002), *Relationship between exposure to single or multiple transportation noise sources and noise annoyance*, Technical Meeting on exposure-response relationships of noise on Health, WHO-Europe, Bonn, Alemanha.

Nieuwenhuizen, E. e Yntema, N. (2018), *The effect of close proximity, low height barriers on railway noise*, Proc. Euronoise 2018 Crete, 1375-1379.

Popp C. (2000), *Communicating noise to the public without talking in technical jargon*, Proc. INTERNOISE 2000, 4-2241.

Pieren, R. et al. (2017), *Auralization of railway noise: Emission synthesis of rolling and impact noise*. Applied Acoustics 127 (2017): 34–45.

Regulamento Geral do Ruído, Decreto-Lei n.º 9/2007, 17 de janeiro de 2007, retificado pela Declaração de Rectificação n.º 18/2007 de 16 de março.

Regulamento (UE) No 1304/2014 DA COMISSÃO de 26 de Novembro de 2014 relativo à especificação técnica de interoperabilidade para o subsistema «material circulante – ruído» e que revoga a Decisão 2011/229/UE, Jornal Oficial da União Europeia, L 356/421.

Scossa-Romano, E. e Oertli, J. (2012), *Rail Dampers, Acoustic Rail Grinding, Low Height Noise Barriers: A report on the state of the art*. Produced for the Schweizerische Bundesbahnen SBB/UIC, Bern.

Science for Environment Policy (2017), *Noise abatement approaches*. Future Brief 17. Produced for the European Commission DG Environment by the Science Communication Unit, UWE, Bristol. Disponível em: <http://ec.europa.eu/science-environment-policy>.

The SILENCE European Project (2008), *Practitioner Handbook for Local Noise Action Plans*, 6th Framework Programme. Disponível em <http://www.noiseineu.eu/en/3527-a/homeindex/file?objectid=3161&objectypeid=0>.

Thompson, D. J. (2008), *A continuous damped vibration absorber to reduce broad-band wave propagation in beams*, Journal of Sound and Vibration 311 824–842.

Thompson, D. J. (2009), *Railway Noise and Vibration: Mechanisms, Modelling and Means of Control*, Elsevier: Oxford.

Thompson, D. J. (2014), *Railway Noise and Vibration: The Use of Appropriate Models to Solve Practical Problems*, Proc. ICSV21 2014.

Tumavice, A. et al. (2017), *Effectiveness analysis of railway noise mitigation measures*, GRADEVINAR, 69 (2017) 1, 41-51. Disponível em: <http://doi.org/10.14256/jJCE.177.2016>.

de Vos, P. (2016), *Railway Noise in Europe, State of the Art Report*, prepared for the International Union of Railways (UIC), Paris.

de Vos, P. e van Leeuwen, H. J. A. (2018), *Remaining Research Topics for Railway Noise Control*, Proc. Euronoise 2018 Crete, 1001-1005.

World Health Organization (2018), *Environmental Noise Guidelines for the European Region (2018)*, WHO - Regional Office for Europe.