



PLANOS DE AÇÃO

DA

REDE FERROVIÁRIA NACIONAL

PLANO DE AÇÃO DA LINHA DO SUL I

RESUMO NÃO-TÉCNICO

Maio 2020

PLANOS DE AÇÃO

DA

REDE FERROVIÁRIA NACIONAL

PLANO DE AÇÃO DA LINHA DO SUL I

RESUMO NÃO-TÉCNICO

Maio 2020

CONTEÚDO

ÂMBITO	3
OBJETIVOS	4
O SOM E O RUÍDO	4
A LINHA DO SUL I	9
PLANO DE AÇÃO DA LINHA DO SUL I	10
BIBLIOGRAFIA	26

Âmbito

O Plano de Ação de Redução do Ruído Ferroviário (doravante denominado Plano de Ação - PA) referente à Linha do Sul 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 Sul I.

O Plano de Ações da Linha do Sul I, que vigora para o período 2020-2025, foi desenvolvido na sequência da elaboração dos Mapas Estratégicos de Ruído (MER) daquela Linha.

Objetivos

O PA da Linha do Sul I tem por objetivo estabelecer um programa de atuação com vista à gestão, controlo e redução do ruído de origem ferroviária eliminando, tanto quando possível, conflitos com valores limite estipulados na legislação vigente aplicável e ser conducente a uma melhoria geral do ambiente sonoro na área envolvente da infraestrutura ferroviária.

Este PA envolve (i) análise de zonas onde se verifiquem 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.

Os objetivos do presente Plano são alcançados através de estratégias otimizadas para gestão e controlo da exposição ao ruído das populações eventualmente afetadas pela exploração da Linha do Sul I. O PA segue 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 sua implementação.

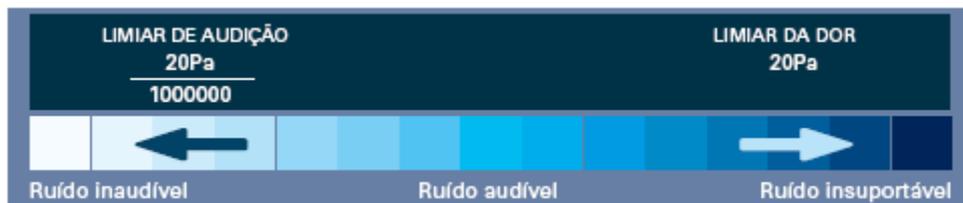
O Som e o Ruído

O som é a manifestação audível de vibrações mecânicas de um meio material elástico. As vibrações percebidas pelo ouvido humano como um sinal sonoro são caracterizadas por um determinado número de parâmetros físicos, sendo os principais a intensidade do som e a sua frequência.

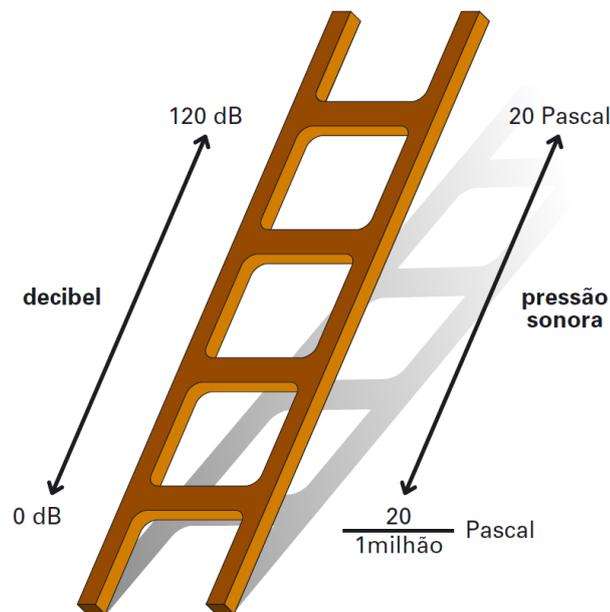
O intervalo de intensidades sonoras relativamente ao qual o ouvido humano é sensível é muito grande – o som menos intenso capaz de ser detetado pelo ouvido humano é um milhão de vezes inferior ao som mais intenso que o ouvido humano consegue detetar, sem sofrer danos físicos.

A variação da pressão sonora na gama audível situa-se entre os 20 μ Pa e os 20 Pa, onde Pa, Pascal, é a unidade de pressão. O valor 20 μ Pa corresponde ao som de menor intensidade que um indivíduo médio em plena posse das suas faculdades auditivas consegue ouvir e por isso é considerado como o

“limiar da audição”. Uma pressão sonora de 20 Pa é tão elevada que causa dor e por isso é considerado o “limiar da dor”.



Face a este enorme intervalo de valores de amplitude sonora, a intensidade de som é normalmente representada na escala logarítmica “Decibel”, na qual é atribuído ao “limiar de audição” o valor zero (0 dB). A um som 10 vezes mais intenso do que este limiar corresponderá um valor de 10 dB, 20 dB para um som 100 vezes mais intenso, 30 dB para um som 1000 vez mais intenso, e assim sucessivamente, devido às características da função logaritmo.



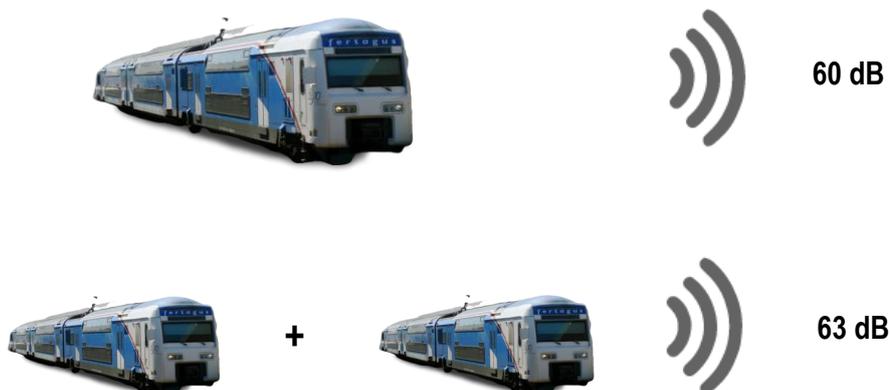
O nível de pressão sonora, L_p , em dB, é então calculado através de:

$$Lp = 10 \times \log_{10} \left(\frac{p}{p_0} \right)^2 = 20 \times \log_{10} \frac{p}{p_0}$$

em que,
 Lp é o nível de pressão sonora expresso em dB
 p é a pressão sonora expressa em Pa
 p_0 é a pressão sonora de referência ($p_0 = 20 \times 10^{-6}$ Pa) e que corresponde ao limiar mínimo da audição humana

Em dB é possível trabalhar com uma escala de valores muito mais acessível, compreendida entre os 0 dB (limiar da audição) e os 120 dB (limiar da dor).

Ao trabalhar com níveis sonoros (em dB) haverá que notar que, tratando-se de unidades logarítmicas, não poderão estas ser adicionadas linearmente. Enquanto as energias sonoras realmente se somam, o cálculo de logaritmos conduz à conclusão de que se uma fonte emissora produz um determinado nível sonoro, duas exatamente iguais produzirão esse valor acrescentado de 3 dB. Por exemplo, se um comboio produz num determinado ponto um nível sonoro de 60 dB, dois comboios idênticos a passar exatamente no mesmo local produziram um nível sonoro de 63 dB.



Note-se que a sensação humana de intensidade sonora se relaciona com a energia sonora. Subjetivamente, um aumento para o dobro da energia (3 dB) é marginalmente perceptível; um aumento da energia em 5 dB é claramente perceptível; e um aumento de 10 dB é percebido como o duplicar da nossa sensação de intensidade sonora.

O intervalo de frequências a que um ouvido saudável é sensível, denominado por espectro de audio-frequências, situa-se aproximadamente entre os 20 Hz e os 16.000 Hz, representando o Hz (Hertz), ou ciclos por segundo, a unidade de frequência. Este intervalo varia entre indivíduos e é afetado principalmente com a idade do indivíduo, daí resultante a perda de sensibilidade auditiva nas altas frequências.

O ouvido humano é mais sensível às frequências médias, justamente onde se expressa a voz humana. Para reproduzir essa sensibilidade e traduzir a falta de linearidade de funcionamento do ouvido, normalmente utiliza-se o decibel corrigido com um filtro de ponderação de frequências, de modo a penalizar as componentes graves e agudas do som, relativamente às frequências médias. Surge, então, o nível de pressão sonora expresso em dB(A), ou dBA.

A nível ambiental, dada a grande variabilidade temporal, 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. O índice L_{Aeq} é definido como um valor médio para um determinado período de referência. A legislação portuguesa define 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, sendo obtidos, respetivamente os valores de L_d , L_e e L_n . A regulamentação nacional segue ainda as recomendações europeias no sentido de definir como indicadores de ruído ambiente os indicadores L_n e L_{den} em que este é uma média ponderada de L_d , L_e e L_n com penalizações para os períodos de entardecer e noturno.

O ruído pode ser caracterizado como um som desagradável e indesejável, constituindo-se como uma forma de poluição: a poluição sonora. Note-se, no entanto, que a discriminação entre ruído e sons tidos como agradáveis e/ou suportáveis é uma ação puramente subjetiva de classificação de um certo indivíduo, tornando assim a determinação objetiva de incomodidade uma tarefa difícil.



Existe, contudo, um certo consenso em relação a um determinado grupo de estímulos sonoros considerados como ruído. Neste grupo encontram-se os sons derivados principalmente da atividade de dispositivos mecânicos. Exemplos típicos de emissores de ruído são todos os tipos de tráfego (principalmente rodoviário, ferroviário e aéreo) e maquinaria utilizada em construções e em atividades de carácter industrial.

Por outro lado, existem sons que podem até não ser considerados como ruído por certos indivíduos, devido à sua própria sensibilidade auditiva ou estética, mas que apresentam determinadas características físicas, e que através da sua exposição prolongada podem provocar danos fisiológicos temporários e/ou permanentes no ouvido humano. Trata-se aqui de tipologias de sons ligadas a atividades oficiais ou laborais de forma geral.

O ruído pode genericamente afetar o ser humano de forma direta ou indireta, através da criação de “stress” e cansaço ou através de perturbações no ritmo biológico, gerando distúrbios no sono e na saúde, em geral, bem como através da redução da capacidade de concentração, daí advindo um decréscimo na produtividade individual e coletiva. Refira-se ainda que efeitos da exposição ao ruído podem também estar ligados a problemas de relacionamento de forma social.

Embora a relação causa-efeito entre ruído e saúde / incómodo possa ser muito variável conforme o indivíduo, têm sido encontrados dados objetivos que têm informado os conteúdos das disposições legais sobre ambiente sonoro em todo o mundo, com particular ênfase na União Europeia e seus Estados Membros.

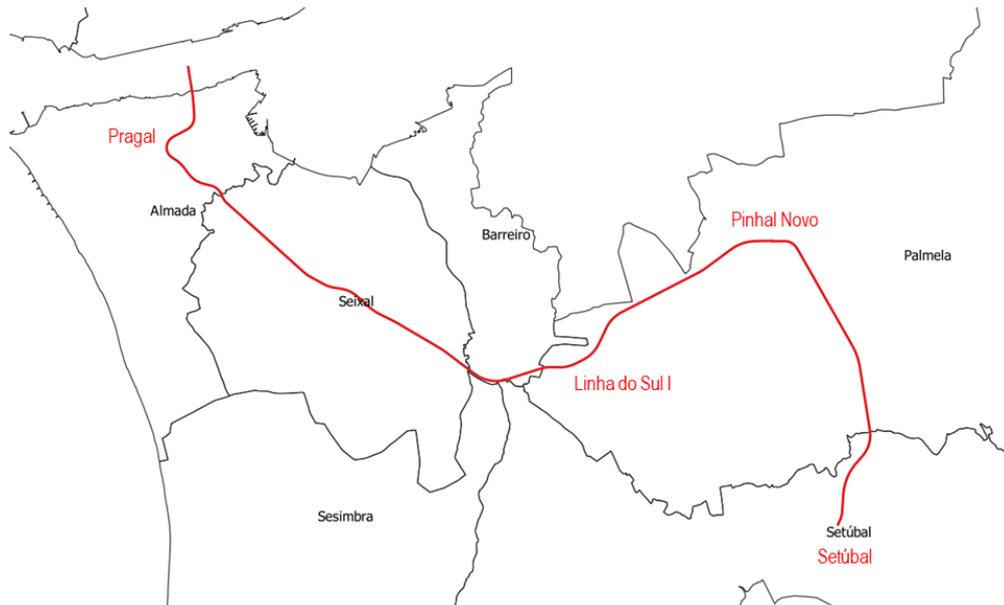
A Linha do Sul I

Este troço da Linha do Sul, que estabelece a ligação entre Campolide A e Setúbal, é uma via larga dupla com cerca de 49 km de extensão, apresentando oito estações intermédias (a partir da estação do Pragal). O traçado da Linha do Sul I divide-se em duas seções, com distintas quilometragens de referência: (i) entre Ponte Santana (pk 0+000) e a Estação de Pinhal Novo (pk 36+000), (ii) entre Pinhal Novo (pk 16+000) e a Estação de Setúbal (pk 28+000). O troço da Linha do Sul entre Ponte Santana e o pk 4+500 não é contemplado no âmbito do presente PA.

Refira-se que o troço entre Ponte Santana e Fogueteiro/Pinhal Novo, que atravessa o rio Tejo por meio da ligação ferroviária da Ponte 25 de Abril/Túnel do Pragal, é uma infraestrutura relativamente recente, tendo entrado ao serviço entre 1999 e 2003.



A Linha do Sul I é uma importante linha da Área Metropolitana de Lisboa, servindo zonas urbanas e suburbanas da Margem Sul do rio Tejo (Monte da Caparica, Corroios, Fogueteiro, Coina, Pinhal Novo e Setúbal) e estabelecendo ligação com outras linhas da rede ferroviária, no caso, a Linha de Sintra e a Linha de Cintura (em Campolide), a Linha do Alentejo (em Pinhal Novo) e diversos Ramais industriais como, por exemplo, o Ramal da Siderurgia Nacional e o Ramal da Autoeuropa.



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 3.º 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.

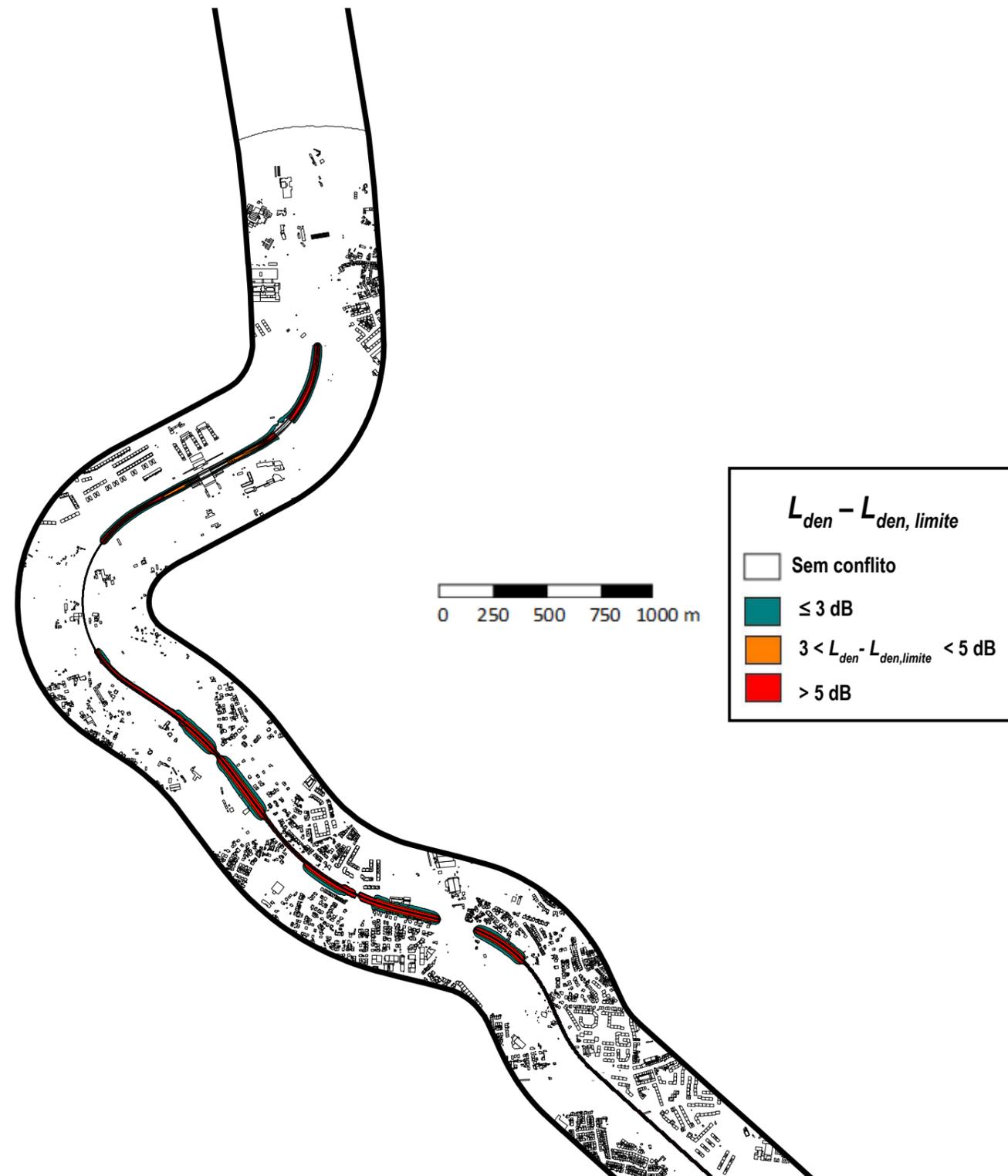
Este, no ponto 9 do seu Artigo 19.º estabelece ainda que “As grandes infra-estruturas de transporte ... ferroviário ... elaboram mapas estratégicos de ruído e planos de ação, nos termos do disposto no Decreto-Lei n.º 146/2006, de 31 de julho”.

Plano de Ação da Linha do Sul I

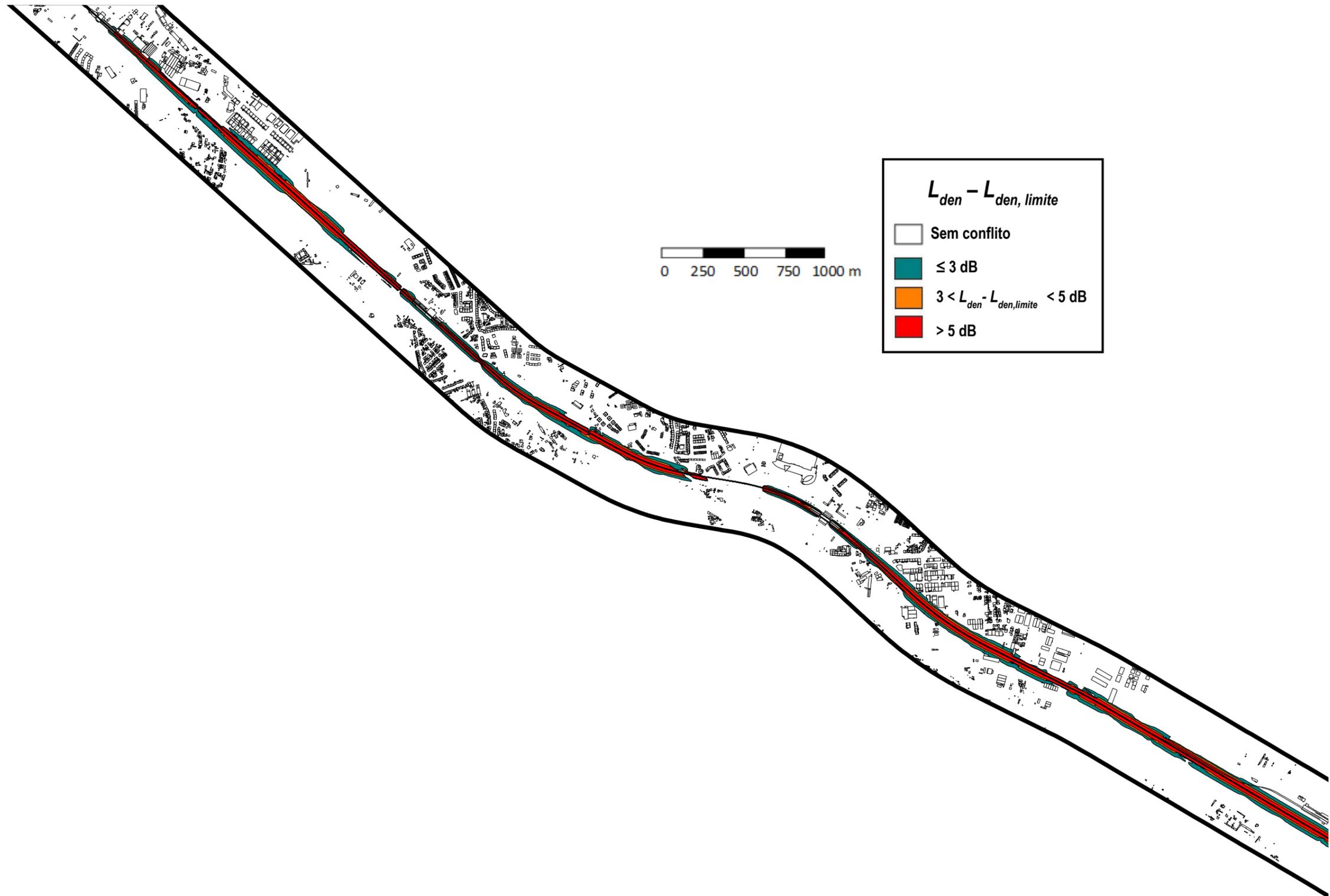
A abordagem metodológica seguida na elaboração do Plano de Ação da Linha do Sul I baseia-se na análise dos mapas de conflitos para os indicadores de ruído ambiente regulamentares L_n e L_{den} face aos limites de ruído legais vigentes, os quais têm em consideração a carta de classificação acústica do território municipal.

O grau de conflito é codificado segundo os intervalos de 0 a 3 dB, de 3 a 5 dB e acima de 5 dB. De entre os dois indicadores de ruído legais vigentes, foi escolhido o indicador L_n para se proceder à análise dos conflitos, por ser aquele que verifica o maior grau de conflito.

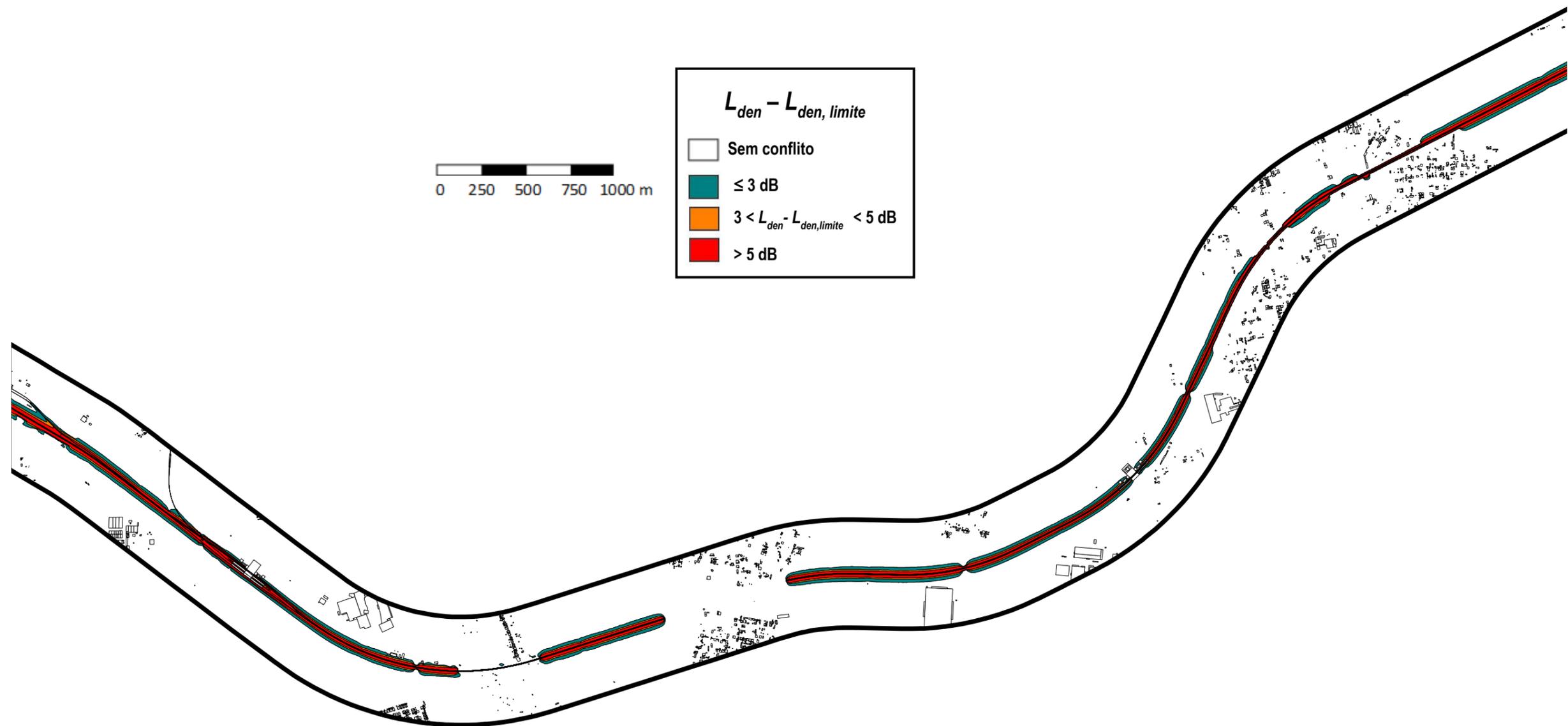
As zonas que apresentam valores de conflito até 3 dB são, normalmente, consideradas como de vigilância, tendo em conta as incertezas associadas a todo o processo de avaliação, quer experimental quer de cálculo, que pode assumir valores daquela ordem de grandeza. Tais valores poderão, contudo, indiciar desvios marginais que devem ser vigiados para não aumentarem.



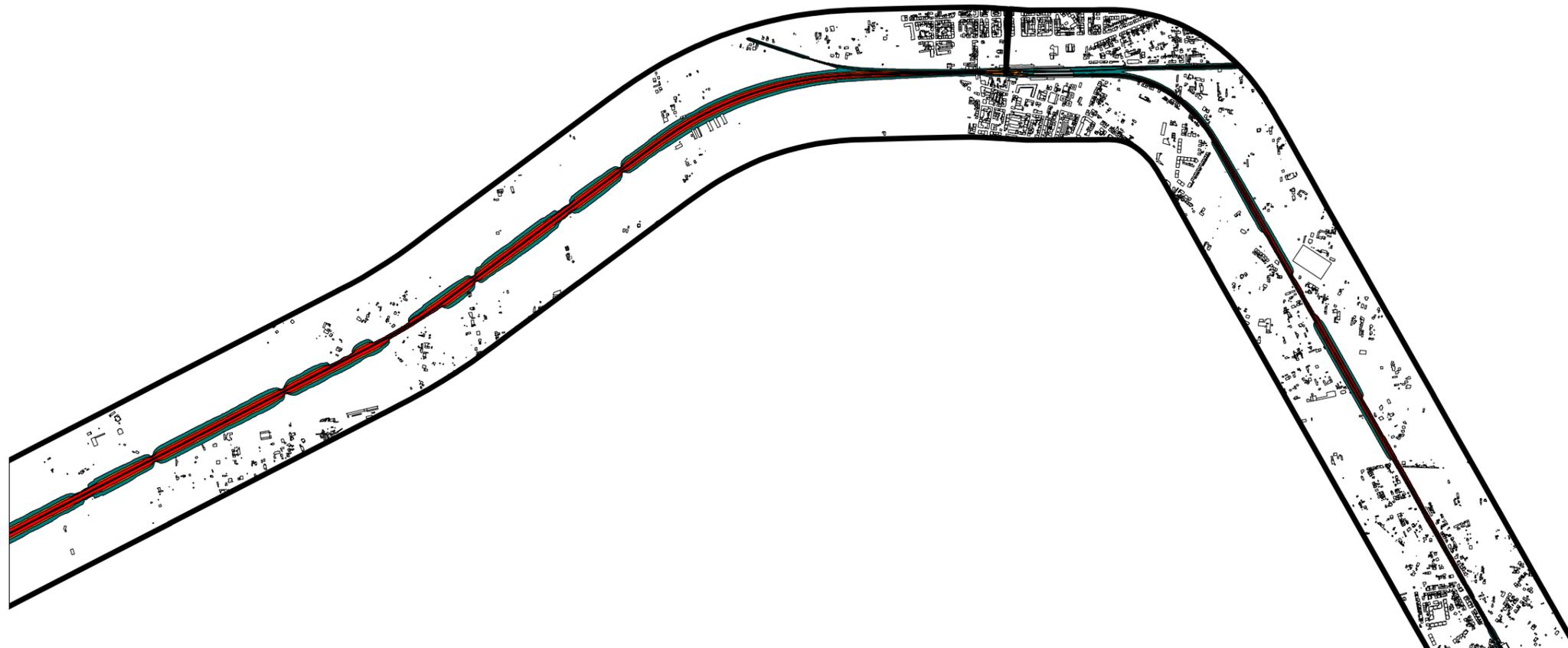
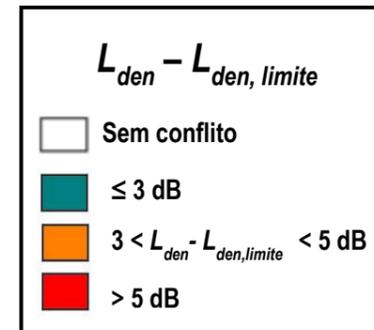
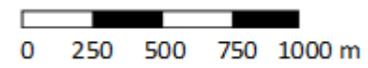
Mapa de Conflitos baseado nos MER da Linha do Sul I (Pragal - Corroios) e na classificação acústica territorial - Indicador L_{den}



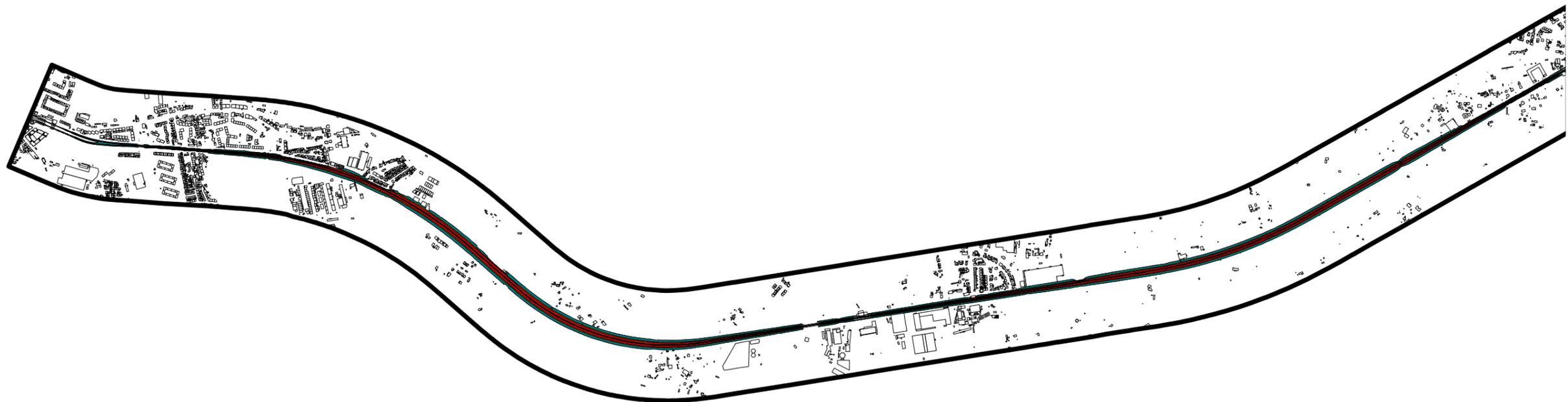
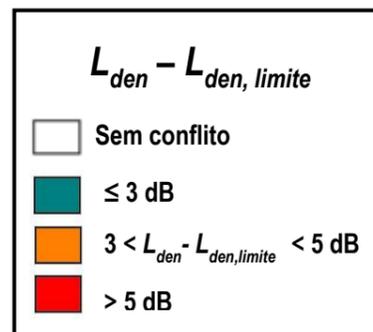
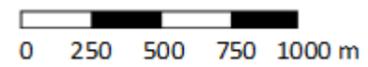
Mapa de Conflitos baseado nos MER da Linha do Sul I (Corroios – Coima/Fertagus) e na classificação acústica territorial - Indicador L_{den}



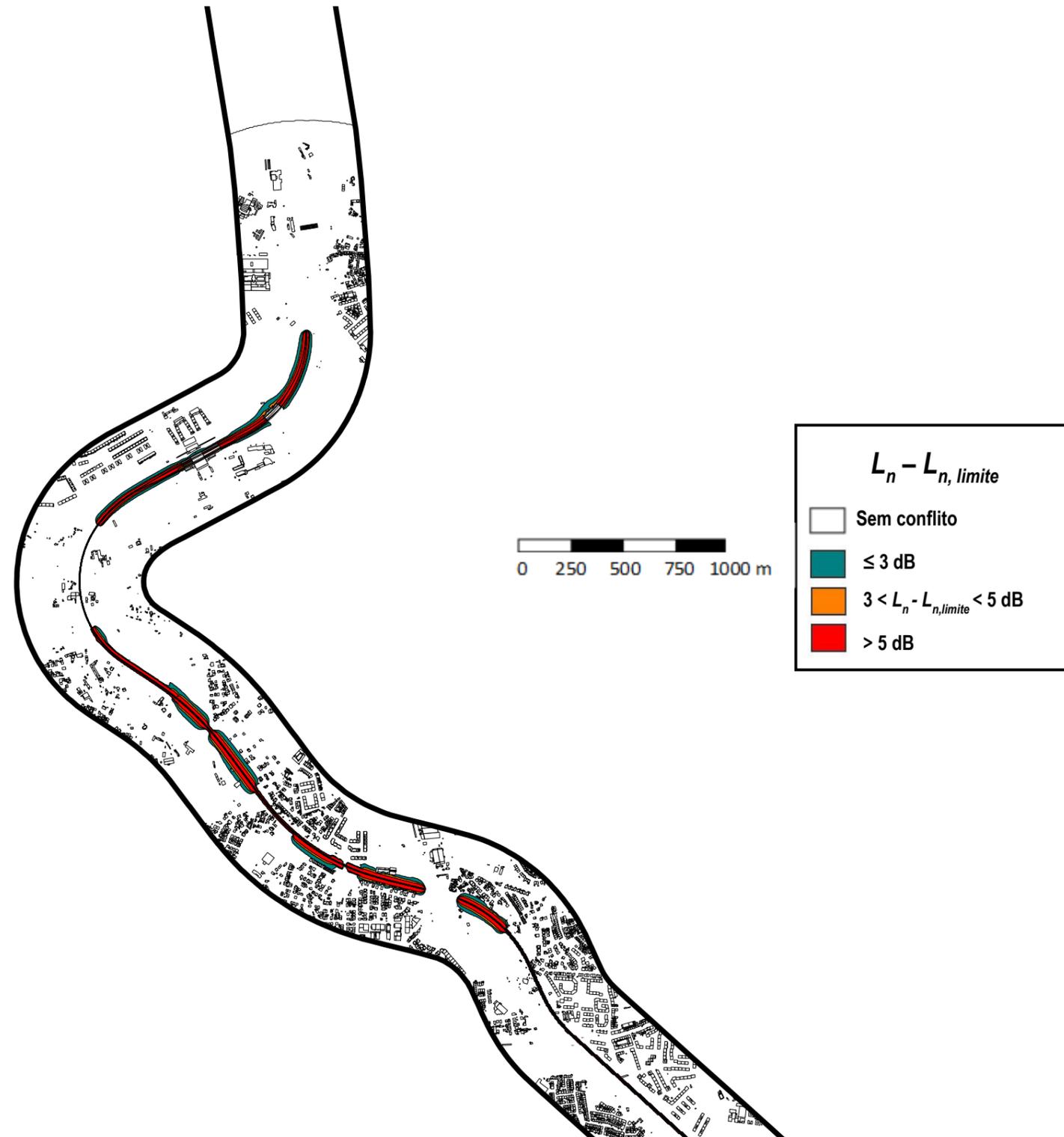
Mapa de Conflitos baseado nos MER da Linha do Sul I (Coima/Fertagus - Penalva) e na classificação acústica territorial - Indicador L_{den}



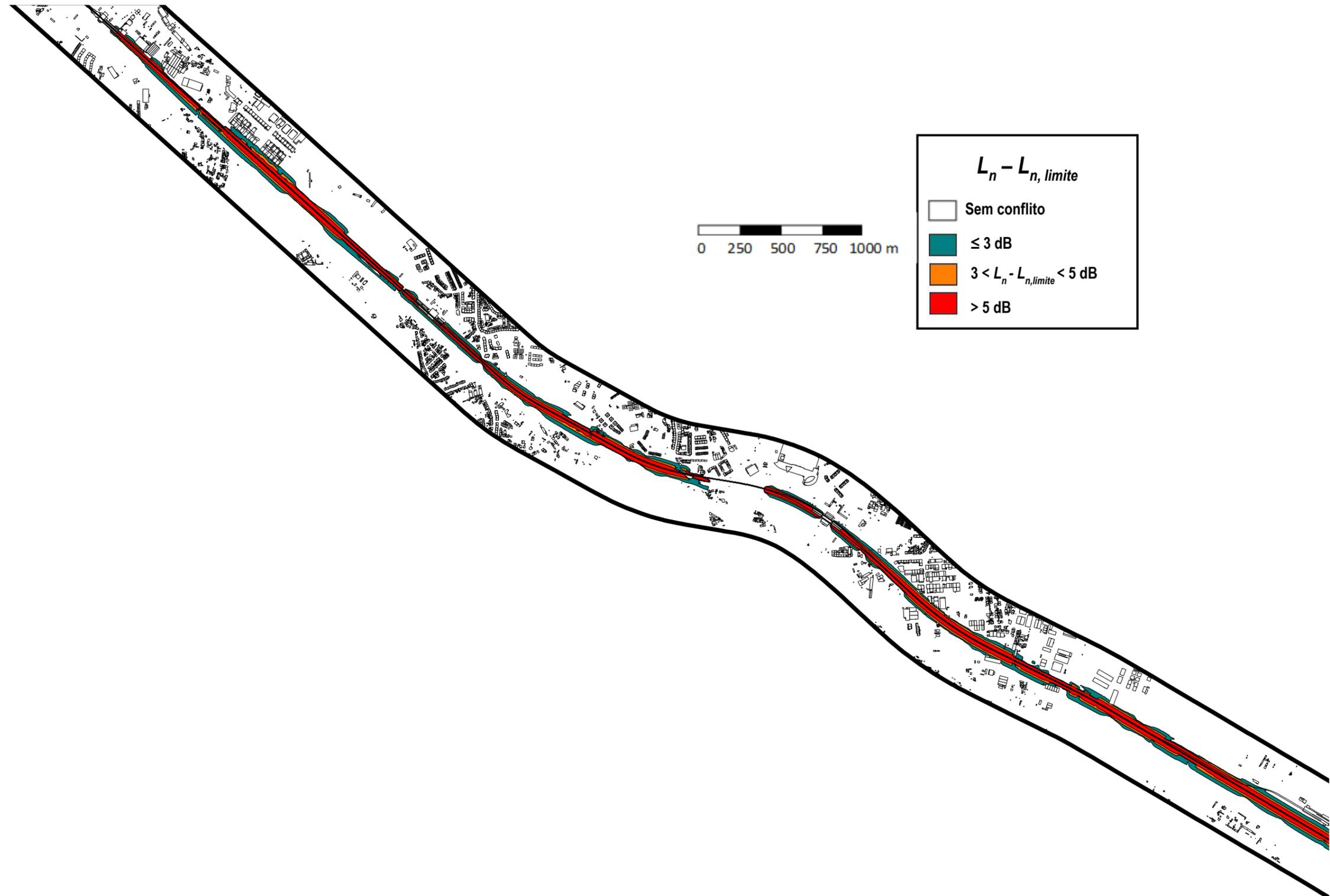
Mapa de Conflitos baseado nos MER da Linha do Sul I (Penalva – Venda do Alcaide) e na classificação acústica territorial - Indicador L_{den}



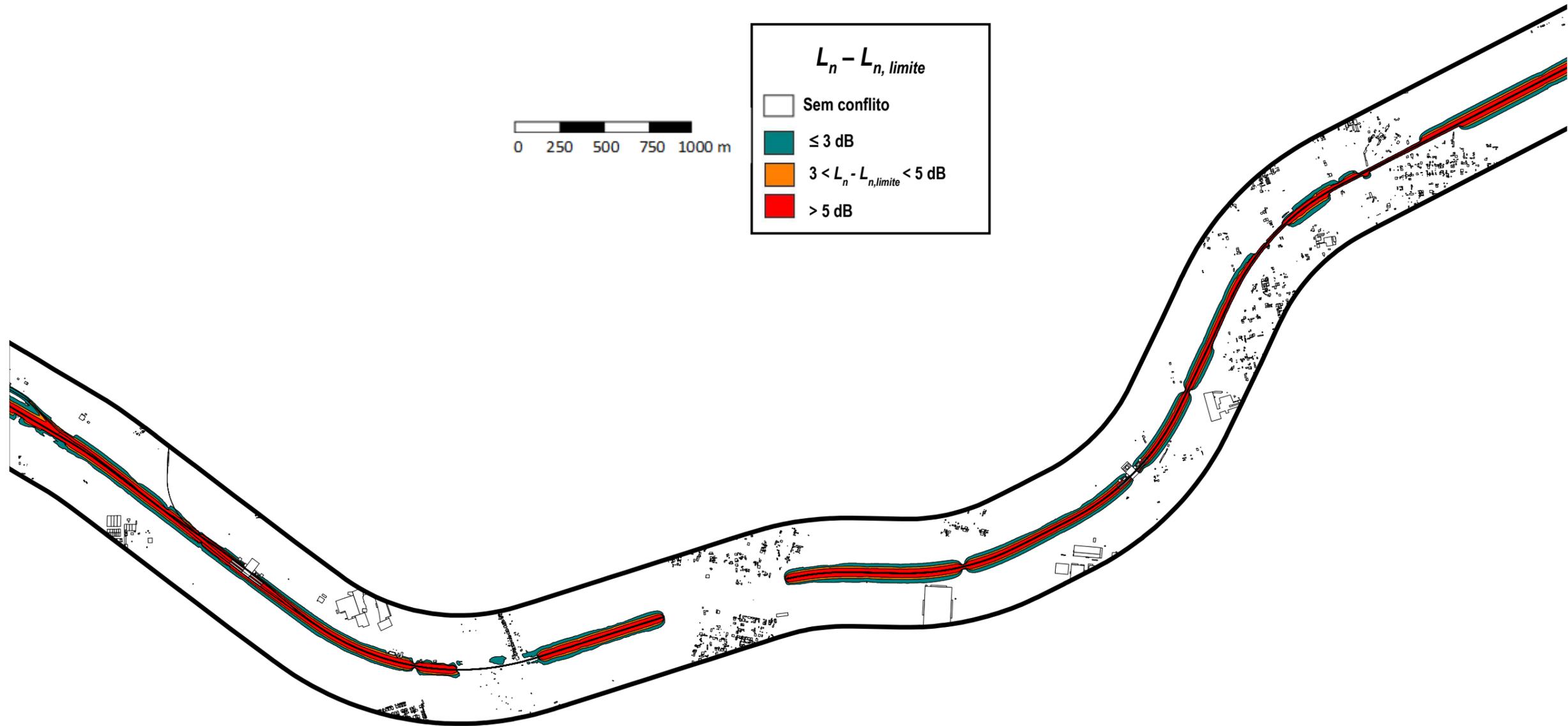
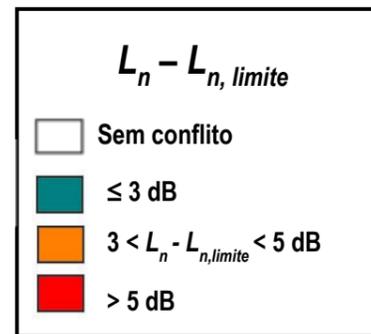
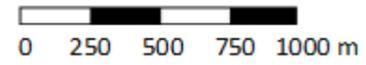
Mapa de Conflitos baseado nos MER da Linha do Sul I (Venda do Alcaide - Setúbal) e na classificação acústica territorial - Indicador L_{den}



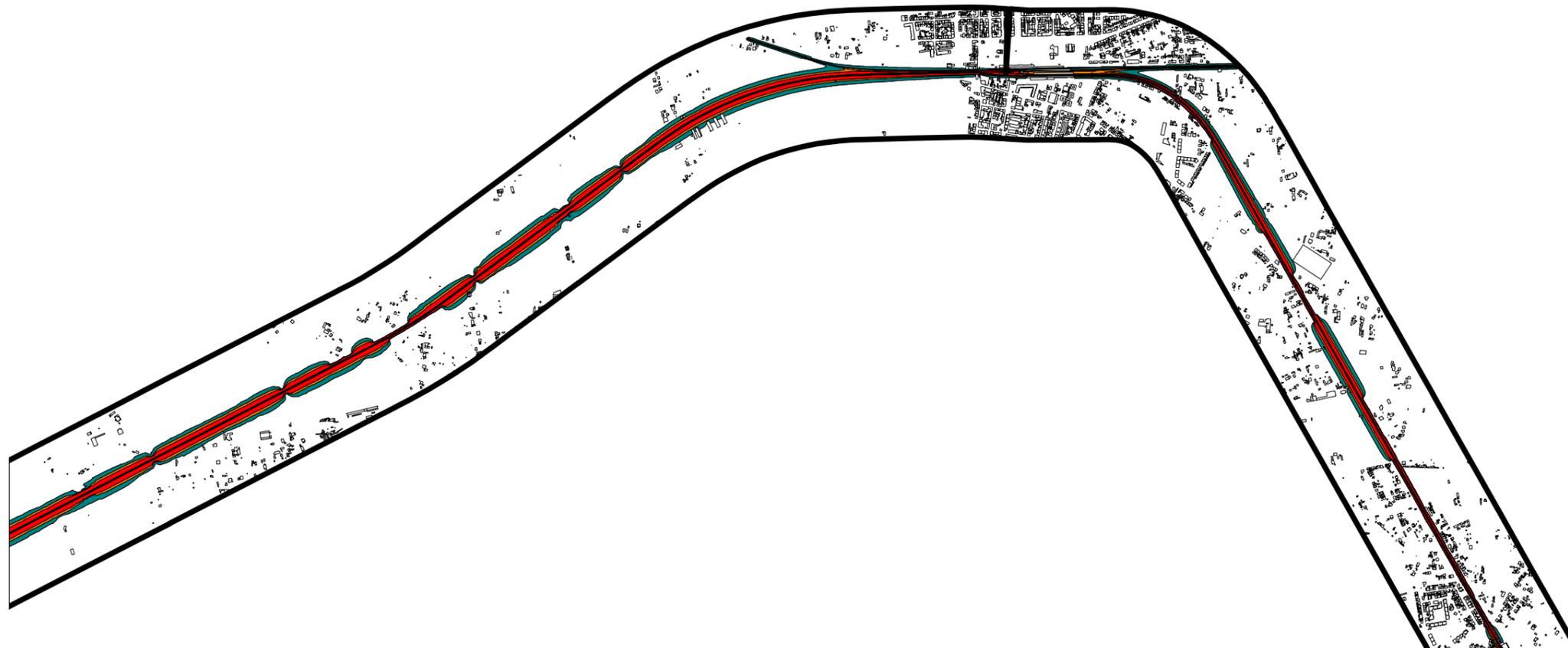
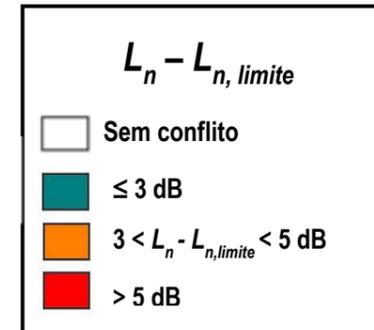
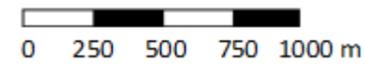
Mapa de Conflitos baseado nos MER da Linha do Sul I (Pragal – Corroios) e na classificação acústica territorial - Indicador L_n



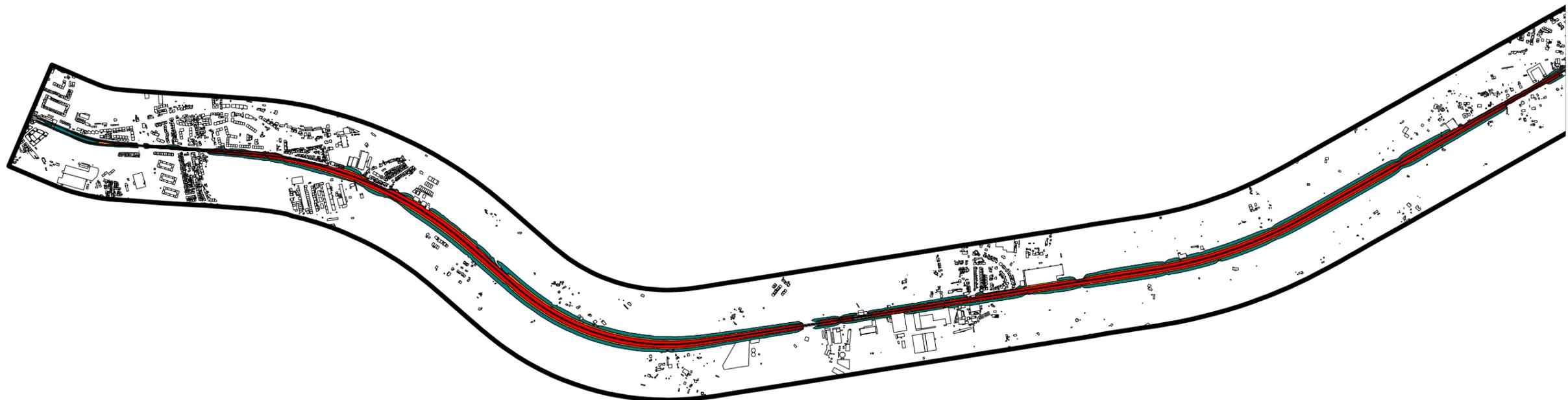
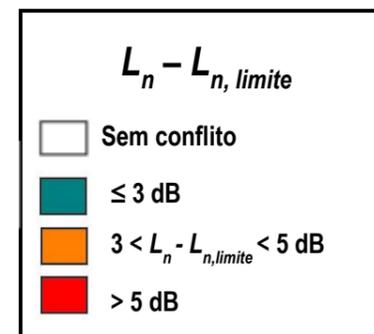
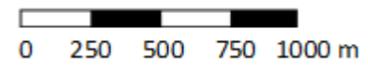
Mapa de Conflitos baseado nos MER da Linha do Sul I (Corroios – Coima/Fertagus) e na classificação acústica territorial - Indicador L_n



Mapa de Conflitos baseado nos MER da Linha do Sul I (Coima/Fertagus - Penalva) e na classificação acústica territorial - Indicador L_n



Mapa de Conflitos baseado nos MER da Linha do Sul I (Penalva – Venda do Alcaide) e na classificação acústica territorial - Indicador L_n

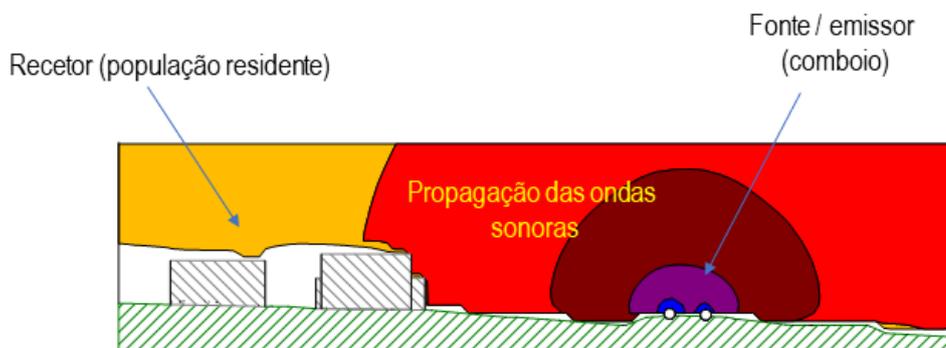


Mapa de Conflitos baseado nos MER da Linha do Sul I (Venda do Alcaide - Setúbal) e na classificação acústica territorial - Indicador L_n

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 considerou uma combinação racional e integrada das diferentes tipologias de ações, numa perspetiva de abordagem equilibrada, conforme as boas práticas atuais. 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 inoportáveis, 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 sonoro das fachadas 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.

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

Privilegiam-se, sempre que possível, as intervenções que atuem na redução de ruído na fonte (linha/material circulante).

Não são consideradas, por questões de exequibilidade prática, operacional e económica, ou por não se julgarem justificadas, outras medidas tais como a limitação de velocidades de circulação, alteração ao uso dos solos ou o reforço de isolamento sonoro de fachada.

A situação atualmente existente na Linha do Sul I revela um conjunto de intervenções com implicações positivas nas emissões sonoras geradas pelo tráfego ferroviário total. Estas intervenções incluem barreiras acústicas, cuja implantação resulta de anterior estudo sobre o controlo e redução do ruído ferroviário na Linha do Sul I, e a substituição, pelo operador CP, do material circulante no troço entre Pinhal Novo e Setúbal.

Pela análise dos mapas de conflito, constata-se que a combinação destas intervenções oferece já um eficaz grau de proteção sonora às populações expostas ao ruído com origem ferroviária, corroborando os benefícios das ações de minimização do ruído implementadas no âmbito do anterior trabalho e posteriores, validando a sua eficácia.

A análise da globalidade da envolvente da linha permitiu estimar o número de pessoas e o número de edifícios expostos às diferentes classes regulamentares de níveis sonoros.

Não foi identificada população residente nem edificado com uso sensível exposto a níveis sonoros excessivos, situados nos dois intervalos de conflito mais gravosos, ou seja, níveis sonoros superiores aos valores regulamentares em 3 dB ou mais.

Para a classe de menor conflito (≤ 3 dB), dita de vigilância, foi estimada a existência de 78 residentes, o que constitui uma percentagem extremamente reduzida (0,2%) de população residente, quando comparada com toda a população residente na envolvente estudada da linha (cerca de 38 000 pessoas). Esta população encontra-se exposta a níveis sonoros que, em média, superam os valores limite regulamentares em 0,8 dB, com um desvio padrão de 0,5 dB e um valor máximo de cerca de 1,6 dB. Estes valores representam desvios marginais, situados na banda inferior da margem de erro, mas que, no entanto, devem ser vigiados.

Estes resultados são consequência das intervenções para o controlo/redução de ruído já efetuadas na Linha do Sul I, nomeadamente a extensa implementação de barreiras acústicas e a intervenção no

material circulante, as quais, em conjunto, oferecem um eficaz grau de proteção sonora às populações expostas ao ruído com origem ferroviária. Como tal, o presente PA constitui-se principalmente como um instrumento de fiscalização, manutenção e vigilância da situação existente na envolvente da Linha do Sul I, não descurando ações diretas na fonte/via férrea que contribuam para o controlo dos níveis sonoros gerados por tal circulação.

Neste sentido, propõe-se a execução de um programa regular de esmerilagem da via, de modo a minimizar o desgaste ondulatorio do carril. Esta medida tem, como objetivo, a redução preventiva dos níveis sonoros gerados pela circulação ferroviária, nomeadamente o ruído de rolamento.

Recomenda-se, ainda, 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, para informar sobre intervenções na via relevantes para a minoração do 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.

O período de cinco anos de implementação do PA poderá ser dividido em duas fases. A primeira, correspondente aos primeiros três anos, compreenderá (i) ações de verificação e monitorização das medidas de controlo de ruído já implementadas, (ii) ações de sensibilização e informação sobre o ruído para a comunidade em geral. Numa segunda fase, nos dois anos seguintes, será dado início ao programa de esmerilagem periódica de carris. Será, ainda, dada continuidade às ações de sensibilização e informação.

A envolvente próxima da Linha do Sul I exhibe, numa parte importante da sua extensão, uma marcada concorrência com outras fontes sonoras, mais especificamente a circulação rodoviária. 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, no presente caso, não se tenham identificado situações gravosas de exposição de populações ao ruído, consequência da eficácia das medidas de controle de ruído já existentes e implementadas na Linha do Sul I.

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 às condições operacionais de exploração da linha, se for o caso. Os MER do próximo ciclo constituirão um diagnóstico da situação do ambiente sonoro atualizada.

O Quadro seguinte resume as ações já implementadas e a desenvolver no âmbito do PA da Linha do Sul I.

Nº	Ação	Calendarização
1	Intervenção no material circulante entre Pinhal Novo e Setúbal: substituição das UQE 2300/2400 por composições UTE 2240	Implementado
2	Esmerilagem periódica dos carris	Planeado
3	Programa de verificação e monitorização das medidas de controlo de ruído implementadas	Planeado
4	Circulação de Informação entre os vários <i>stakeholders</i> (Gestor de infraestrutura, Operadores, Câmaras, Tutela)	Planeado
5	Desenvolvimento de plataformas de informação ao público e à comunidade técnica sobre ruído ferroviário e das ações para o seu combate e gestão	Planeado
7	Elaboração regular de mapas de ruído para diagnóstico do ambiente sonoro na envolvente da Linha do Sul 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.