

IC17 - CIRCULAR REGIONAL INTERIOR DE LISBOA (CRIL)**SUBLANÇO BURACA / PONTINHA (INCLUINDO LIGAÇÕES A BENFICA)****AVALIAÇÃO AMBIENTAL DAS ALTERAÇÕES DO PROJECTO****SETEMBRO 2006****ANEXO II - AVALIAÇÃO ACÚSTICA****ÍNDICE DE TEXTO**

	Pág.
1 - INTRODUÇÃO	1
1.1 - ASPECTOS GERAIS.....	1
1.2 - OBJECTIVOS	2
1.3 - CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA DE ESTUDO	2
1.4 - ÂMBITO DOS TRABALHOS	3
 2 - ENQUADRAMENTO LEGAL.....	 4
 3 - ENVOLVENTE DO TRAÇADO	 5
3.1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS	5
3.2 - CARACTERÍSTICAS DOS LOCAIS DE ATRAVESSAMENTO	6
3.3 - CARACTERIZAÇÃO DO AMBIENTE ACÚSTICO LOCAL	14
 4 - RUÍDO DE TRÁFEGO RODOVIÁRIO	 16
4.1 - RUÍDO DE CIRCULAÇÃO RODOVIÁRIA.....	16
4.2 - PREVISÕES DO RUÍDO DE CIRCULAÇÃO RODOVIÁRIA	17
4.3 - NÍVEIS DE RUÍDO PREVISTOS NA ENVOLVENTE DO PROJECTO	26
4.3.1 - Troço 1 - Nó de Alfragide - Nó da Buraca.....	26
4.3.2 - Troço 2 - Nó da Buraca - Nó da Damaia	29
4.3.3 - Troço 3 - Nó da Damaia - Nó da Pontinha.....	30
4.3.4 - Troço 4 - Radial da Pontinha	31

	Pág.
5 - AVALIAÇÃO DE IMPACTES NO RUÍDO AMBIENTE E DE PROPOSTAS DE MINIMIZAÇÃO	33
5.1 -ANÁLISE GERAL	33
5.2 -IMPACTES POSITIVOS	33
5.3 -IMPACTES NEGATIVOS	34
5.4 -MEDIDAS MINIMIZADORAS DE RUÍDO.....	34
 6 - SOLUÇÕES MINIMIZADORAS DE RUÍDO	 35
6.1 - TIPOLOGIAS ADOPTADAS.....	35
6.1.1 -Metodologia.....	35
6.1.2 -Soluções	35
6.2 -PRÉ-DIMENSIONAMENTO ACÚSTICO DAS SOLUÇÕES	37
6.2.1 -Barreiras Acústicas	37
6.2.2 -Embocaduras e Tectos dos Túneis	44
6.3 -MAPAS DE RUÍDO APÓS IMPLEMENTAÇÃO DAS SOLUÇÕES DE MINIMIZAÇÃO ACÚSTICA.....	45
6.4 -NÍVEIS DE RUÍDO APÓS IMPLEMENTAÇÃO DAS SOLUÇÕES MINIMIZADORAS DE RUÍDO	45
6.4.1 -Troço 1 - Nó da Buraca.....	52
6.4.2 -Troço 2 - Nó da Buraca - Nó da Damaia	53
6.4.3 -Troço 3 - Nó da Damaia - Nó da Pontinha.....	53
6.4.4 -Troço 4 - Radial da Pontinha	55
 7 - ANÁLISE E CONCLUSÕES	 57

BIBLIOGRAFIA

ANEXO II.1 - CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DO PAVIMENTO DE BETUME MODIFICADO DE BORRACHA (BMB) E RESULTADOS DE ESTUDOS COMPARATIVOS COM OUTRO TIPO DE PAVIMENTOS

ÍNDICE DE QUADROS

	Pág.
Quadro 4.2.1 - Previsões de Tráfego (TMDA) para o Ano Horizonte de Projecto (2025)	19
Quadro 4.3.1 - Nó de Alfragide - Nó da Buraca. Valores de LAeq Previstos para os Diferentes Pisos de Receptores Tomados como Referência	26
Quadro 4.3.2 - Nó da Buraca - Nó da Damaia. Valores de LAeq Previstos para os Diferentes Pisos de Receptores Tomados como Referência	29
Quadro 4.3.3 - Nó da Damaia - Nó da Pontinha. Valores de LAeq Previstos para os Diferentes Pisos de Receptores Tomados como Referência	30
Quadro 4.3.4 - Radial da Pontinha. Valores de LAeq Previstos para os Diferentes Pisos de Receptores Tomados como Referência	31
Quadro 6.4.1 - Nó da Buraca - Valores de LAeq Previstos para os Diferentes Pisos de Receptores Tomados como Referência Após Adopção de Medidas	52
Quadro 6.4.2 - Nó da Buraca - Nó da Damaia. Valores de LAeq Previstos para os Diferentes Pisos de Receptores Tomados como Referência com Adopção de Barreiras Acústicas	53
Quadro 6.4.3 - Nó da Damaia - Nó da Pontinha. Valores de LAeq Previstos para os Diferentes Pisos de Receptores Tomados como Referência com Adopção de Barreiras Acústicas	53
Quadro 6.4.4 - Radial da Pontinha. Valores de LAeq Previstos para os Diferentes Pisos de Receptores Tomados como Referência com Adopção de Barreiras Acústicas....	55

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 3.2.1 - Ocupação Dominante na Zona Envolvente ao Nó da Buraca.....	7
Figura 3.2.2 - Corredor de Atravessamento da CRIL, entre o Nó da Buraca / Caminho-de-Ferro / Nó da Damaia (Túnel de Benfica).....	8
Figura 3.2.3 - Portas de Benfica e Venda Nova (Rotunda de Alfovelos)	10
Figura 3.2.4 - Corredor de Atravessamento do Traçado da CRIL, entre a Venda Nova e o Nó da Pontinha.....	12
Figura 3.2.5 - Corredor de Atravessamento do Traçado do IC16 - Radial da Pontinha.....	13
Figura 4.2.1 - Carta de Ruído sem Medidas - 2025. Período Diurno - CRIL (1/10 000)	20
Figura 4.2.2 - Carta de Ruído sem Medidas - 2025. Período Diurno - CRIL (1/5 000) - km 0+000 a km 1+800	21
Figura 4.2.3 - Carta de Ruído sem Medidas - 2025. Período Diurno - CRIL (1/5 000) - km 1+800 ao final e Radial da Pontinha.....	22
Figura 4.2.4 - Carta de Ruído sem Medidas - 2025. Período Nocturno - CRIL (1/10 000)	23
Figura 4.2.5 - Carta de Ruído sem Medidas - 2025. Período Nocturno - CRIL (1/5 000) - km 0+000 a km 1+800	24

	Pág.
Figura 4.2.6 - Carta de Ruído sem Medidas - 2025. Período Nocturno - CRIL (1/5 000) - km 1+800 ao Final e Radial da Pontinha	25
Figura 4.3.1 - Receptores de Referência - km 0+000 ao km 1+800.....	27
Figura 4.3.2 - Receptores de Referência - km 1+800 ao km Final e Radial da Pontinha	28
Figura 6.2.1 - Esquema de Implantação da Barreira Acústica 1	39
Figura 6.2.2 - Esquema de Implantação da Barreira Acústica 2	40
Figura 6.2.3 - Esquema de Implantação da Barreira Acústica 3	41
Figura 6.2.4 - Esquema de Implantação das Barreiras Acústicas 4 e 5.....	42
Figura 6.2.5 - Esquema de implantação da Barreira Acústica 6	42
Figura 6.2.6 - Esquema de Implantação da Barreira Acústica RP1	43
Figura 6.2.7 - Esquema de Implantação da Barreira Acústica RP2	43
Figura 6.2.8 - Esquema de Implantação da Barreira Acústica RP3	44
Figura 6.3.1 - Carta de Ruído após a Introdução de Soluções Minimizadoras de Ruído (1/10 000) - 2025 - Período Diurno.....	46
Figura 6.3.2 - Carta de Ruído após a Introdução de Soluções Minimizadoras de Ruído (1/5 000) - km 0+000 a 1+800 - 2025 - Período Diurno	47
Figura 6.3.3 - Carta de Ruído após a Introdução de Soluções Minimizadoras de Ruído (1/5 000) - km 1+800 / final do Sublanço e Radial da Pontinha- 2025 - Período Diurno.....	48
Figura 6.3.4 - Carta de Ruído após a Introdução de Soluções Minimizadoras de Ruído (1/10 000) - 2025 - Período Nocturno.....	49
Figura 6.3.5 - Carta de Ruído após a Introdução de Soluções Minimizadoras de Ruído (1/5 000) - km 0+000 a 1+800 - 2025 - Período Nocturno	50
Figura 6.3.6 - Carta de Ruído após a Introdução de Soluções Minimizadoras de Ruído (1/5 000) - km 1+800 / final do Sublanço e Radial da Pontinha- 2025 - Período Nocturno.....	51

IC17 - CIRCULAR REGIONAL INTERIOR DE LISBOA (CRIL)

SUBLANÇO BURACA / PONTINHA (INCLUINDO LIGAÇÕES A BENFICA)

AVALIAÇÃO AMBIENTAL DAS ALTERAÇÕES DO PROJECTO

SETEMBRO 2006

ANEXO II - AVALIAÇÃO ACÚSTICA

1 - INTRODUÇÃO

1.1 - ASPECTOS GERAIS

No contexto do processo de concepção e avaliação ambiental da CRIL, no lanço Buraca-Pontinha, encontra-se em avaliação uma nova proposta de traçado, com a qual se visa dar cumprimento, na medida do possível/viável, às condicionantes constantes na DIA e simultaneamente às preocupações emanadas das Consultas Públicas.

Das preocupações evidenciadas no decurso do processo de Avaliação de Impacte Ambiental, o ruído constitui uma das mais relevantes, função do elevado tráfego prospectivado para a CRIL, bem como da proximidade do futuro eixo rodoviário a usos classificados como sensíveis.

Assim sendo, e dando-se ênfase ao que respeita a implicações acústicas, para dar cumprimento a essas determinações, foram introduzidas alterações do projecto rodoviário nomeadamente:

- ♦ alteração da geometria do nó da Buraca devido ao rebaixamento das cotas da rasante no Trecho compreendido entre este Nó e a obra de arte sob o caminho de ferro;
- ♦ alteração da cobertura do túnel do lado Nascente, entre o km 1+200 e até cerca do km 1+500, junto de um alinhamento de moradias uni-familiares do Bairro de Santa Cruz;

- ♦ atravessamento do vale de Benfica parcialmente em trincheira e parcialmente em túnel em substituição do anterior viaduto;
- ♦ alteração do traçado em perfil na encosta de Alfovelos, no trecho entre a Estrada da Correia e o nó da Pontinha, por forma a acautelar uma melhor inserção na encosta e minimizar os impactos nos edifícios da urbanização da Colina do Sol;
- ♦ ripagem do traçado em planta na Radial da Pontinha / IC16, entre o nó da Pontinha e a Rotunda de Benfica, incluindo a consideração de 2 túneis, um com cerca de 75 m e o outro com cerca de 200 m de extensão; esta situação encontra-se já enquadrada nas alterações aprovadas ao projecto de execução, mas considerou-se relevante reanalisar este eixo no que respeita aos impactos acústicos.

Por último refere-se que, não se tendo registado alterações do traçado na ligação a Benfica, e não se verificando a ocorrência de ocupações sensíveis nas suas imediações, este eixo não foi analisado na presente avaliação.

1.2 - OBJECTIVOS

De acordo com os pressupostos referidos desenvolveu-se uma avaliação acústica para o projecto em apreço, a qual inclui o estudo de impactos acústicos e consequente estudo de Protecção Sonora do traçado em projecto, considerando o contexto legal aplicável e as normas que a respeito têm sido definidas pelas entidades competentes nesta matéria.

Os estudos ora apresentados foram desenvolvidos pela ACUSTICCONTROL, sob a supervisão técnica do Eng.º Bento Coelho, e mediante a articulação com a equipa de projecto e de estudos ambientais do presente sublanço da CRIL.

Tal articulação permitiu que fossem consideradas soluções específicas de minimização dos impactos acústicos.

1.3 - CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA DE ESTUDO

A circulação rodoviária no Sublanço entre Buraca e Pontinha do projecto rodoviário do IC17 (CRIL), é susceptível de induzir impactos no ambiente sonoro das zonas da envolvente do traçado, devido à influência do ruído de tráfego rodoviário e à sensibilidade das utilizações existentes nas zonas vizinhas, que se materializam maioritariamente por edifícios de habitação e, pontualmente, unidades de ensino.

Os níveis sonoros que resultarão da circulação rodoviária neste lanço serão função do número e do tipo de veículos em circulação, bem como da velocidade média a que os mesmos se

desloquem, situação esta que dependerá necessariamente das características técnicas da via com sejam: número de vias por faixa de rodagem, inclinação da via, desenvolvimento em túnel ou a céu aberto, pavimento, entre outros.

Por outro lado, tendo presente que está em causa um importante eixo viário de articulação urbana / metropolitana, perspectivam-se elevados quantitativos de tráfego, situação que é aliás já visível nos trechos antecedente e consequentes.

Refere-se ainda que este eixo se irá implantar numa zona que evidencia elevadas densidades de tráfego, tanto no que respeitam aos sublanços da CRIL a articular, como nas vias locais, quer no período diurno quer no período nocturno.

Assim sendo, o novo lanço, incluindo os nós e eixos de articulação viária local, será responsável pela emissão sonora de níveis elevados de ruído, sobrepondo-se muito provavelmente ao contexto acústico local, mas irá simultaneamente absorver grande parte das fontes actualmente responsáveis pela produção de ruído a nível local (a este respeito poderão mesmo perspectivar-se algumas situações de impacte positivo).

De facto, na imediata proximidade da envolvente do Sublanço entre Buraca e Pontinha da CRIL, observa-se uma elevada densidade populacional, coexistindo ocupações de habitação, edifícios de tipo escolar, espaços de lazer e entretenimento, zonas de comércio, construções ou outras actividades ruidosas, que motivam intensos e diversificados fluxos de tráfego.

Toda esta malha urbana é servida por uma complexa e apertada rede de comunicações viárias que se constitui na fonte predominante de perturbação do ruído ambiente local. O novo Sublanço entre Buraca e Pontinha irá substituir uma parte substancial desta rede viária local.

1.4 - ÂMBITO DOS TRABALHOS

Tendo presente o exposto, ou seja, contexto de avaliação ambiental do projecto e características do mesmo, bem como a respectiva área de inserção, os trabalhos que aqui se reportam compreendem:

- ♦ avaliação geral dos impactes no ambiente sonoro das zonas envolventes do traçado rodoviário;
- ♦ análise da envolvente dos trechos do traçado que sofreram alterações, nomeadamente:
 - zona envolvente do nó da Buraca;
 - zona envolvente da plena via;

- zona envolvente da Radial da Pontinha, sobre a qual incide igualmente a presente análise.
- ♦ previsões do ruído ambiente gerado pela circulação rodoviária, materializadas no desenvolvimento de Cartas de Ruído para os períodos diurno e nocturno das zonas envolventes do projecto, elaboradas para o ano horizonte (2025), e tendo presente o cenário intervencionista de tráfego (conforme explicitado em anteriores estudos afectos ao mesmo projecto) e considerando como premissa de base o uso de pavimento de betume modificado de borracha (BMB) nos trechos a céu aberto;
- ♦ recomendação e pré-dimensionamento das medidas minimizadoras de ruído, no sentido de verificar a sua viabilidade técnica e funcional, com vista a cumprir os limites de ruído ambiente exterior legalmente estabelecidos para as zonas com classificação de “zonas mistas”, ou seja, 65 dB(A) no período diurno e 55 dB(A) no período nocturno, ao nível dos espaços exteriores e, mesmo, ao nível das fachadas dos pisos superiores, de acordo com anteriores requisitos.

No presente documento são apresentados os resultados e conclusões de todas estas fases de trabalho.

2 - ENQUADRAMENTO LEGAL

A legislação nacional em matéria de ruído ambiente, actualmente enquadrada pelo RLPS - Regime Legal sobre a Poluição Sonora (anexo ao Decreto-lei n.º 292/2000 de 14 de Novembro), estabelece limites para os níveis admissíveis junto de usos com sensibilidade ao ruído.

As infra-estruturas de transporte são contempladas no seu artigo 15º, “Infra-estruturas de transporte”, o qual determina que “as entidades responsáveis pelo planeamento ou pelo projecto das novas infra-estruturas de transportes rodoviários ... ou pelas alterações às existentes devem adoptar as medidas necessárias para que a exposição da população ao ruído no exterior não ultrapasse os níveis sonoros referidos no n.º 3 do artigo 4º, para as zonas sensíveis e mistas”. Este artigo estabelece como limites para o valor do índice L_{Aeq} : 55 dB(A) no período diurno e 45 dB(A) no período nocturno nas “zonas sensíveis” e 65 dB(A) no período diurno e 55 dB(A) no período nocturno nas “zonas mistas”.

O artigo 3º de RLPS define *zonas sensíveis* como áreas “vocacionadas para usos habitacionais, existentes ou previstos, bem como para escolas, hospitais, espaços de recreio e lazer e outros equipamentos colectivos prioritariamente utilizados pelas populações como locais de recolhimento, existentes ou a instalar”. *Zonas mistas* são “as zonas existentes ou

previstas cuja ocupação seja afectada a outras utilizações, para além das referidas na definição de zonas sensíveis, nomeadamente a comércio e serviços”. O n.º 2 do artigo 4º do RLPS estabelece que a “classificação de zonas sensíveis e mistas ... é da competência das câmaras municipais”.

Actualmente, a Câmara Municipal de Lisboa encontra-se em fase final de estudo da classificação das zonas, tendo em conta as definições constantes no Decreto-Lei nº 292/2000 e as características do ambiente envolvente, sobretudo se determinadas por infra-estruturas nacionais ou outras instalações estruturantes.

Como tal classificação ainda não se encontra concluída, e em face da ocupação existente nas áreas envolventes, que revelou a co-existência de usos de habitação e escolares com outros, nomeadamente de comércio e serviços, bem como de vias rodoviárias estruturantes, tomou-se no presente projecto, para valores objectivos dos índices de ruído ambiente os limites expressos na legislação em vigor para “zonas mistas”,

3 - ENVOLVENTE DO TRAÇADO

3.1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS

O projecto da CRIL entre a Buraca e a Pontinha visa estabelecer a ligação rodoviária entre as duas extensões da CRIL já construídas: Algés/Buraca e Pontinha/Sacavém.

Este corredor atravessa zonas de elevada densidade populacional e diversas tipologias de ocupações do solo, observando-se desde aglomerados de edifícios de habitação com 12 pisos, até extensas áreas em reabilitação que foram o objecto de ocupação por habitação degradada (vulgo barracas), ainda que maioritariamente no corredor do IC17 e IC16 estas se encontrem já quase integralmente demolidas.

As zonas atravessadas pelo projecto da CRIL Buraca/Pontinha são:

- ◆ Buraca - entre o início do traçado e a Linha de Sintra da CP;
- ◆ Bairro de Santa Cruz / Damaia - após a Linha de Sintra;
- ◆ Portas de Benfica / Pedralvas;
- ◆ Venda Nova;
- ◆ Alfozelos / Colina do Sol.

Já a Radial da Pontinha encontra-se projectada na área da Colina do Sol, próximo da Azinhaga dos Besouros, sensivelmente nos limites dos concelhos de Amadora e Odivelas.

Em todo o traçado, exceptuando o Bairro de Santa Cruz (a Este da CRIL), convivem habitações com comércio e serviços. O Bairro de Santa Cruz é constituído essencialmente por habitações do tipo uni-familiar com 2 pisos, terreno circundante e garagens. Ainda se encontram nas proximidades do traçado da CRIL alguns estabelecimentos de ensino e uma Creche.

As fontes de ruído responsáveis pelo estabelecimento do ambiente sonoro na envolvente do projecto da CRIL - Sublanço Buraca/Pontinha são:

- ♦ ruído de tráfego rodoviário nas vias localizadas nas proximidades do traçado projectado;
- ♦ ruído de tráfego ferroviário gerado pela circulação na Linha de Sintra;
- ♦ ruídos naturais;
- ♦ ruído gerado por actividades humanas decorrentes da circulação normal de pessoas nas ruas ou de actividades domésticas.

3.2 - CARACTERÍSTICAS DOS LOCAIS DE ATRAVESSAMENTO

No traçado da plena via do Sublanço Buraca/Pontinha encontram-se usos com sensibilidade ao ruído nas zonas indicadas seguidamente e ilustradas nas **Figuras 3.2.1 a 3.2.5**:

Nó da Buraca

- ♦ desde o km inicial até cerca do km 0+900, lado Oeste, encontram-se implantados diversos edifícios de altura variável entre 3 e 15 pisos, a distâncias ao traçado superiores a 10 m, na sua maioria destinados a comércio e serviços no primeiro piso e a habitação nos pisos superiores (**Figura 3.2.1**);

De referir a existência de um Lar da 3ª idade, na imediata proximidade do Ramo 7 do nó da Buraca (**Figura 3.2.1 a**).

Nó da Buraca / Caminho-de-Ferro

- ♦ a partir do km 0+900 e até à Linha de Sintra, cerca do km 1+050, encontram-se implantados no lado Oeste e no limite do traçado, edifícios com 11 e 12 pisos, sendo os 3 primeiros pisos destinados a empresas e oficinas e os restantes pisos a habitação (**Figura 3.2.2**);

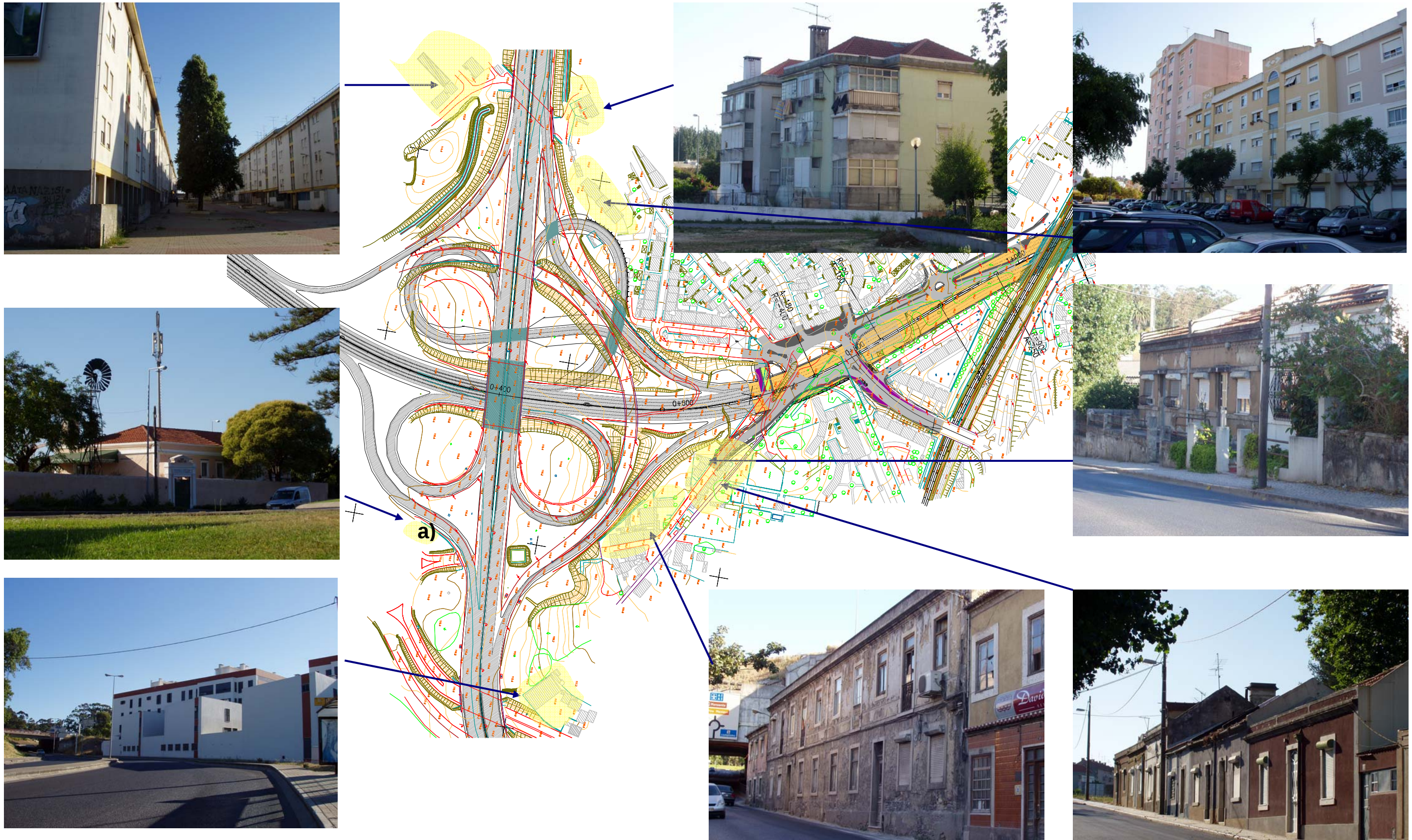


Figura 3.2.1 - Ocupação Dominante na Zona Envolvente ao Nó da Buraca



Figura 3.2.2 - Corredor de Atravessamento da CRIL, entre o Nó da Buraca / Caminho-de-Ferro / Nó da Damaia (Túnel de Benfica)

- ♦ entre o km inicial e até cerca do km 1+000, no lado Este, e a partir dos limites do traçado, encontram-se implantadas algumas habitações isoladas de 1 e 2 pisos, restaurantes, oficinas e edifícios com 5 pisos (**Figura 3.2.2**);

Caminho-de-Ferro / Nó da Damaia

- ♦ entre cerca do km 1+000 e o km 1+600 aproximadamente, no lado Este, a distância iguais e superiores a 7 m, e a cotas inferiores (**Figura 3.2.2-e**), situa-se o Bairro de Santa Cruz. Este bairro é constituído por blocos de habitações do tipo uni-familiar com 2 pisos na sua maioria. Ainda neste lado do traçado, ao km 1+600 sensivelmente, encontra-se implantado o Jardim de Infância de Benfica N.º 3;
- ♦ desde cerca do km 1+150 e até ao km 1+675, no lado Oeste, encontram-se blocos de edifícios com 4 a 9 pisos. O uso destes edifícios é essencialmente habitacional, contudo, em muitos dos edifícios o rés-do-chão está reservado a actividades comerciais ou serviços com predominância para a reparação metalomecânica. As habitações mais próximas do traçado situam-se a uma distância de cerca de 4 m;

Nó da Damaia / Venda Nova

- ♦ a partir do km 1+600 e até cerca do km 2+100 o traçado projectado da CRIL atravessa uma área que tem sido ocupada por habitação degradada (barracas). Actualmente, observa-se que está em curso, praticamente concluído, um processo de demolição destas habitações (**Figura 3.2.3**);
- ♦ cerca do km 1+700 aproximadamente, a partir de 45 m para Este do traçado, estão implantados blocos de habitação com 4 a 6 pisos. Em alguns destes edifícios o rés-do-chão é destinado a comércio e serviços;
- ♦ desde cerca do km 1+800 até ao km 2+000, lado Oeste, para além de habitações degradadas, coexistem empresas e outras habitações, nomeadamente um bloco de habitações com 1 piso e edifícios com mais de 10 pisos. As habitações mais próximas ao traçado situam-se a cerca de 10 m (**Figura 3.2.3 - a**);
- ♦ cerca do km 2+000 (Portas de Benfica), estão implantados edifícios de habitação e/ou comércio ou serviços dispostos ao longo da Rua Elias Garcia (EN 249). A altura destes edifícios varia entre um e sete pisos;
- ♦ desde sensivelmente o km 2+000 e até cerca do km 2+500, no lado Oeste do traçado, encontra-se um conjunto de habitações degradadas situadas ao longo da Estrada Militar. Algumas dessas habitações encontram-se em fase de demolição. As habitações mais próximas estão situadas a cerca de 5 m do traçado (**Figura 3.2.3 - b**);



Figura 3.2.3 - Portas de Benfica e Venda Nova (Rotunda de Alfoanelos)

- ♦ no lado oposto, isto é, no lado Este do traçado, entre o km 2+050 e o km 2+450, encontra-se o Bairro das Pedralvas, composto por blocos de apartamentos na sua maioria com 6 pisos, que se localizam a distâncias da ordem de grandeza ou superiores a 30 m do traçado (**Figura 3.2.3 - c), e) e d)**);
- ♦ cerca do km 2+375 localiza-se a Associação de Pais de Cidadãos Deficientes Mentais, a 5 m do traçado;
- ♦ entre cerca do km 2+500 e o km 2+650, no lado Oeste, encontra-se o Bairro da Venda Nova, composto por blocos de habitação com 3 e 4 pisos localizados a partir do limite do projecto (**Figura 3.2.3 - e) e f)**);
- ♦ entre cerca do km 2+600 e o km 2+675, lado Este, regista-se a presença de diversas construções destinadas essencialmente a habitação. Os edifícios contam com alturas de 1 a 3 pisos e estão localizados a partir do limite do projecto (**Figura 3.2.3 - f)**);

Venda Nova / Pontinha

- ♦ no lado Oeste, a partir de 40 m do traçado, encontra-se localizada a Escola Básica 2 3 de Alfofnelos, entre os km 2+850 e 3+100, aproximadamente (**Figura 3.2.4 - 4)**);
- ♦ desde cerca do km 2+700 e até ao km 3+400, aproximadamente, observam-se no lado Este, algumas habitações uni-familiares e alguns blocos de habitação com 3 ou 4 pisos (estes últimos, a partir do km 2+900). Os edifícios com usos sensíveis ao ruído encontram-se a distâncias da ordem dos 20 m ou superiores (**Figura 3.2.4 - b)**).

No traçado projectado para a **Radial da Pontinha** são encontradas as seguintes utilizações com sensibilidade ao ruído (**Figura 3.2.5)**:

- ♦ entre cerca do km 0+700, aproximadamente, e o km final, no lado Oeste, desenvolve-se o Bairro da Colina do Sol constituído por blocos de edifícios de habitação com 10 a 15 pisos (**Figura 3.2.5 - a) e b)**); estes prédios de habitação localizam-se a distâncias superiores a 30 m do traçado;; exceptua-se a partir de cerca do km 1+400, onde os edifícios apresentam 4 pisos.
- ♦ no lado oposto, a Este, e imediatamente a seguir ao limite do projecto, encontra-se a zona de habitação degradada da Azinhaga dos Besouros. Ainda neste lado, encontram-se implantados diversos blocos de habitação a distâncias superiores a 90 m (**Figura 3.2.5 - c), d) e e)**).

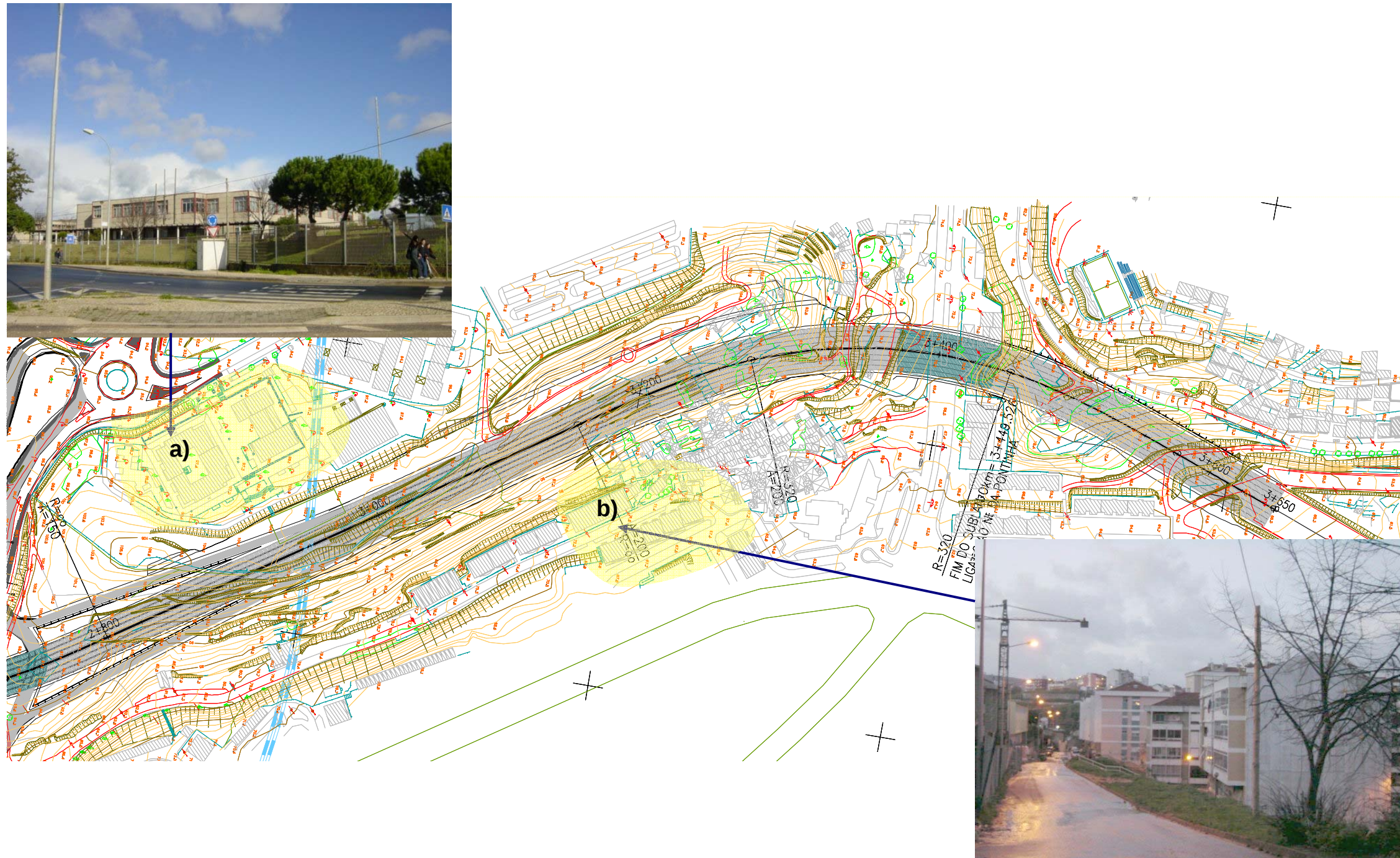


Figura 3.2.4 - Corredor de Atravessamento do Traçado da CRIL, entre a Venda Nova e o Nó da Pontinha



Figura 3.2.5 - Corredor de Atravessamento do Traçado do IC16 - Radial da Pontinha

No traçado projectado para a **Ligação ao Nó de Benfica** são encontrados os usos com sensibilidade ao ruído, os quais contudo se encontram actualmente em processo de reabilitação, por demolição, nomeadamente:

- ♦ os ramos do designado Nó da Venda Nova encontram-se projectados sobre uma área de habitação degradada, a qual se encontra actualmente em processo de reabilitação pela irradiação das barracas;
- ♦ o eixo de ligação do Nó à Rotunda de Benfica está previsto para uma área que combina habitação degradada, esta evidenciando igualmente processo de reabilitação por demolição e previsível realojamento, com outras habitações do tipo uni-familiar, a distâncias sempre superiores a 20 m.
- ♦ na proximidade da Ligação a Benfica refere-se ainda o Cemitério de Benfica.

Face à ausência / natureza dos usos identificados, esta ligação não constitui objecto do presente estudo, conforme anteriormente referido.

3.3 - CARACTERIZAÇÃO DO AMBIENTE ACÚSTICO LOCAL

Para a caracterização do ambiente sonoro da envolvente Sublanço entre Buraca e Pontinha do projecto rodoviário da Circular Regional Interior de Lisboa - CRIL, foram efectuadas medições de ruído ambiente em diversos locais, na vigência do período diurno e do período nocturno, com vista a proceder a uma avaliação, tão aproximada quanto possível, dos níveis sonoros que actualmente se verificam nas diferentes zonas da envolvente do traçado.

Para a caracterização do ruído ambiente na zona envolvente do projecto rodoviário foi registado o valor do índice acústico L_{Aeq} , bem como o de alguns índices estatísticos, tais como o L_{A50} , para suporte da análise.

As medições acústicas foram efectuadas com modelos de equipamentos aprovados pelo Instituto Português da Qualidade (Diário da República, III Série de 28-10-1993) e devidamente verificados pelo Laboratório de Metrologia Acústica.

Os procedimentos experimentais seguiram as recomendações descritas na normalização portuguesa aplicável, nomeadamente as constantes na NP-1730, "Acústica. Descrição e medição do ruído ambiente".

Observou-se que o tráfego rodoviário que circula nas vias existentes na área envolvente do projecto em estudo, constitui a principal fonte sonora responsável pela grandeza dos níveis sonoros verificados.

Pontualmente identificaram-se outras fontes com destaque para o eixo de circulação do caminho-de-ferro (linha de Sintra) e algumas unidades de metalomecânica e reparação de automóveis na Damaia, fronteira ao Bairro de Santa Cruz.

A análise dos valores obtidos nas diversas medições acústicas efectuadas permite concluir:

Período Diurno

♦ Nó da Buraca

Todos os locais avaliados apresentam valores de L_{Aeq} superiores a 60 dB(A). A amplitude destes valores é determinada pelo ruído de circulação rodoviária (i) no IC19, (ii) na 2ª Circular e (iii) na Radial de Benfica.

♦ Plena Via do Sublanço Buraca/Pontinha

Todos os locais avaliados apresentam valores de L_{Aeq} superiores a 55 dB(A) e inferiores ou da ordem de grandeza de 70 dB(A). Os valores mais elevados foram obtidos na vizinhança: (i) das artérias rodoviárias localizadas na envolvente da futura Rotunda do Patriarcado, (ii) da linha ferroviária de Sintra e (iii) das artérias rodoviárias localizadas no Bairro de Santa Cruz e das Portas de Benfica.

♦ Radial da Pontinha

Os locais avaliados apresentam uma uniformidade nos valores de L_{Aeq} , tendo-se obtido valores de L_{Aeq} superiores a 55 dB(A) e inferiores a 65 dB(A).

Período Nocturno

♦ Nó da Buraca

Registaram-se valores de L_{Aeq} iguais e/ou superiores a 55 dB(A). Esta diminuição de valores relativamente aos obtidos no período diurno deve-se à diminuição da densidade de tráfego nas artérias rodoviárias existentes.

♦ Sublanço Buraca/Pontinha - Plena Via

Os valores de L_{Aeq} registados tendem a seguir o comportamento dos registos durante a vigência do período diurno, isto é, os locais mais perturbados durante o dia também o são durante a noite.

Registaram-se valores de L_{Aeq} superiores a 55 dB(A) nos locais situados na vizinhança (i) das artérias rodoviárias localizadas na envolvente da futura Rotunda do Patriarcado,

(ii) da linha ferroviária de Sintra e (iii) das artérias rodoviárias localizadas no Bairro de Santa Cruz e das Portas de Benfica.

Todos os restantes locais apresentam valores de L_{Aeq} inferiores ou da ordem de grandeza de 55 dB(A) e superiores a 45 dB(A).

♦ **Radial da Pontinha**

Registaram-se valores de L_{Aeq} inferiores a 55 dB(A).

4 - RUÍDO DE TRÁFEGO RODOVIÁRIO

4.1 - RUÍDO DE CIRCULAÇÃO RODOVIÁRIA

O ruído de tráfego rodoviário é resultado da contribuição de várias fontes sonoras - os veículos - incorrelacionadas entre si.

A produção de ruído individual de cada veículo determinará o valor resultante total. A sua velocidade média é um parâmetro relevante na produção de ruído (ruído do motor). Um veículo pesado produzirá níveis mais elevados do que um veículo ligeiro. A percentagem de veículos pesados do tráfego médio constitui assim um parâmetro determinante do ruído e de contabilização fundamental na previsão dos níveis de ruído emitidos.

Outros tipos de parâmetros, relacionados com a via, são igualmente influentes. O tipo de piso é importante. Aspectos como a inclinação da via não se colocam no caso em estudo, dados os pequenos ângulos de inclinação da auto-estrada.

O ruído resultante, sendo constituído por um conjunto de fontes móveis, produz um sinal sonoro intermitente - passagem dos veículos. Impõe-se uma análise estatística e uma análise energética.

Para um fluxo de tráfego suficientemente intenso e regular, a fonte sonora pode considerar-se como uma fonte em linha. A radiação de uma fonte em linha é em onda cilíndrica. A atenuação da energia sonora com distância de afastamento faz-se com 3 dB por dobro da distância.

A localização dos locais de avaliação assume importância. Com tráfego pouco intenso e a pequenas distâncias da estrada, ou se apenas um troço desta actua como fonte sonora, a lei da radiação esférica (diminuição dos níveis segundo 6 dB por dobro da distância) poderá ser a mais adequada.

A atenuação dos níveis sonoros com a distância não é apenas dependente da lei de dispersão das ondas sonoras. Tomando como referência o nível sonoro medido ou previsto a uma distância x_0 determinada, o nível sonoro L a uma distância x qualquer vem dado por:

$$L(x) = L(x_0) - A$$

em que A vem dado por:

$$A = A_{disp} + A_{absor} + A_{terr} + A_{vent}.$$

- ♦ A_{disp} - representa a atenuação de energia imposta pela dispersão de energia na frente de onda. Para a onda cilíndrica, $A_{disp} = 10 \log(x/x_0)$;
- ♦ A_{absor} - representa a atenuação de energia devida a mecanismos de perdas na atmosfera (absorção molecular, transformações e condução de calor). Embora a sua importância seja desprezável para as baixas frequências ou para pequenas distâncias, para distâncias da ordem da centena de metros ou para frequências acima dos 500 Hz a importância desta contribuição pode ser considerável;
- ♦ A_{terr} - pode englobar efeitos variados relativos ao tipo e geometria do terreno. Efeitos de absorção no solo, de reflexão, de atenuação em taludes são aí incluídos;
- ♦ A_{vent} - engloba o efeito de ventos dominantes eventualmente existentes. Este efeito pode ser significativo para distâncias superiores a 200 ou 300 metros. A velocidade de propagação altera-se com o meio em movimento. Assim, com o vento a favor, a propagação faz-se a uma maior velocidade e aquele termo é negativo. No entanto, contra o vento, pode haver lugar a curvatura dos raios sonoros e a formação de zonas de sombra, o que produz uma atenuação suplementar não desprezável.

Outros efeitos, que poderiam ser incluídos na equação anterior, como sejam os resultantes de variações de temperatura, não o foram, por se considerar que não assumiam relevância no caso em estudo.

4.2 - PREVISÕES DO RUÍDO DE CIRCULAÇÃO RODOVIÁRIA

O trabalho previsional do ruído de tráfego rodoviário recorreu ao Programa de Previsão de Acústica ambiente CadnaA versão 3.5. Este programa, desenvolvido pela firma DataKustik GmbH, foi adaptado em alguns dos seus aspectos para a situação do Sublanço entre os nós da Buraca e da Pontinha.

Este programa de modelação e simulação integra os dados dos terrenos e todas as características das fontes sonoras (veículos automóveis).

Os cálculos de emissão sonora da circulação rodoviária foram efectuados de acordo com a Norma NMPB-Routes 96. Este método de cálculo tem sido utilizado na cartografia de ruído de

diversos projectos rodoviários em Portugal, bem como em outros países da Europa, sendo um dos métodos recomendados na Directiva 2002/49/EC relativo à Avaliação e Gestão do Ruído Ambiente, e ainda na Recomendação da Comissão de 6 de Agosto de 2003, relativa aos métodos de cálculo.

Foram contabilizados os fenómenos físicos mais relevantes na propagação sonora, tais como reflexões em fachadas, efeitos topográficos e outros referentes às características 3-D dos terrenos e estrada. Como revestimento da estrada, **foi considerado um pavimento betuminoso de borracha - BMB, os trechos onde não existem túneis.**

O **modelo Cadna/A foi utilizado (i)** para estudar e desenhar as cartas de Ruído correspondentes às situações de propagação do ruído gerado pelo tráfego rodoviário do Sublanço entre Buraca e Pontinha e (ii) para otimizar as soluções de controlo de ruído, de forma a cumprir os critérios legais vigentes, a nível dos pisos superiores.

No sentido de uma análise maximizada dirigida para o cenário mais desfavorável, as previsões do ruído da circulação do tráfego rodoviário foram realizadas para o ano horizonte do projecto, 2025.

De acordo com os dados de tráfego fornecidos, considera-se o Sublanço entre Buraca e Pontinha em análise dividido várias secções:

- ◆ **Secção A** - entre o nó de Alfragide e o nó da Buraca;
- ◆ **Secção B** - entre o nó da Buraca e o nó da Damaia;
- ◆ **Secção C** - entre o nó da Damaia e o nó do Viaduto das Portas de Benfica;
- ◆ **Secção D** - entre o nó do Viaduto das Portas de Benfica e o nó de Pontinha;
- ◆ **Secção F** - entre o nó do Viaduto das Portas de Benfica e o nó de Benfica;
- ◆ **Secção H** - entre o nó da Pontinha e o nó de Falcão;
- ◆ **Secção T** - entre o nó de Falcão e o nó de Benfica.

Os elementos considerados nas previsões de tráfego rodoviário para o ano horizonte (2025), nas diferentes secções apresentam-se no **Quadro 4.2.1.**

No **período nocturno** o estudo de tráfego prevê para o ano horizonte de projecto (2025) 18,9% de veículos ligeiros e 21,0% de pesados relativamente a TMD.

A tipologia do projecto rodoviário considerada é variável: 2 x 3 vias e 2 x 4 vias.

A velocidade de projecto é de 100 km/h para os veículos ligeiros e de 70 km/h para veículos pesados. Admitiu-se aquelas velocidades como valores médios de circulação, à excepção das zonas dos túneis (incluindo as secções entre os túneis), onde se assumiu uma velocidade média de 80 km/h.

Quadro 4.2.1 - Previsões de Tráfego (TMDA) para o Ano Horizonte de Projecto (2025)

Secção	Ano Horizonte (2025)			
	Ligeiros	Pesados	Total	% Pesados
Nó de Alfragide - Nó da Buraca	161779	6609	168388	3,9
Nó da Buraca - Nó da Damaia	135476	6103	141579	4,3
Nó da Damaia - Viaduto das Portas Benfica	160338	7658	167996	4,6
Nó do Viaduto das Portas Benfica - Nó da Pontinha	113445	6274	119719	5,2
Nó da Pontinha - Nó de Falcão	46893	1385	48278	2,9
Nó de Falcão - Nó de Benfica (Rotunda de Benfica)	120801	8197	128998	6,4

Os valores calculados e previstos espacialmente são apresentados sob a forma de Cartas de Ruído.

Para elaboração das cartas de ruído foram utilizados os dados cartográficos fornecidos.

As Cartas de Ruído foram elaboradas de acordo com os Princípios Orientadores constantes do documento de Elaboração de Mapas de Ruído emitido pelo Instituto do Ambiente.

As cartas de ruído foram elaboradas a partir dos cálculos efectuados nos vértices de uma malha de pontos de cálculo com 10 m de espaçamento.

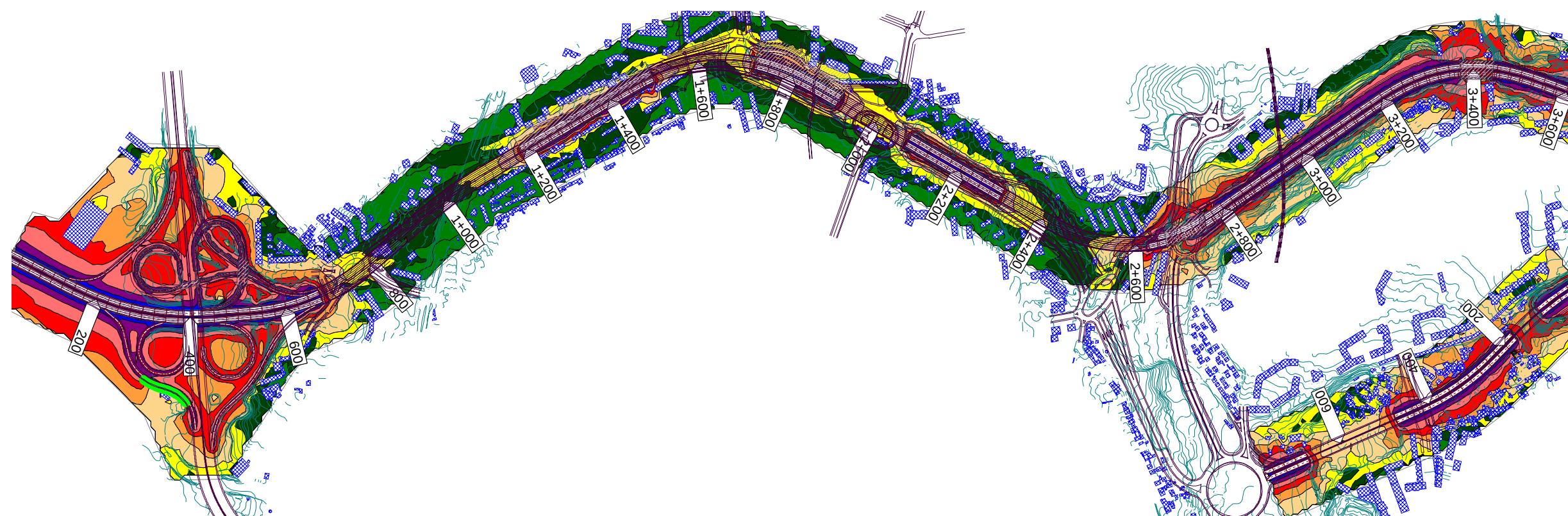
Os cálculos foram efectuados a uma altura de 1,5 m acima do solo. Esta altura é perfeitamente adequada à avaliação de ruído no espaço exterior. Considerou-se que permite uma imagem da distribuição do ruído no espaço da área em avaliação.

As Cartas de Ruído apresentam a distribuição de níveis sonoros em intervalos de 5 dB(A), desde 45 dB(A) até 75 dB(A).

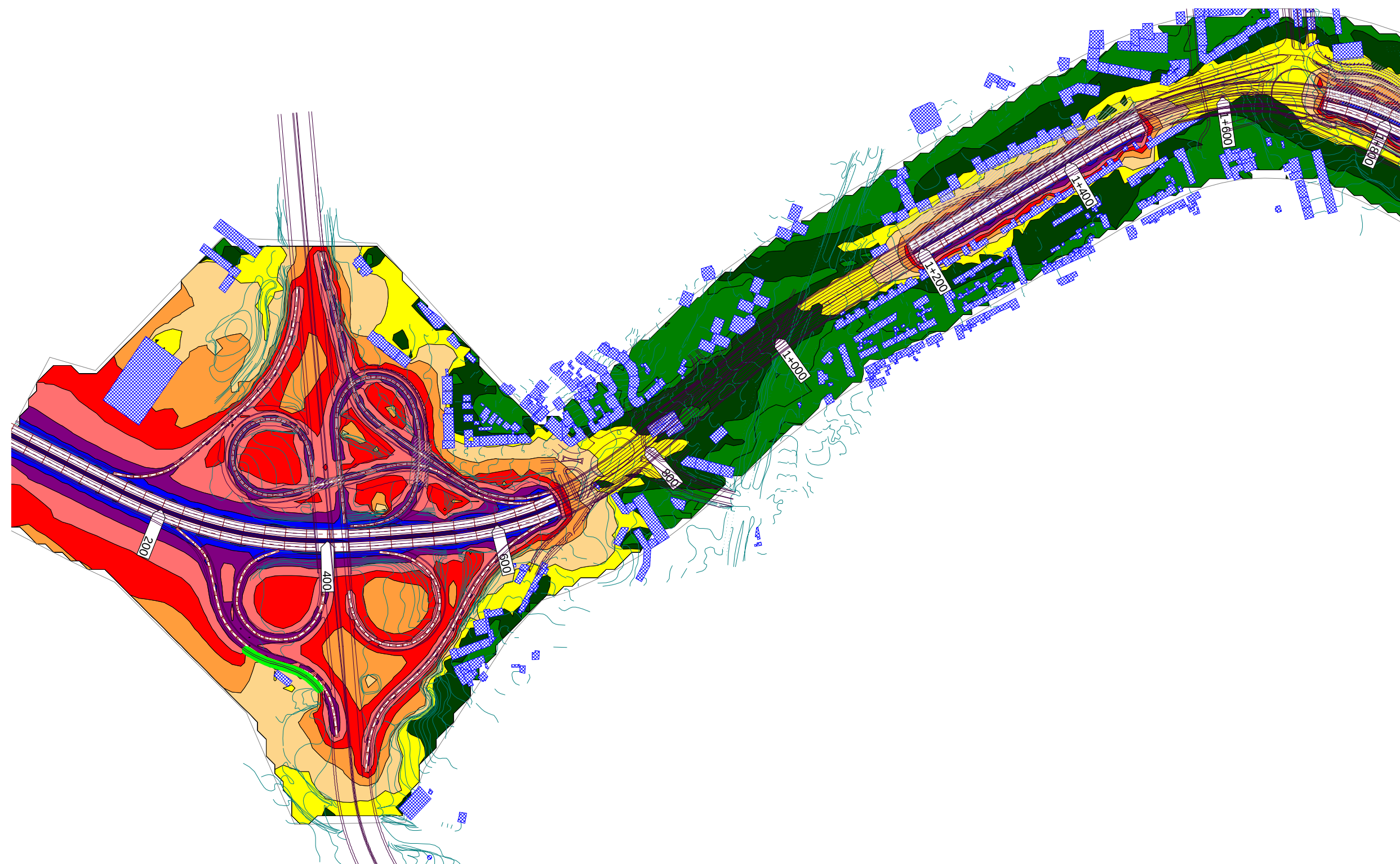
O código de cores apresentado para os diferentes intervalos de níveis sonoros é o recomendado pela Norma NP-1730.

As Cartas de Ruído são apresentadas às escalas de 1:10000 e 1:5000.

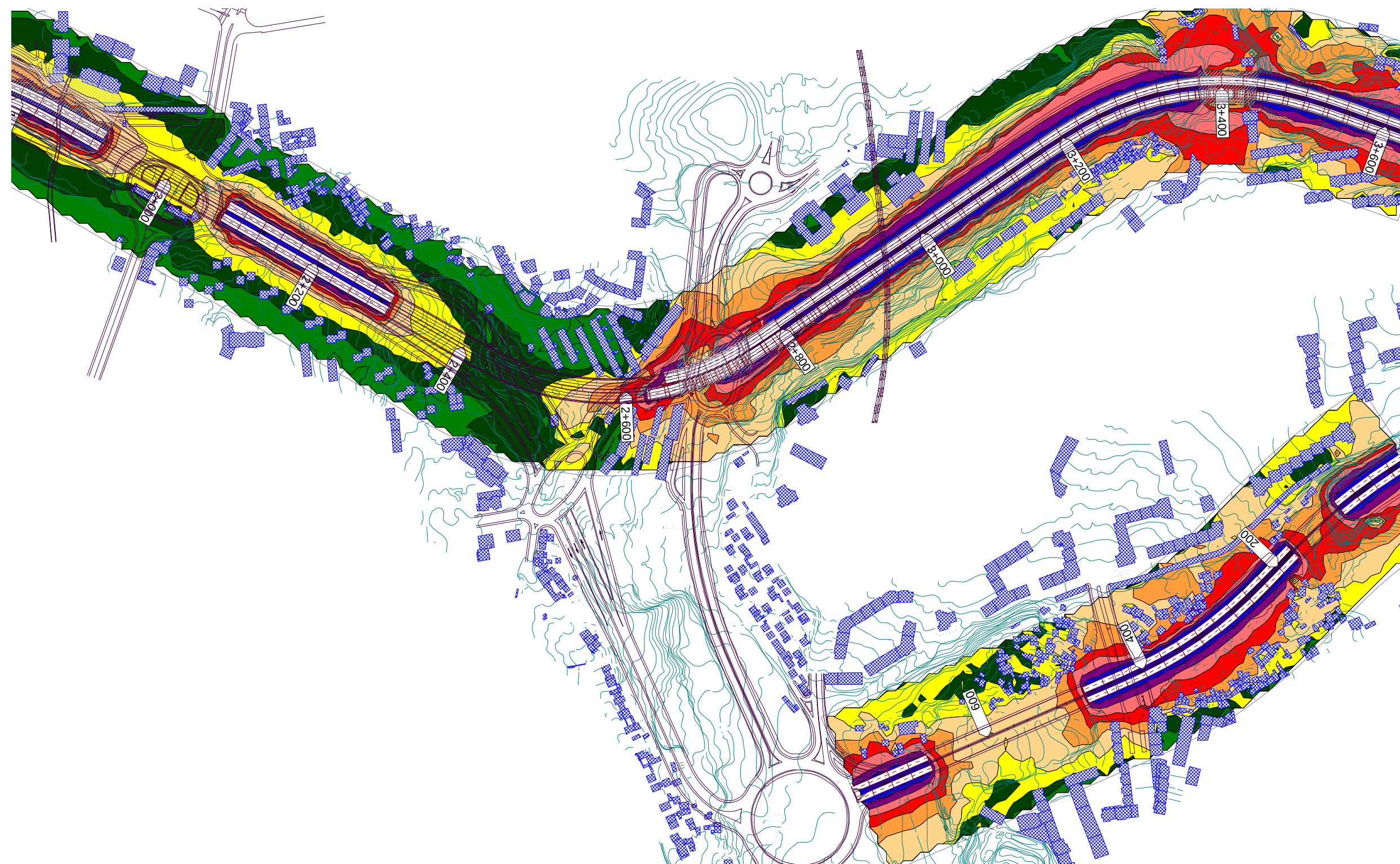
As **Figuras 4.2.1 a 4.2.3** mostram as **Cartas de Ruído no período diurno** e as **Figuras 4.2.4 a 4.2.6** mostram as **Cartas de Ruído na vigência do período nocturno**, para o ano horizonte de projecto, 2025.



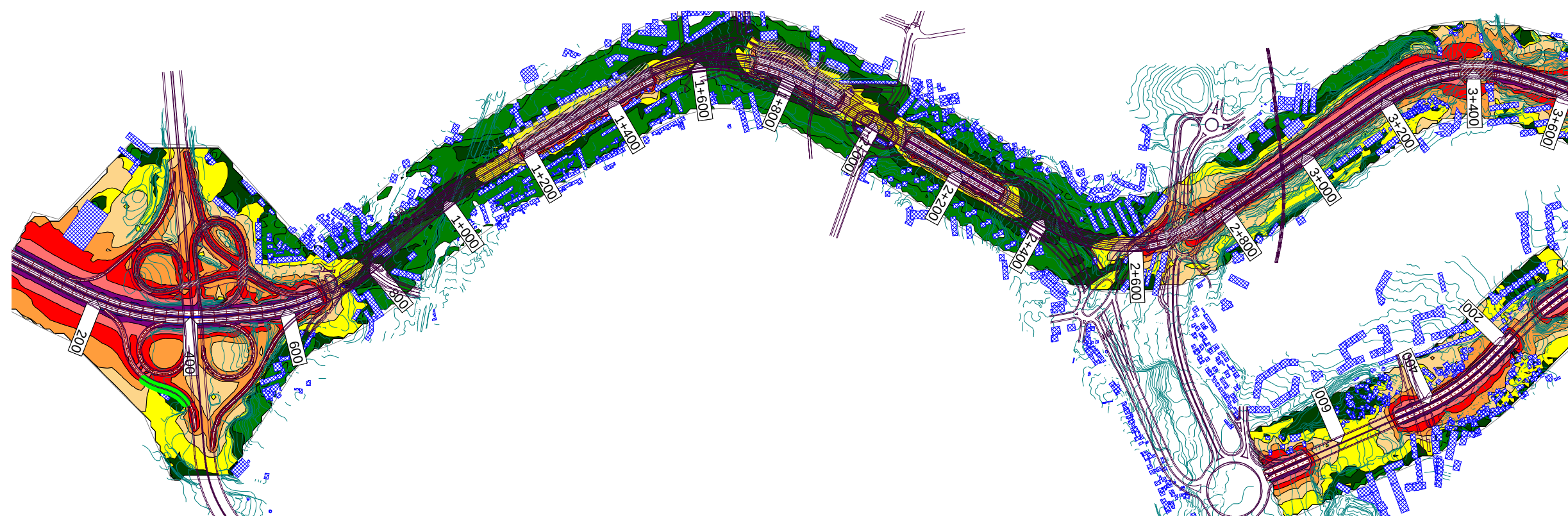
Níveis de Ruído dB(A)	
<= 40	Green
40 < <= 45	Light Green
45 < <= 50	Yellow
50 < <= 55	Orange
55 < <= 60	Red-Orange
60 < <= 65	Red
65 < <= 70	Pink
70 < <= 75	Purple
75 <	Blue



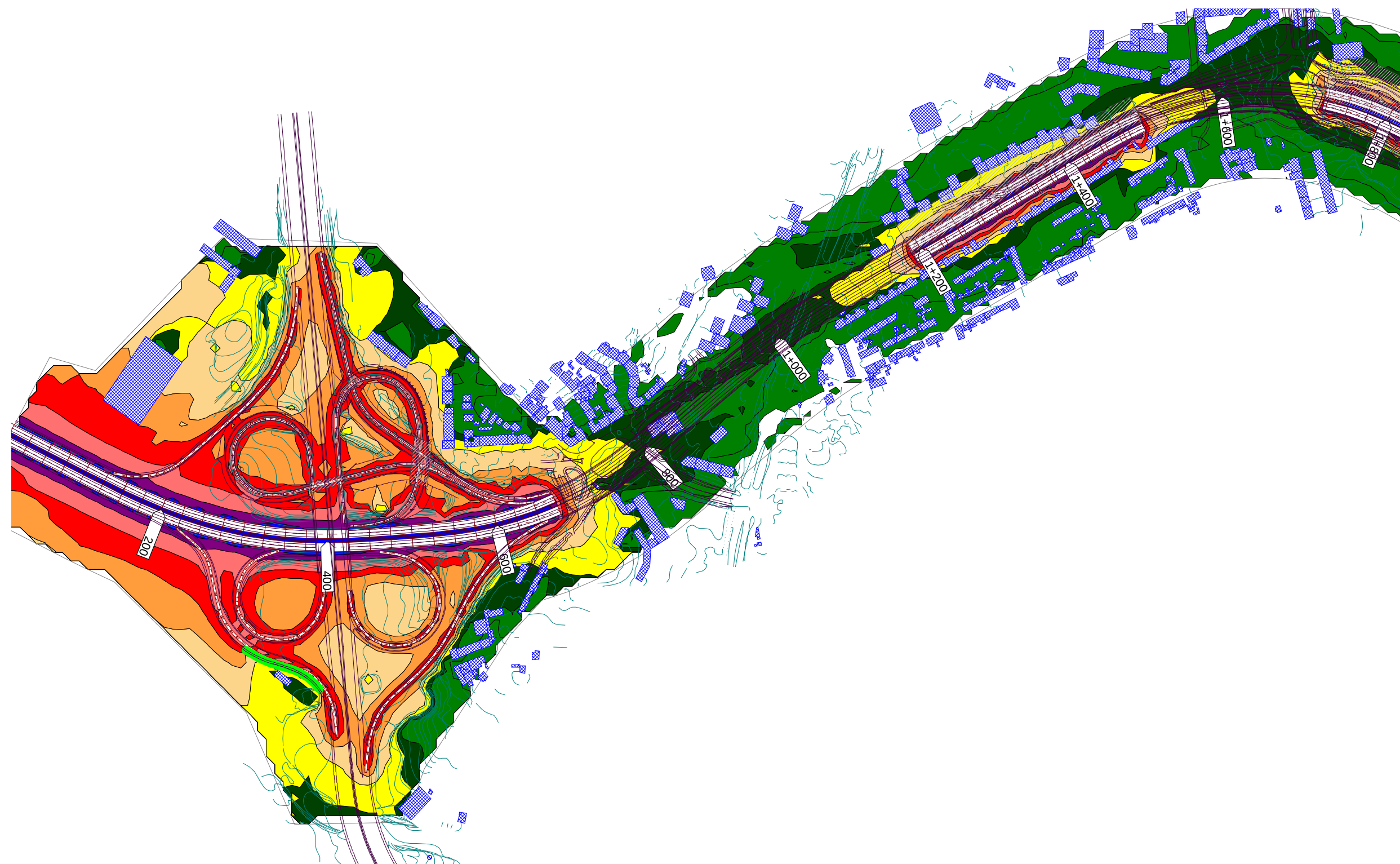
Níveis de Ruído dB(A)	
<= 40	Verde
40 < <= 45	Verde Claro
45 < <= 50	Amarelo
50 < <= 55	Amarelo Claro
55 < <= 60	Laranja
60 < <= 65	Vermelho
65 < <= 70	Vermelho Claro
70 < <= 75	Roxo
75 <	Azul



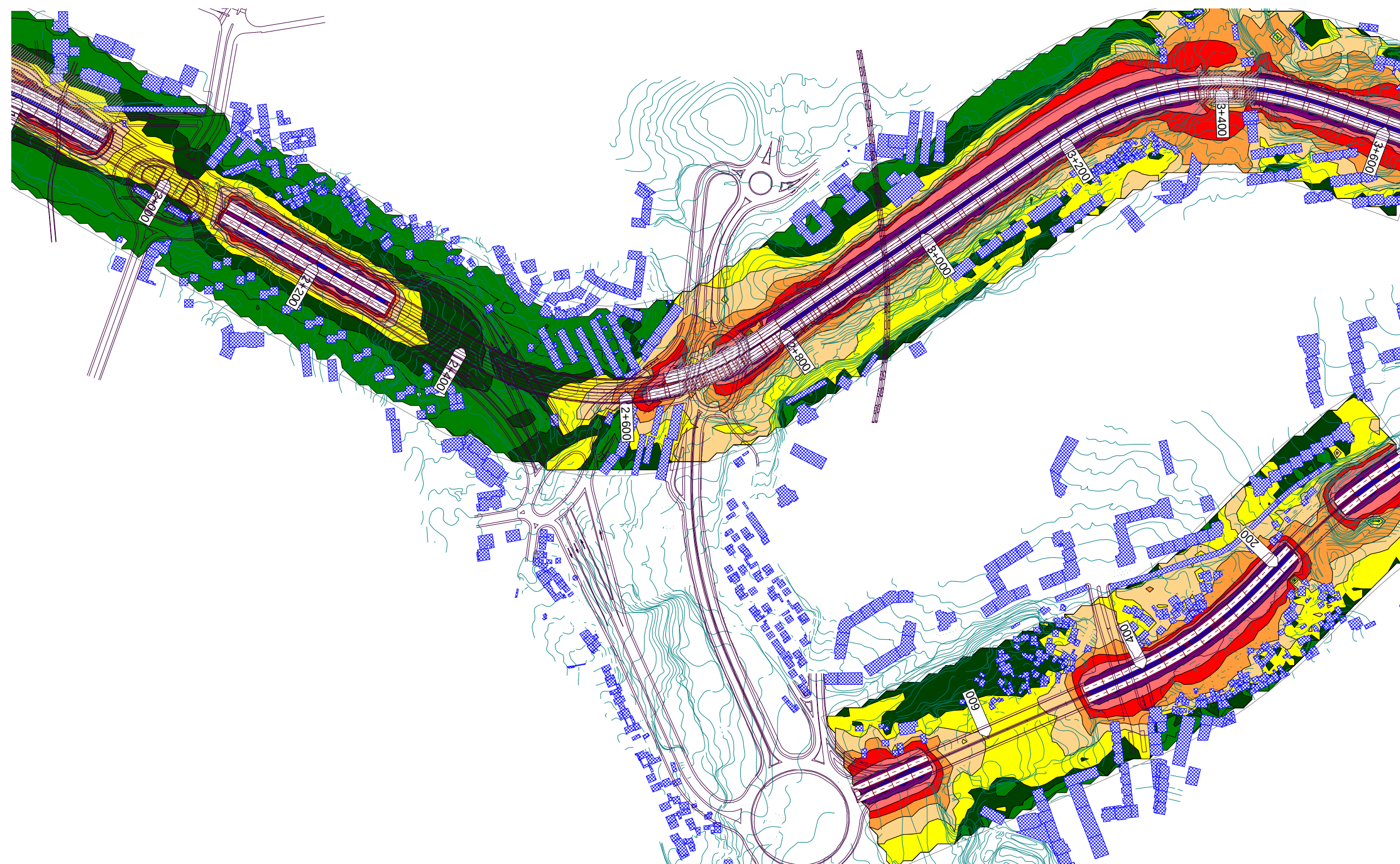
Níveis de Ruído dB(A)	
40 <	≤ 40
45 <	≤ 45
50 <	≤ 50
55 <	≤ 55
60 <	≤ 60
65 <	≤ 65
70 <	≤ 70
75 <	≤ 75



Níveis de Ruído dB(A)	
<= 40	Green
40 < <= 45	Light Green
45 < <= 50	Yellow
50 < <= 55	Orange
55 < <= 60	Red-Orange
60 < <= 65	Red
65 < <= 70	Pink
70 < <= 75	Purple
75 <	Blue



Níveis de Ruído dB(A)	
<= 40	Green
40 < <= 45	Light Green
45 < <= 50	Yellow
50 < <= 55	Orange
55 < <= 60	Red
60 < <= 65	Dark Red
65 < <= 70	Purple
70 < <= 75	Blue
75 <	Dark Blue



4.3 - NÍVEIS DE RUÍDO PREVISTOS NA ENVOLVENTE DO PROJECTO

Na presente análise, são apresentadas tabelas com os valores de L_{Aeq} previstos para os diferentes pisos de alguns receptores com sensibilidade ao ruído existentes na envolvente do traçado e tomados como referência, utilizando para o ano horizonte do projecto, 2025, o tráfego previsto, as características da via e a adopção de pavimento betuminoso de borracha (BMB) nos trechos que não se desenvolvem em túnel.

Nas **Figuras 4.3.1 e 4.3.2** apresenta-se a localização dos receptores de referência.

As previsões de circulação rodoviária foram efectuadas considerando quatro troços da envolvente do projecto de acordo com o tráfego esperado:

- ♦ **Troço 1** - entre o nó de Alfragide - nó da Buraca
- ♦ **Troço 2** - entre o nó da Buraca - nó da Damaia
- ♦ **Troço 3** - entre o nó da Damaia - nó da Pontinha
- ♦ **Troço 4** - entre a Rotunda de Benfica - nó da Pontinha (Radial da Pontinha)

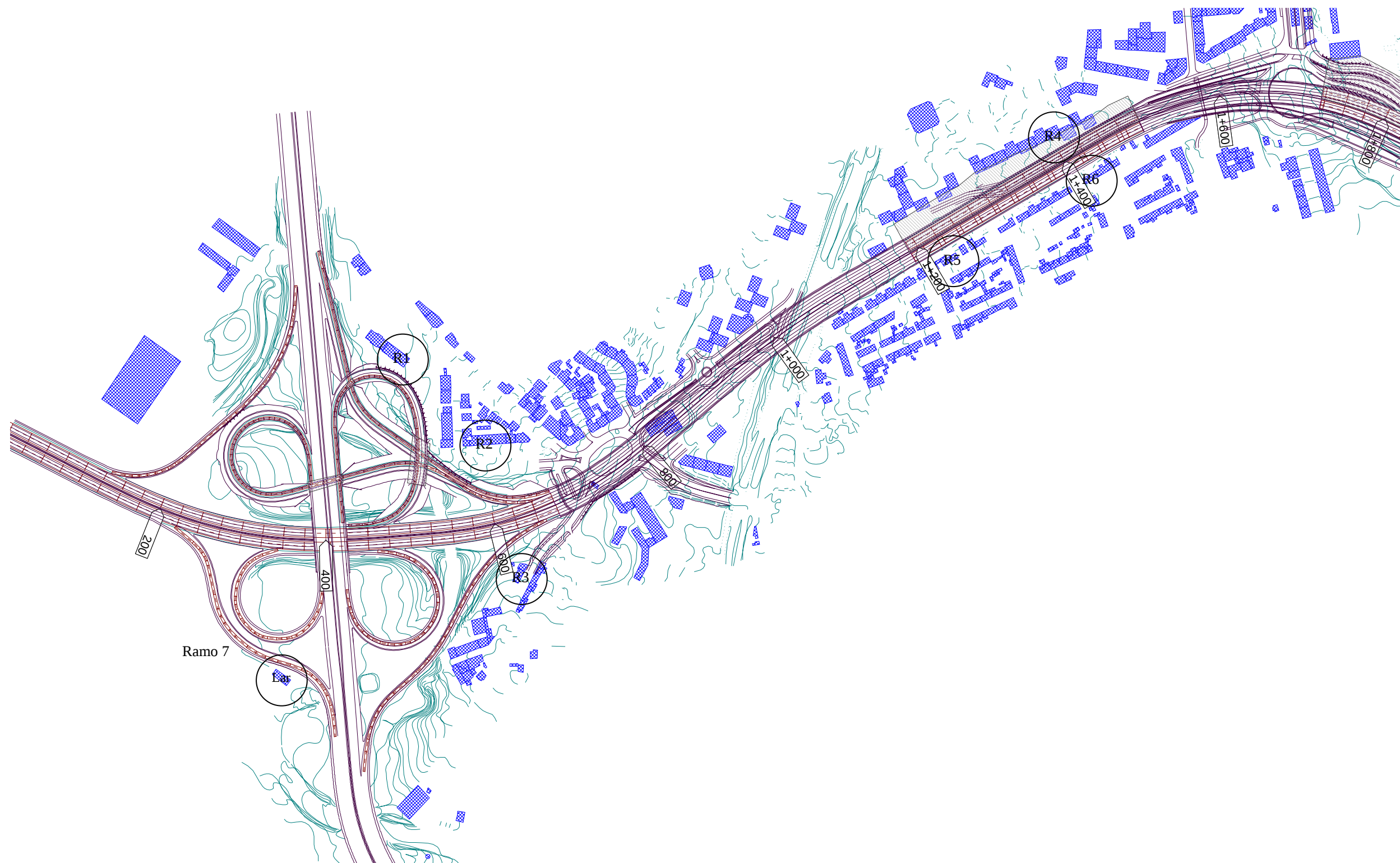
Todos os resultados de previsões apresentados foram aproximados a intervalos de 0,5 dB(A).

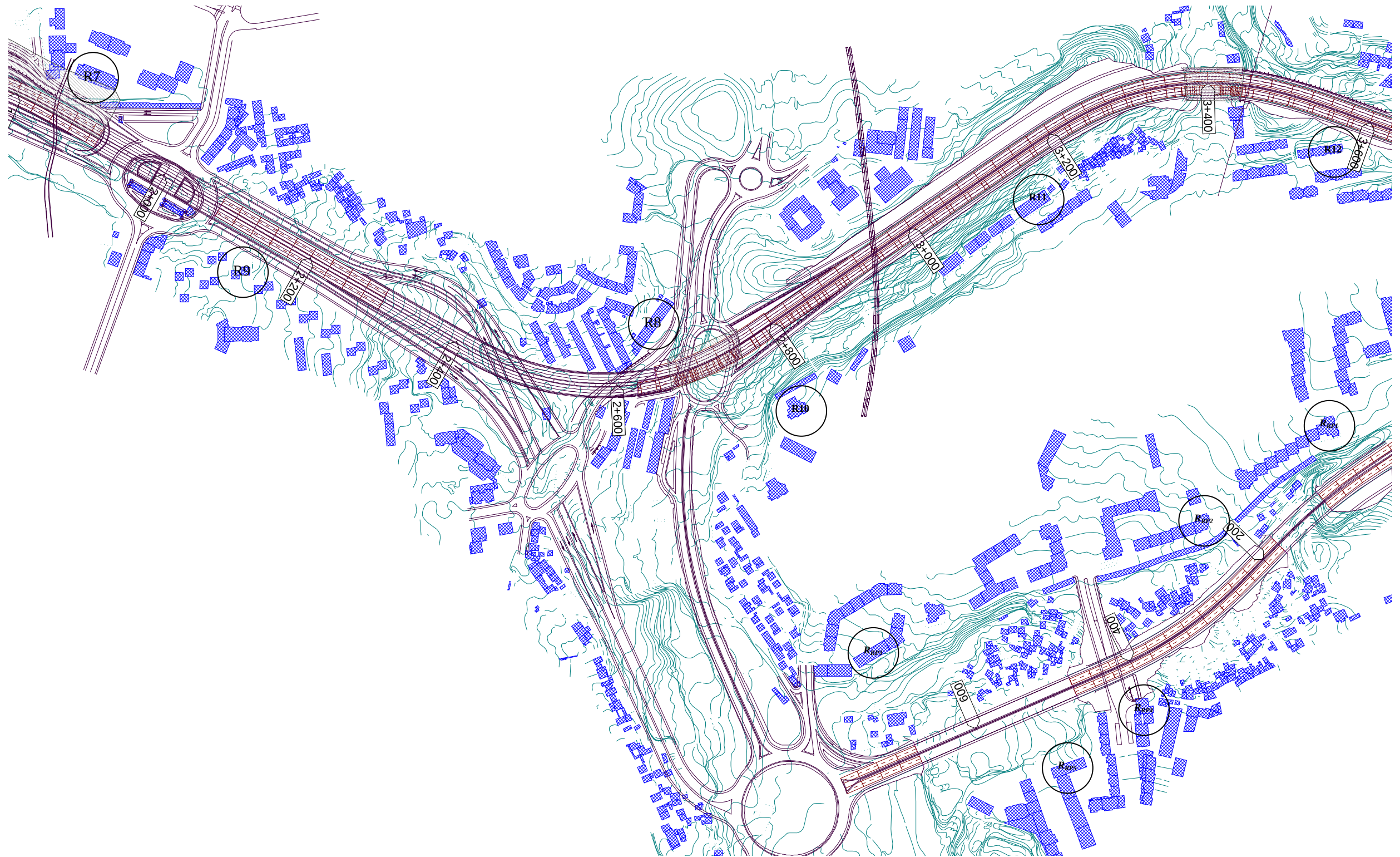
4.3.1 - Troço 1 - Nó de Alfragide - Nó da Buraca

Quadro 4.3.1 - Nó de Alfragide - Nó da Buraca. Valores de L_{Aeq} Previstos para os Diferentes Pisos de Receptores Tomados como Referência

Km / Receptor / Lado	Pisos	L_{Aeq} dB(A) Ano Horizonte (2025) (*)	
		P. Diurno	P. Noturno
0+200 Ramo A_ Nó Buraca / R1 / Oeste	1	55,5	50,5
	2	60,0	53,5
	3	61,5	55,5
	4	62,0	56,0
	5	62,5	56,5
	6	63,0	57,0
	7	63,0	57,5
	8	63,5	57,5
	9	63,5	57,5
	10	63,5	57,5
0+620 plena via (km0+025-Ramo B - Nó Buraca / R2 / Oeste	1	52,0	48,5
	2	55,0	52,5
	3	58,5	55,5
	4	61,0	57,5
0+375 / Lar / Este	1	50,5	44,5
	2	56,0	51,0
0+600 / R3 / Este	1	49,5	43,5

(*) a negrito situações de incumprimento detectadas





Verifica-se que a contribuição sonora da nova fonte de ruído para o ano horizonte (2025) situar-se-á: (i) em valores inferiores a 65 dB(A) em ambos os lados, no período diurno e (ii) em valores sempre inferiores a 55 dB(A), no lado Este, no período nocturno e superiores a 55 dB(A) a partir do 3º piso dos receptores considerados como referência no lado Oeste, no período nocturno.

Pelo exposto, verifica-se incumprimento dos critérios legais vigentes estabelecidos para zonas com classificação acústica de “zonas mistas”, **no lado Oeste, no período nocturno**, e apenas **nos pisos mais elevados de alguns edifícios**, pelo que, a extrapolar o critério de zonamento para os pisos mais elevados, se conclui que deverão ser adoptadas soluções de controlo de ruído.

4.3.2 - Troço 2 - Nó da Buraca - Nó da Damaia

Quadro 4.3.2 - Nó da Buraca - Nó da Damaia. Valores de L_{Aeq} Previstos para os Diferentes Pisos de Receptores Tomados como Referência

		L_{Aeq} dB(A) Ano Horizonte (2025) (*)	
Km / Receptor / Lado	Pisos	P. Diurno	P. Nocturno
1+400 / R4/ Oeste	1	48,5	46,0
	2	54,5	51,5
	3	57,0	54,0
	4	59,0	56,0
	5	60,5	57,0
	6	60,5	57,0
	7	60,0	57,0
1+230 / R5/ Este	1	57,0	54,0
	2	64,5	61,5
1+410 / R6 / Este	1	59,5	56,5
	2	68,0	65,0

(*) a negrito situações de incumprimento detectadas

Verifica-se que a contribuição sonora da nova fonte de ruído para o ano horizonte (2025) situar-se-á: (i) em valores inferiores a 65 dB(A), em ambos os lados da estrada, sendo apenas superiores a 65 dB(A) no 2º piso do receptor R6 considerado como referência, no período diurno e (ii) em valores superiores a 55 dB(A), em quase todos os pisos que constituem os receptores de referência, exceptuando casos pontuais (tais como do 1º ao 3º piso de R4 e 1º piso de R5), no período nocturno.

Pelo exposto, verifica-se **incumprimento dos critérios legais** vigentes estabelecidos para zonas com classificação acústica de “zonas mistas”, **no lado Este, no período diurno** e em

ambos os lados da estrada, no período nocturno, pelo que deverão ser adoptadas soluções de controlo de ruído.

4.3.3 - Troço 3 - Nó da Damaia - Nó da Pontinha

Quadro 4.3.3 - Nó da Damaia - Nó da Pontinha. Valores de L_{Aeq} Previstos para os Diferentes Pisos de Receptores Tomados como Referência

Km / Receptor / Lado	Pisos	L_{Aeq} dB(A) Ano Horizonte (2025) (*)	
		P. Diurno	P. Nocturno
1+875 / R7/ Oeste	1	47,0	44,0
	2	50,0	46,5
	3	53,5	50,0
	4	57,0	53,0
	5	60,0	55,0
	6	60,0	55,0
	7	60,0	55,0
	8	60,0	54,5
	9	60,0	54,5
	10	60,0	54,5
	11	60,0	54,5
	12	60,0	55,0
2+675 / R8/ Oeste	1	56,5	52,5
	2	62,0	58,5
	3	63,5	59,5
	4	64,0	60,5
	5	64,5	60,5
2+135 / R9/ Este	1	46,5	41,0
	2	49,5	45,0
	3	52,5	48,0
	4	59,5	55,5
	5	61,5	57,5
	6	62,5	59,0
2+800 / R10 / Este	1	40,5	37,0
	2	42,0	38,5
	3	46,0	42,5
	4	53,5	50,5
	5	58,0	54,5
	6	59,0	55,5
	7	61,0	57,5
	8	61,0	57,5
	9	63,5	60,0
	10	65,0	61,0
	11	65,0	61,0
	12	65,0	61,0
	13	65,0	61,5
3+150 / R11 / Este	1	53,0	48,0
	2	56,5	51,5
	3	58,5	54,5

Quadro 4.3.3 - Nó da Damaia - Nó da Pontinha. Valores de L_{Aeq} Previstos para os Diferentes Pisos de Receptores Tomados como Referência

Km / Receptor / Lado	Pisos	L_{Aeq} dB(A) Ano Horizonte (2025) (*)	
		P. Diurno	P. Nocturno
3+750 / R12 / Este	1	62,0	58,0
	2	65,0	61,0
	3	68,5	65,0
	4	69,0	65,0
	5	69,0	65,0

(*) a negrito situações de incumprimento detectadas

Verifica-se que a contribuição sonora da nova fonte de ruído para o ano horizonte (2025) situar-se-á: (i) em valores inferiores ou da ordem grandeza dos 65 dB(A), em ambos os lados da estrada, no período diurno e (ii) em valores inferiores a 55 dB(A) em todos os pisos que constituem os receptores de referência R7 e R11 e superiores a 55 dB(A) em quase todos os pisos dos receptores R8, R9 e R10 (exceptuando o 1º piso de R8, do 1º ao 3º piso de R9 e do 1º ao 5º piso de R10), no período nocturno.

Pelo exposto, verificar-se-á um **incumprimento dos critérios legais** vigentes estabelecidos para zonas com classificação acústica de “zonas mistas”, em **ambos os lados da estrada, no período nocturno**, apenas nos **pisos mais elevados de alguns edifícios**, pelo que, a extrapolar o critério de zonamento para os pisos mais elevados se conclui que deverão ser adoptadas soluções de controlo de ruído.

4.3.4 - Troço 4 - Radial da Pontinha

Quadro 4.3.4 - Radial da Pontinha. Valores de L_{Aeq} Previstos para os Diferentes Pisos de Receptores Tomados como Referência

Km / Receptor / Lado	Pisos	L_{Aeq} dB(A) Ano Horizonte (2025) (*)	
		P. Diurno	P. Nocturno
0+035 / R _{RP1} / Oeste	1	49,0	44,5
	2	52,5	48,0
	3	56,5	53,0
	4	61,0	57,5
	5	65,5	61,5
	6	66,5	62,5
	7	67,0	63,0
	8	67,0	63,0
	9	67,0	63,0
	10	67,0	63,0
	11	67,0	63,0
	12	67,0	63,0

Quadro 4.3.4 - Radial da Pontinha. Valores de L_{Aeq} Previstos para os Diferentes Pisos de Receptores Tomados como Referência (Cont.)

Km / Receptor / Lado	Pisos	L_{Aeq} dB(A) Ano Horizonte (2025) (*)	
		P. Diurno	P. Nocturno
0+225 / R _{RP2} / Oeste	1	53,5	50,0
	2	58,0	54,5
	3	63,5	59,5
	4	64,5	61,0
	5	65,0	61,0
	6	65,0	61,5
	7	65,0	61,5
	8	65,5	61,5
	9	65,5	61,5
	10	65,5	61,5
	11	65,5	61,5
	12	65,5	61,5
0+875 / R _{RP3} / Oeste	1	37,5	33,0
	2	40,5	37,5
	3	44,5	42,5
	4	50,0	47,0
	5	51,5	48,5
	6	53,5	50,5
	7	54,5	51,0
	8	56,0	53,0
	9	57,0	54,0
	10	57,5	54,0
0+400 / R _{RP4} / Este	1	61,5	58,5
	2	65,5	62,0
	3	67,0	63,0
	4	67,0	63,0
	5	67,5	63,5
	6	67,5	63,5
	7	67,0	63,0
	8	67,0	63,0
	9	67,0	63,0
0+525 / R _{RP5} / Este	1	48,0	45,5
	2	52,5	49,5
	3	55,0	52,0
	4	56,5	53,5
	5	57,5	54,0
	6	58,0	54,5
	7	58,5	54,5
	8	59,0	55,0
	9	59,0	55,5
	10	59,5	55,5
	11	60,0	56,0
	12	60,0	56,5
	13	60,5	56,5
	14	60,5	57,0
	15	61,0	57,0
	16	61,0	57,0

(*) a negrito situações de incumprimento detectadas

Verifica-se que a contribuição sonora da nova fonte de ruído para o ano horizonte (2025) situar-se-á, em ambos os lados da estrada e para os receptores R_{RP1} , R_{RP2} e R_{RP3} em valores superiores a 65 dB(A) no período diurno e em valores superiores a 55 dB(A) no período nocturno, em grande parte dos pisos que constituem os receptores de referência, exceptuando R_{RP3} para a totalidade dos pisos, bem como em alguns casos pontuais dos restantes receptores analisados.

Pelo exposto, verifica-se **incumprimento dos critérios legais** vigentes estabelecidos para zonas com classificação acústica de “zonas mistas”, em **ambos os lados da estrada, no período diurno e no período nocturno**, com destaque para os **pisos mais elevados de alguns edifícios**, pelo que, a extrapolar o critério de zonamento para os pisos mais elevados se conclui que deverão ser adoptadas soluções de controlo de ruído.

5 - AVALIAÇÃO DE IMPACTES NO RUÍDO AMBIENTE E DE PROPOSTAS DE MINIMIZAÇÃO

5.1 - ANÁLISE GERAL

Na presente fase de Estudo de Viabilidade, importa identificar, na generalidade, eventuais impactes positivos e negativos, concluir dos impactes globais no ruído ambiente e recomendar e analisar possíveis medidas minimizadoras de ruído.

Não se considera relevante analisar, na presente fase de trabalho, os impactes resultantes da fase de construção, na medida em que os impactes gerados pelos trabalhos de construção não serão dependentes, de forma relevante, das soluções de traçado adoptadas. Tais impactes foram já avaliados, em detalhe, em outros estudos ambientais do projecto em causa podendo ainda ser detalhados, incluindo medidas mitigadoras específicas, caso aplicável, em estudos ambientais subsequentes, nomeadamente no contexto do Plano Ambiental da Obra.

A descrição do traçado e da sua envolvente bem como a análise detalhada apresentada nos capítulos anteriores permite identificar impactes positivos e negativos resultantes do traçado proposto para este sublanço.

5.2 - IMPACTES POSITIVOS

O Sublanço entre Buraca e Pontinha irá substituir e complementar a actual rede viária que liga as secções já existentes da CRIL. Esta rede desenvolve-se na imediata proximidade de estruturas urbanas com elevada densidade de ocupação.

Nestas zonas, o ruído ambiente é predominantemente determinado pelo ruído de circulação rodoviária. Neste sentido, a redução de tráfego induzida, tanto pela substituição rodoviária representada pela nova estrutura em projecto, como pela atracção que esta poderá revelar para os utentes das outras vias locais, terá impactes positivos significativos no ambiente acústico prevalecente nas imediações de eixos rodoviários, cujo tráfego poderá ser captado para a nova infra-estrutura, como será o caso dos principais eixos urbanos que atravessam a cidade de Lisboa: 2.^a Circular, eixo Norte-Sul ou Radial de Benfica, bem como a nível de arruamentos locais que são utilizados para estabelecer ligações viárias cujo alcance poderá ser substituído pela CRIL (ex.: ligações locais do nó da Buraca à Damaia, Amadora, ou do nó da Pontinha / IC16 a Brandoa / Venda Nova ou Colina do Sol).

Face ao exposto, importa relevar a importância dos impactes positivos previstos, na medida em que se verificou que o peso do ruído de origem rodoviária no ambiente sonoro das zonas envolventes do traçado, bem como na envolvente dos eixos estruturantes anteriormente referidos, é muito predominante.

5.3 - IMPACTES NEGATIVOS

A análise do ruído de circulação rodoviária previsto permitiu identificar diversas zonas onde as fachadas de alguns pisos (normalmente, apenas os mais elevados) de alguns edifícios mais próximos, e nos trechos onde o traçado não se desenvolve em túnel, poderão ficar expostas a níveis sonoros que excedem os valores estabelecidos no critério relativo a “zonas mistas”. Esta é a tipologia de classificação acústica assumida para aquelas zonas, como a mais provável, atendendo à observada co-existência de multiplicidade de usos do solo.

Conclui-se pela existência de impactes negativos com extensão média a elevada e grandeza variável consoante a zona.

Recomenda-se a adopção e implementação de medidas de minimização de ruído.

5.4 - MEDIDAS MINIMIZADORAS DE RUÍDO

A análise previsional efectuada identificou algumas áreas onde se recomenda a adopção de medidas de minimização de ruído:

- ♦ área com ocupação habitacional junto aos ramos A e B do Nó da Buraca, lado Oeste do Sublanço entre Buraca e Pontinha;
- ♦ área com ocupação habitacional entre o km 1+175 e o km 1+500, lado Este do Sublanço entre Buraca e Pontinha;

- ♦ área com ocupação habitacional entre o km 2+075 e o km 2+300, lado Este, do Sublanço entre Buraca e Pontinha;
- ♦ área com ocupação habitacional entre o km 2+600 e o km 2+900, de ambos os lados, do Sublanço entre Buraca e Pontinha;
- ♦ área com ocupação habitacional entre o km 3+450 e o final do Sublanço, lado Este, do Sublanço entre a Buraca e a Pontinha;
- ♦ área com ocupação habitacional entre o km 0+000 e o km e o km 0+475, lado Oeste, da Radial da Pontinha;
- ♦ área com ocupação habitacional entre o km 0+300 e o km e o km 0+550, lado Este, da Radial da Pontinha.

6 - SOLUÇÕES MINIMIZADORAS DE RUÍDO

6.1 - TIPOLOGIAS ADOPTADAS

6.1.1 - Metodologia

No presente projecto, tomou-se para valores objectivos dos índices de ruído os limites expressos na legislação em vigor para “zonas mistas”, em face da ocupação existente nas áreas envolventes, ou seja, 65 dB(A) na vigência do período diurno e 55 dB(A) no período nocturno.

Estes níveis constituem valores objectivos (máximos) a verificar nas fachadas dos edifícios com usos sensíveis ao ruído situados na proximidade do traçado do projecto.

6.1.2 - Soluções

6.1.2.1 - Pavimento de Betume Modificado de Borracha (BMB)

A colocação de pavimento de betume de borracha (BMB) é uma medida que, adoptada isoladamente, ou combinada com outras, permite minimizar significativamente o ruído emitido pelo fluxo automóvel.

O BMB é uma mistura betuminosa aberta com betume modificado a partir de borracha reciclada de pneus e com características flexíveis.

Este tipo de piso incorpora, no mínimo, cerca de 18 a 20% de borracha em relação ao peso total do ligante.

O comportamento acústico de uma estrutura deste tipo é conhecido do ponto de vista da teoria acústica clássica, e traduz-se na obtenção de um coeficiente de absorção sonora α , cuja magnitude é determinada por diversos parâmetros. Os mais relevantes e determinantes são a espessura da mistura betuminosa aberta, o seu nível de abertura (percentagem de espaço não preenchido), a resistência específica do material ao fluxo de ar e outros factores diversos, tais como aqueles que determinam a velocidade de propagação do ar no interior do material.

Estudos recentes sobre ensaios acústicos efectuados sobre este tipo de pavimento, em vários países, incluindo em Portugal, em zonas de tráfego intenso, apontam atenuações sonoras da ordem dos 5 dB.

As figuras que ilustram exemplos de aplicação de pavimentos de mistura betuminosa com borracha e os gráficos comparativos da composição espectral do piso BMB com pisos normais, evidenciando a sua eficácia na redução dos níveis sonoros emitidos pela circulação rodoviária são apresentadas no Anexo II-1.

6.1.2.2 - Barreiras Acústicas

As Barreiras Acústicas constituem sistemas eficazes de protecção ao ruído, minorando o impacto produzido pelo ruído gerado nas linhas de tráfego contínuo. O conjunto de fenómenos subjacentes ao funcionamento eficaz de uma barreira é vasto e a sua completa contabilização exige cálculos complexos que requerem o recurso a técnicas e procedimentos computacionais de forma a otimizar o seu projecto e, dessa forma, minimizar os custos das soluções.

Por outro lado, a inserção de uma barreira poderá introduzir um impacto ambiental de outra ordem, estética, visual, ou determinar alterações das condições ambientais, luminosidade, ventilação, drenagens, etc., caso estes aspectos não sejam adequadamente acautelados. A integração ambiental e paisagística faz, também, parte de um projecto integrado, tendo em conta os materiais de composição, a sua forma, revestimentos e outros factores.

As barreiras acústicas consideradas para minimizar os impactos acústicos devidos à exploração do lanço em apreço, foram dimensionadas recorrendo a Projecto Acústico assistido por Computador, utilizando o Programa Cadna/A, versão 3.5.

A altimetria nas diferentes secções, e respectivas extensões ao longo da via, foram estudadas de acordo com os pressupostos definidos, ou seja, considerando a adopção de pavimento BMB, conforme explicitado no presente documento; realça-se que, com a adopção deste tipo de pavimento em todos os trechos que não se desenvolvem em túnel (dado que, por razões de

segurança, não é aconselhável a sua utilização nos mesmos) tem em vista minimizar os impactes residuais potencialmente associados às barreiras acústicas, permitindo, numa primeira análise, minimizar as respectivas alturas, situação que se encontra já acautelada na presente avaliação.

As barreiras acústicas podem ser de dois tipos: (i) reflectora ou (ii) absorvente acústica.

6.1.2.3 - Tratamento Acústico das Embocaduras dos Túneis

A radiação sonora da circulação rodoviária no interior dos túneis projectados não se processará em campo livre. Os túneis funcionarão como eficaz interferência no percurso de transmissão da radiação sonora resultante da circulação rodoviária no Sublanço entre o Nó da Buraca e o Nó da Pontinha da CRIL, face aos usos do solo com sensibilidade ao ruído existentes na sua envolvente.

Se as zonas abrangidas pelos túneis beneficiam de uma considerável atenuação sonora, as zonas próximas das suas embocaduras ficarão sujeitas a acréscimos de ruído resultante da concentração de energia sonora no interior dos túneis devido à reverberação no interior.

Para minorar os acréscimos de ruído previstos nas zonas próximas das embocaduras dos túneis, deverão ser adoptadas medidas minimizadoras de ruído, as quais consistirão maioritariamente no revestimento com material absorvente das paredes e tecto das embocaduras dos túneis projectados.

6.1.2.4 - Protecção de Fachadas

Nos casos em que as medidas anteriormente referidas não asseguram a protecção acústica desejável dos usos sensíveis existentes na envolvente dos traçados em avaliação. Podem-se prever sistemas de protecção de fachadas por forma a minimizar os impactes residuais identificados.

6.2 - PRÉ-DIMENSIONAMENTO ACÚSTICO DAS SOLUÇÕES

6.2.1 - Barreiras Acústicas

O dimensionamento das Barreiras Acústicas teve em consideração a adopção de pavimento de betume modificado de borracha (BMB), em toda a extensão do projecto, exceptuando os trechos integralmente em túnel, para além dos respectivos emboquilhamentos que respeitam a uma faixa de 75 m.

As barreiras acústicas pré-dimensionadas incorporam (i) painéis absorventes sonoros ou (ii) painéis reflectores.

6.2.1.1 - Características Técnicas

➤ Painéis Acústicos Absorventes Sonoros

A face dos painéis absorventes voltada para a estrada deverá garantir valores do coeficiente de absorção sonora $\alpha \geq 0,7$ nas bandas de oitava centradas nas frequências a partir de 250 Hz.

Os painéis da barreira acústica poderão ser do tipo metálico, constituídos por uma sanduíche de chapas metálicas em alumínio de espessura 1 mm e uma placa de lã mineral com densidade típica da ordem de 100 a 180 kg/m³ e espessura 40 mm.

A chapa voltada para a estrada é uma chapa metálica de espessura 1 mm em alumínio que deverá apresentar nervuras regulares para conferir a necessária rigidez estrutural sendo perfurada nos seus painéis de almofada com uma área aberta não inferior a 25 %.

A placa de lã mineral ficará protegida por uma segunda placa de alumínio lisa com 1 mm de espessura e perfurada com uma relação de área aberta não inferior a 25 % ou por um filme de protecção anti-desagregante em lã de vidro. A chapa do lado de trás será lisa, em alumínio, e apresentará, também nervuras regulares por razões de rigidez estrutural.

O conjunto será mantido rígido através das peças de topo e de base que são fixadas por parafusos colocados a intervalos de 0,5 m. O painel poderá conter, na base interior, um tubo metálico para drenagem de águas pluviais.

Os painéis das barreiras acústicas, deverão garantir valores dos índices de isolamento sonoro a sons de condução aérea $R'w$ não inferiores a 27 dB.

Nenhum destes tipos de painéis requer qualquer programa especial de manutenção.

➤ Painéis Acústicos Reflectores

Os painéis acústicos reflectores poderão ser transparentes, em acrílico fundido com 20 mm de espessura.

Estes painéis de acrílico exigem um programa regular (anual ou bienal) de limpeza, para manutenção das suas características de transparência visual.

6.2.1.2 - Localização e Pré-dimensionamento das Barreiras Acústicas no Nó da Buraca

➤ Barreira Acústica 1 - Nó da Buraca

Zona a Proteger: área com ocupação habitacional junto aos ramos A e B do Nó da Buraca, lado Oeste do Sublanço entre Buraca e Pontinha.

Solução: barreira acústica absorvente e/ou reflectora, com altura da ordem de 5,00 m, do lado Oeste, para protecção da zona habitacional.

Na **Figura 6.2.1** mostra-se esquematicamente o perfil transversal da via no local, com a implantação da Barreira 1.

Materiais: painéis acústicos absorventes (opacos), ou painéis reflectores (transparentes) em percentagem variando de 100 % dos primeiros a 100 % dos segundos consoante a aferição local que se vier a assegurar no âmbito da integração estética das barreiras.

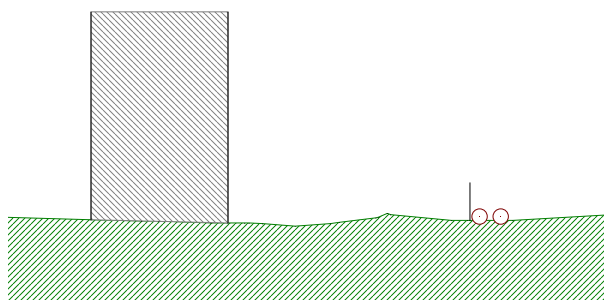


Figura 6.2.1 - Esquema de Implantação da Barreira Acústica 1

6.2.1.3 - Localização e Pré-dimensionamento das Barreiras Acústicas no IC17

➤ Barreira Acústica 2 - Caminho-de-Ferro / Nó da Damaia - Bairro de Santa Cruz

Zona a Proteger: área com ocupação habitacional entre o km 1+175 e o km 1+500, lado Este do Sublanço entre Buraca e Pontinha, localizada a cotas inferiores.

Solução: barreira acústica constituída por painéis absorventes, intercalados por painéis reflectores para iluminação, com altura da ordem de 2,50 m aplicada sobre consola de 2,00 m, do lado Oeste, para protecção da zona habitacional.

Na **Figura 6.2.2** mostra-se esquematicamente o perfil transversal no local de implantação da Barreira 2.

Materiais: painéis acústicos reflectores (transparentes) e painéis acústicos absorventes (opacos).

No caso em apreço, a interposição da consola referida teve como objectivos:

- ♦ minimizar as implicações resultantes do incumprimento pontual da primeira condicionante referida na DIA;
- ♦ minimizar a perturbação potencial associada a abertura deste meio túnel no que respeita ao impacte acústico;
- ♦ reduzir os impactes visuais e de ocupação do solo neste trecho, pela consideração de uma faixa adicional (ainda que com restrições de uso) possível de ser integrada nos logradouros, bem como minimização do confinamento visual, situação que a solução túnel não assegurava, dado que neste trecho, e tendo presente as cotas da via e do terreno, o recobrimento do túnel sobreelevava-se 1 a 2 m face ao terreno actual impondo um maior confinamento do espaço, bem como visual;
- ♦ criar um maior ajustamento das barreiras acústicas face aos logradouros das habitações locais e, dessa forma, diminuir efeitos de confinamento visual, ensombramento, menor circulação de ar, entre outros

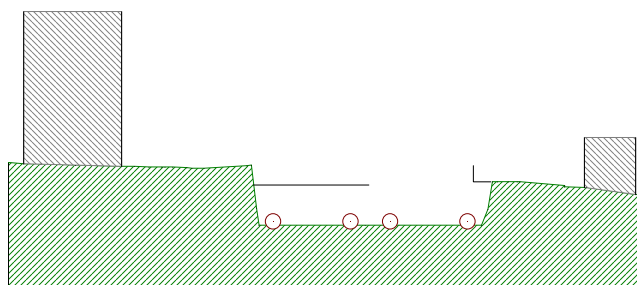


Figura 6.2.2 - Esquema de Implantação da Barreira Acústica 2

➤ **Barreira Acústica 3 - Portas de Benfica / Venda Nova - Bairro das Pedralvas**

Zona a Proteger: área com ocupação habitacional entre o km 2+075 e o km 2+300, lado Este, do Sublanço entre Buraca e Pontinha.

Solução: barreira acústica absorvente, com altura da ordem de 3,00 m, do lado Este, para protecção da zona habitacional.

Na **Figura 6.2.3** mostra esquematicamente o perfil transversal das condições de implantação da Barreira 3.

Materiais: painéis acústicos absorventes (opacos), dado que confere maior protecção acústica e porque não estarão em causa problemas de confinamento visual.

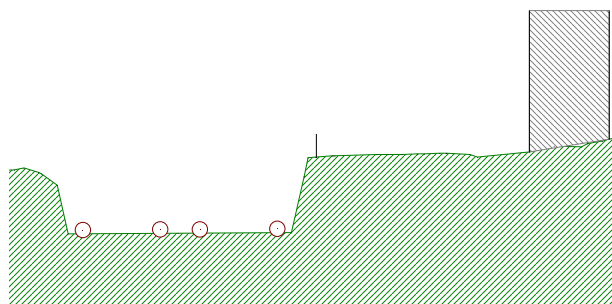


Figura 6.2.3 - Esquema de Implantação da Barreira Acústica 3

➤ **Barreira Acústica 4 - Venda Nova / Nó da Pontinha - Colina do Sol**

Zona a Proteger: área com ocupação habitacional (Colina do Sol / Estrada da Correia) entre o km 2+625 e o km 2+900, lado Este, do Sublanço entre Buraca e Pontinha.

Solução: barreira acústica absorvente, com altura da ordem de 3,00 m, do lado Este, para protecção da zona habitacional.

Materiais: painéis acústicos absorventes (opacos).

➤ **Barreira Acústica 5 - Venda Nova**

Zona a Proteger: área com ocupação habitacional da Venda Nova entre o km 2+650 e o km 2+850, lado Oeste, do Sublanço entre Buraca e Pontinha.

Solução: barreira acústica absorvente, com altura da ordem de 5,00 m, do lado Oeste, para protecção da zona habitacional.

Materiais: painéis acústicos absorventes (opacos).

Na **Figura 6.2.4** mostra-se esquematicamente o perfil transversal da colocação das Barreiras 4 e 5.

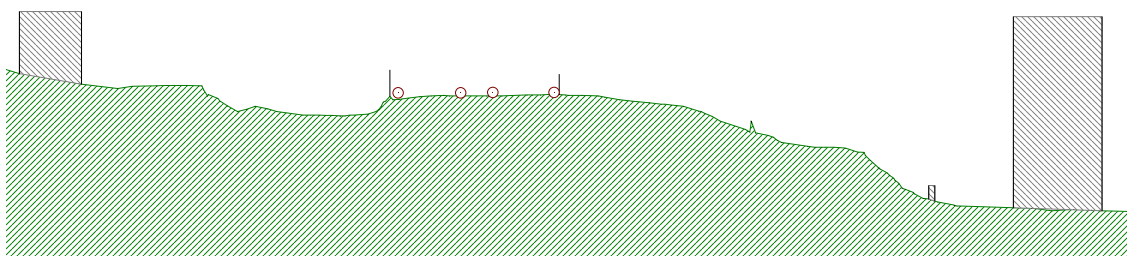


Figura 6.2.4 - Esquema de Implantação das Barreiras Acústicas 4 e 5

➤ Barreira Acústica 6

Zona a Proteger: área com ocupação habitacional entre o km. 3+400 e o km. final do sublanço, lado Este, do Sublanço entre Buraca e Pontinha.

Solução: barreira acústica absorvente, com altura da ordem de 5,00 m, do lado Este, para protecção da zona habitacional.

A **Figura 6.2.5** mostra esquematicamente o perfil transversal tipo da Barreira 6.

Materiais: painéis acústicos absorventes (opacos).

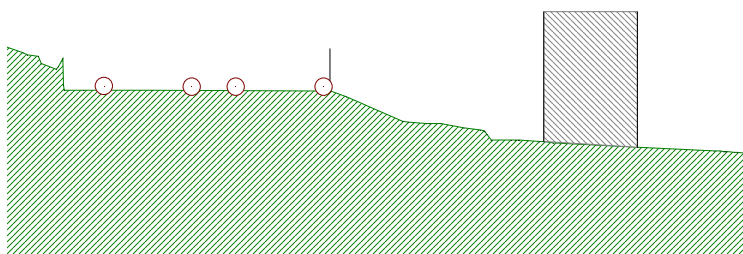


Figura 6.2.5 - Esquema de implantação da Barreira Acústica 6

6.2.1.4 - Localização e Pré-dimensionamento das Barreiras Acústicas no IC16 - Radial da Pontinha (Nó da Pontinha - Rotunda de Benfica)

➤ Barreira Acústica RP1

Zona a Proteger: área com ocupação habitacional entre o km 0+000 e o km 0+150, lado Oeste da Radial da Pontinha.

Solução: barreira acústica absorvente, com altura da ordem de 5,00 m, do lado Oeste, para protecção da zona habitacional.

Na **Figura 6.2.6** mostra-se esquematicamente o perfil transversal da via na zona de implantação da Barreira RP1.

Materiais: painéis acústicos absorventes (opacos).

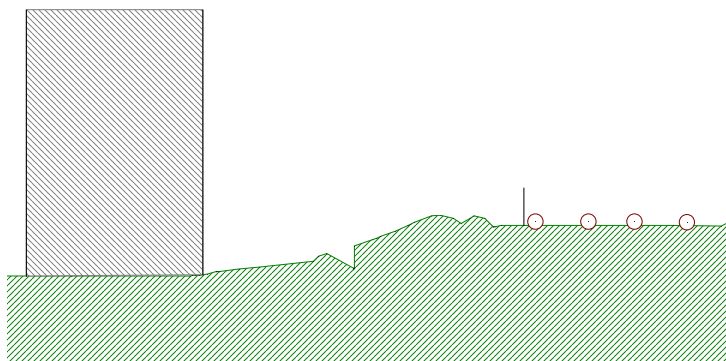


Figura 6.2.6 - Esquema de Implantação da Barreira Acústica RP1

➤ **Barreira Acústica RP2**

Zona a Proteger: área com ocupação habitacional entre o km 0+150 e o km e o km 0+475, lado Oeste da Radial da Pontinha

Solução: barreira acústica absorvente, com altura da ordem de 5,00 m, do lado Oeste, para protecção da zona habitacional.

Na **Figura 6.2.7** mostra-se esquematicamente o perfil transversal no trecho de implantação da Barreira RP2.

Materiais: painéis acústicos absorventes (opacos).

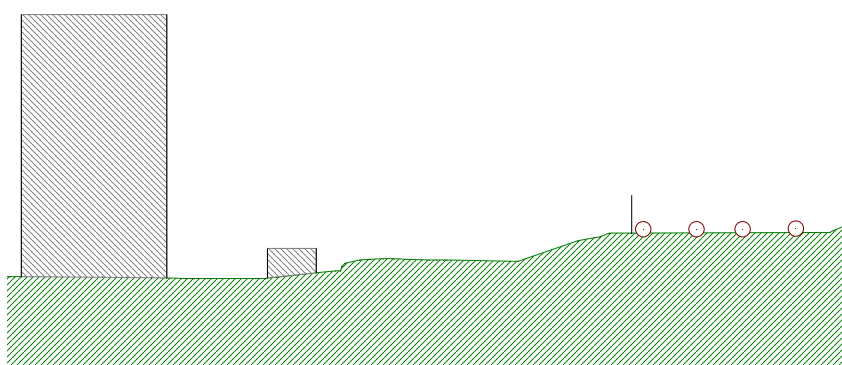


Figura 6.2.7 - Esquema de Implantação da Barreira Acústica RP2

➤ **Barreira Acústica RP3**

Zona a Proteger: área com ocupação habitacional entre o km 0+300 e o km 0+500, do lado Este da Radial da Pontinha

Solução: barreira acústica absorvente, com altura da ordem de 5,00 m, do lado Este, para protecção da zona habitacional.

Na **Figura 6.2.8** mostra-se esquematicamente o perfil transversal na zona de implantação da Barreira RP3.

Materiais: painéis acústicos absorventes (opacos).

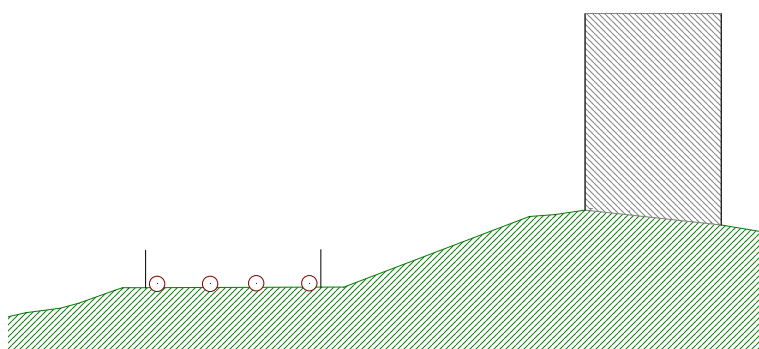


Figura 6.2.8 - Esquema de Implantação da Barreira Acústica RP3

6.2.2 - Embocaduras e Tectos dos Túneis

As paredes e o tecto das embocaduras dos túneis projectados, entendidos nos locais em que abrem as duas faixas (km's 0+650, 2+075, 2+300; 2+650 da CRIL e nos 2 emboquilhamentos dos 2 túneis do IC16) deverão ser revestidos com material absorvente acústico, desde o seu início até ao seu interior numa extensão de 75 m.

O material absorvente deverá apresentar os coeficientes de absorção que melhor se adaptem ao espectro de ruído rodoviário. Os valores de coeficientes de absorção sonora $\alpha \geq 0,7$ nas bandas de oitava centradas nas frequências a partir de 250 Hz.

O revestimento deve ser efectuado com painéis de aglomerado poroso de betão e madeira, do tipo "béton-bois", Structa ou Carbon blanc, ou similar, com 10 cm de espessura .

Este tipo de painéis não pode ser pintado pelas vias tradicionais; contudo, pode ser adquirido com várias tonalidades. O processo de coloração consiste em adicionar; à argamassa; em fase de construção, determinados óxidos de cores variadas.

Alternativamente, os tectos do túneis, poderão ser revestidos com um spray de fibras de celulose do tipo Sonacell Celbar com cerca de 30 mm de espessura.

Este spray poderá ter um pigmento de cor ou poderá ser pintado à pistola na cor pretendida.

6.3 - MAPAS DE RUÍDO APÓS IMPLEMENTAÇÃO DAS SOLUÇÕES DE MINIMIZAÇÃO ACÚSTICA

Apresentam-se nas **Figuras 6.3.1 a 6.3.6** as Cartas de Ruído que mostram os níveis sonoros previstos para as diferentes zonas a proteger, após a implementação das soluções minimizadoras de ruído, na vigência dos dois períodos de referência, para o ano horizonte de projecto, 2025.

6.4 - NÍVEIS DE RUÍDO APÓS IMPLEMENTAÇÃO DAS SOLUÇÕES MINIMIZADORAS DE RUÍDO

Procedeu-se à análise dos níveis sonoros previstos e constantes das cartas de ruído.

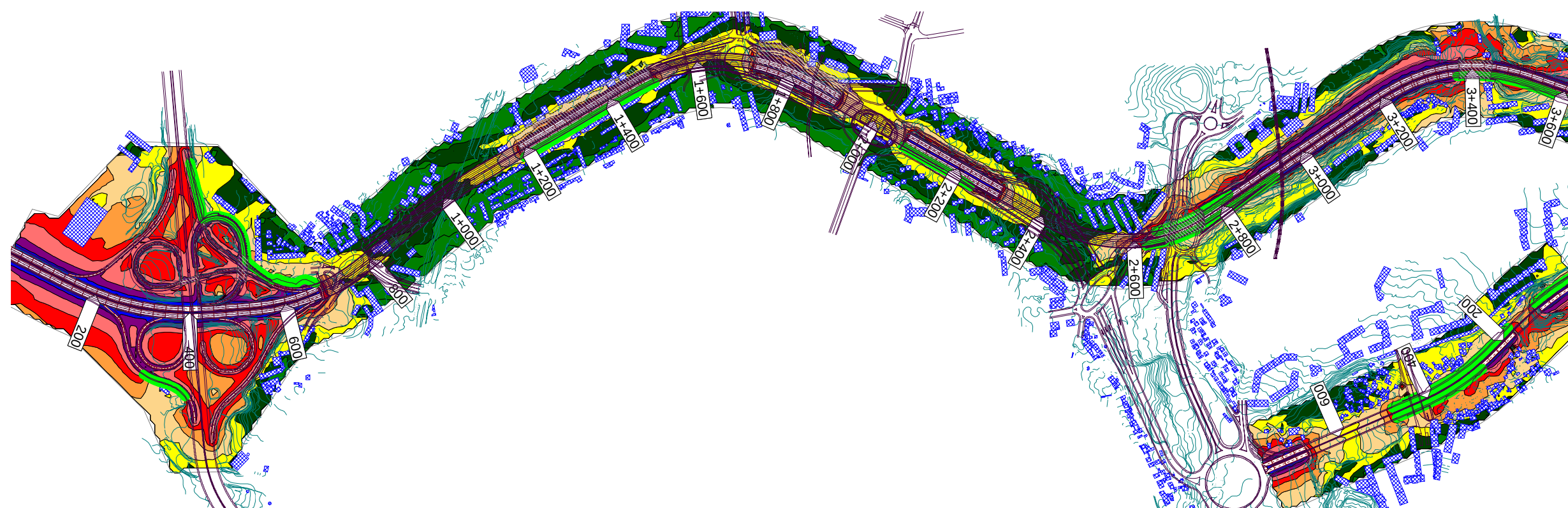
Procedeu-se, ainda, a novos cálculos do ruído de circulação rodoviária após implementação das soluções minimizadoras de ruído, para os edifícios de habitação tomados como referência neste estudo.

Apresentam-se nos **Quadros 6.4.1 a 6.4.4** os valores do índice L_{Aeq} previstos para os diferentes pisos dos receptores com sensibilidade ao ruído existentes na envolvente do traçado e tomados como referência, após a implementação das soluções minimizadoras de ruído, utilizando o pavimento betuminoso de borracha (BMB), para o ano horizonte do projecto, 2025.

As previsões de circulação rodoviária foram efectuadas apenas para quatro troços da envolvente do projecto:

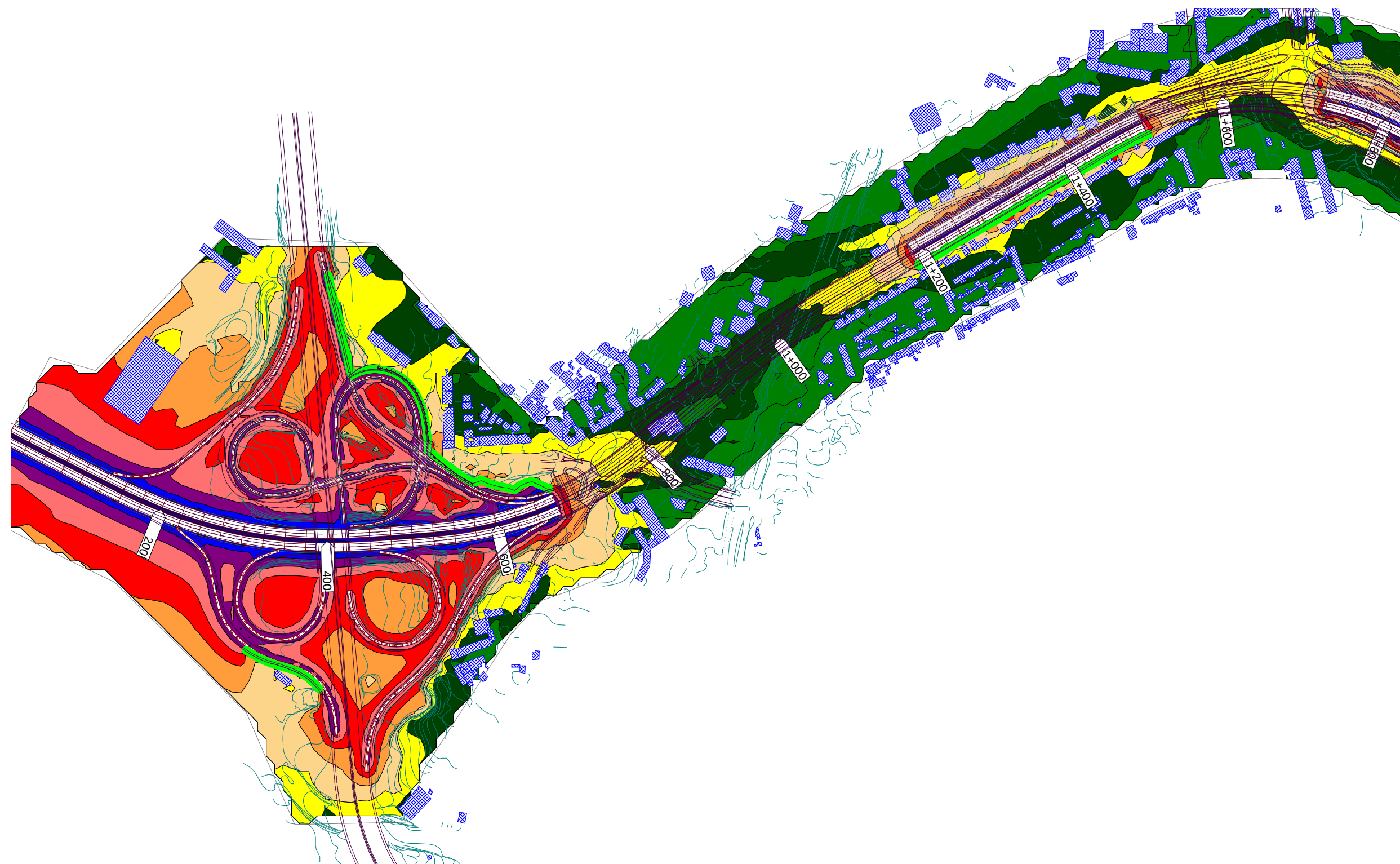
- ♦ **Troço 1** - entre o nó de Alfragide - nó da Buraca
- ♦ **Troço 2** - entre o nó da Buraca - nó da Damaia
- ♦ **Troço 3** - entre o nó da Damaia - nó da Pontinha
- ♦ **Troço 4** - entre nó de Benfica - nó da Pontinha (Radial da Pontinha)

Todos os resultados de previsões apresentados foram aproximados a intervalos de 0,5 dB(A).

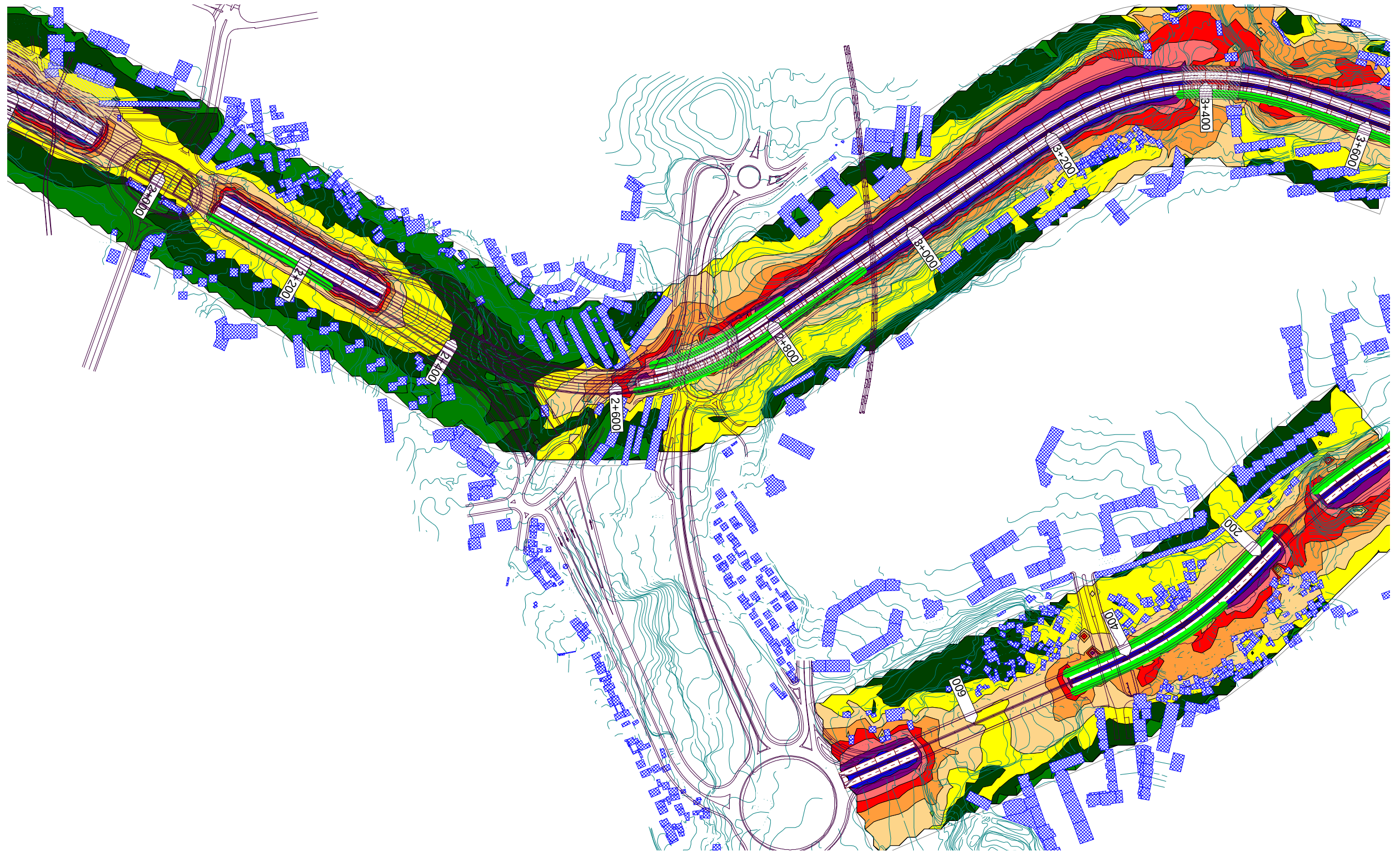


Barreira Acústica

Níveis de Ruído dB(A)	
40 <	≤ 40
45 <	≤ 45
50 <	≤ 50
55 <	≤ 55
60 <	≤ 60
65 <	≤ 65
70 <	≤ 70
75 <	≤ 75

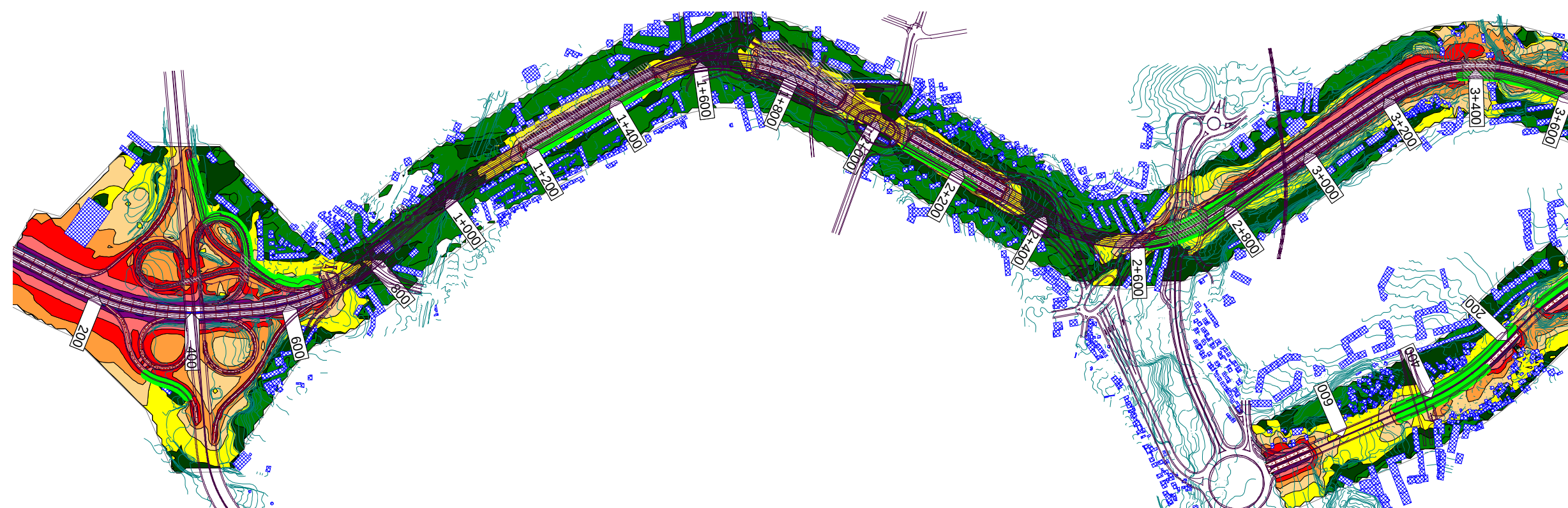


Níveis de Ruído dB(A)	
40 <	≤ 40
40 <	≤ 45
45 <	≤ 50
50 <	≤ 55
55 <	≤ 60
60 <	≤ 65
65 <	≤ 70
70 <	≤ 75
75 <	



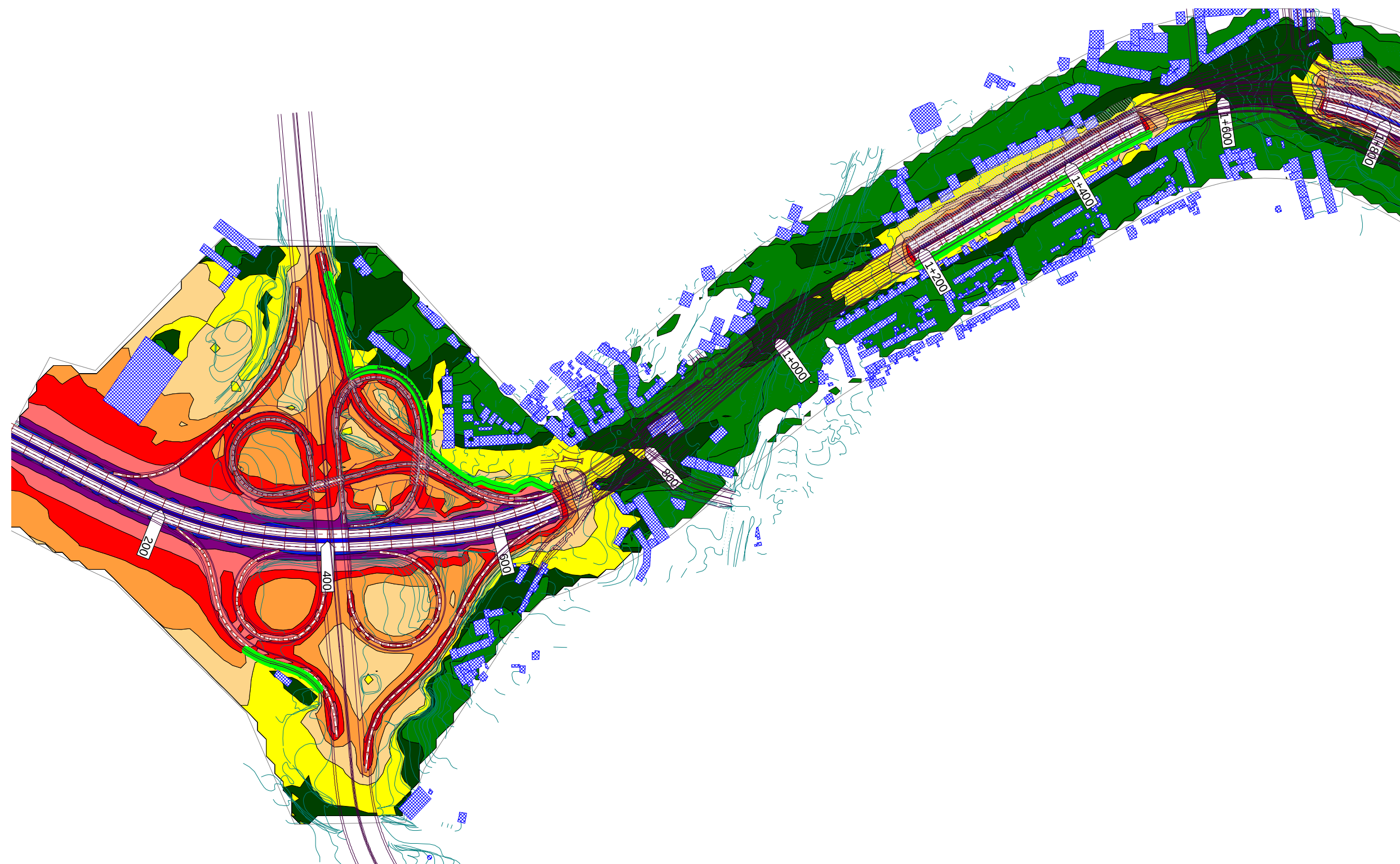
Níveis de Ruído dB(A)	
<= 40	Verde
40 < <= 45	Verde-claro
45 < <= 50	Amarelo
50 < <= 55	Amarelo-claro
55 < <= 60	Laranja
60 < <= 65	Vermelho
65 < <= 70	Vermelho-claro
70 < <= 75	Roxo
75 <	Azul

Barreira Acústica

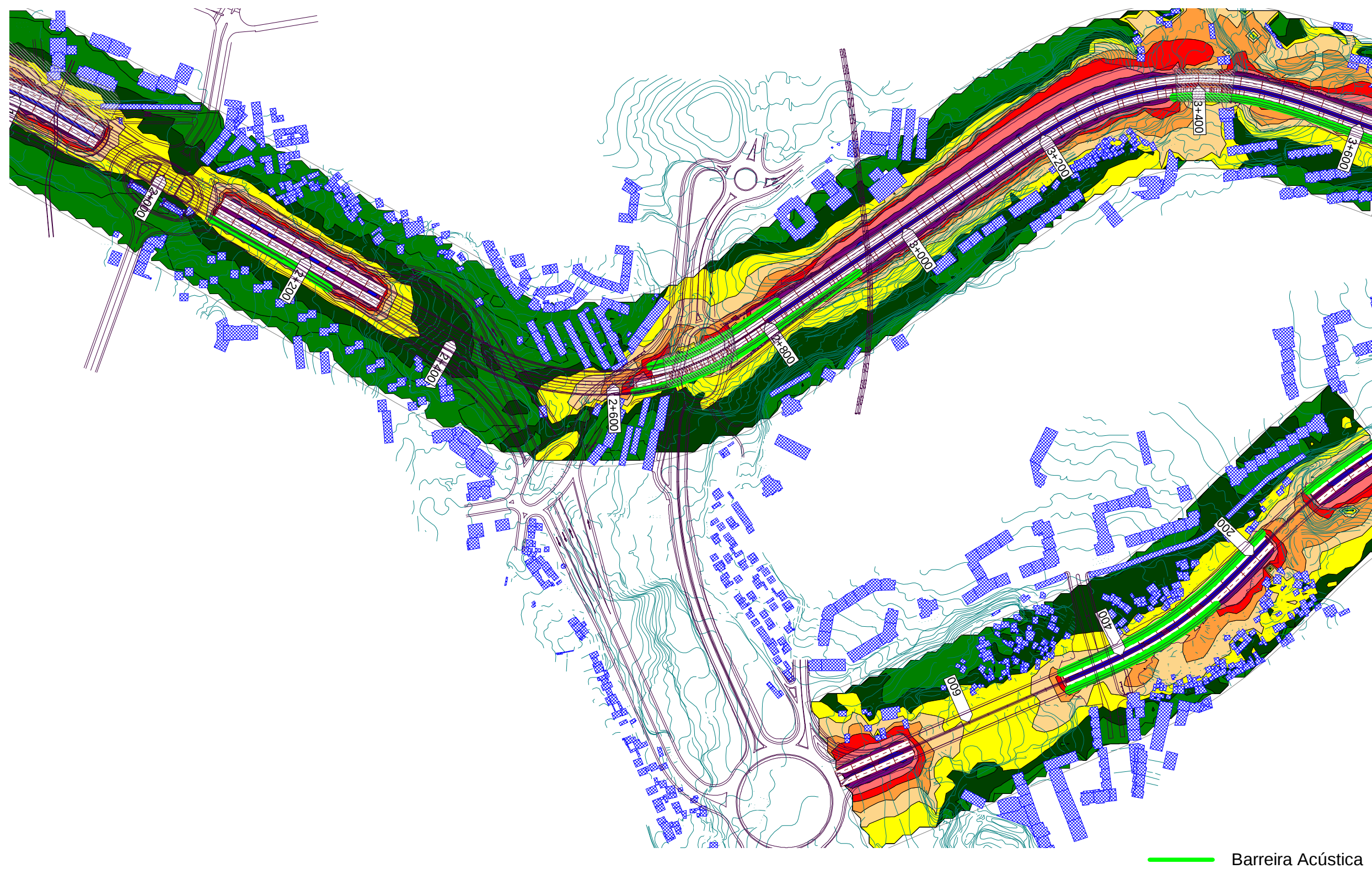


Barreira Acústica

Níveis de Ruído dB(A)	
<= 40	Green
40 < <= 45	Light Green
45 < <= 50	Yellow
50 < <= 55	Orange
55 < <= 60	Red
60 < <= 65	Dark Red
65 < <= 70	Purple
70 < <= 75	Blue
75 <	Dark Blue



Níveis de Ruído dB(A)	
40 <	<= 45
45 <	<= 50
50 <	<= 55
55 <	<= 60
60 <	<= 65
65 <	<= 70
70 <	<= 75
75 <	<= 80



6.4.1 - Troço 1 - Nó da Buraca

Quadro 6.4.1 - Nó da Buraca - Valores de L_{Aeq} Previstos para os Diferentes Pisos de Receptores Tomados como Referência Após Adopção de Medidas

Km / Receptor / Lado	Pisos	L_{Aeq} dB(A) Ano Horizonte (2025)	
		P. Diurno	P. Nocturno
0+200 Ramo A_ Nó Buraca / R1 / Oeste	1	49,5	46,0
	2	51,0	47,5
	3	54,5	50,5
	4	56,5	52,0
	5	58,5	54,0
	6	60,0	55,0
	7	61,0	55,5
	8	62,0	56,5
	9	62,0	57,0
	10	62,5	57,0
0+620 plena via (km0+025-Ramo B_ Nó Buraca / R2 / Oeste	1	49,0	44,5
	2	53,0	50,5
	3	55,5	53,0
	4	57,0	54,0
0+375 / Lar / Este	1	50,5	44,5
	2	56,0	51,0
0+600 / R3 / Este	1	49,5	43,5

No período diurno os níveis sonoros previstos são sempre inferiores a 65 dB(A).

No período nocturno e a partir do 7º piso de R1, os valores previstos são ligeiramente superiores a 55 dB(A), valor limite estabelecido para “zonas mistas”. O desvio inferior ou da ordem de grandeza de 2 dB verificado a partir do 5º piso de R1, encontra-se confortavelmente dentro da margem de erro associada à avaliação experimental ou previsional (conforme definido no Position Paper do EU Noise Policy Working Group 3 “Computation and Measurement” de Junho de 2001), pelo que não se reputa como relevante, tendo ainda em consideração o intervalo de tempo objectivo (2025).

A altura dimensionada resulta de um processo de optimização, pelo que maiores alturas não conduzirão a decréscimos significativos no ruído ambiente nos pisos em causa. Por outro lado, considera-se que a altura encontrada corresponde, já, a um valor máximo compatível com a estrutura urbanística envolvente.

Face ao exposto, considera-se que ficam cumpridos os objectivos de protecção sonora.

6.4.2 - Troço 2 - Nó da Buraca - Nó da Damaia

Quadro 6.4.2 - Nó da Buraca - Nó da Damaia. Valores de L_{Aeq} Previstos para os Diferentes Pisos de Receptores Tomados como Referência com Adopção de Barreiras Acústicas

		L_{Aeq} dB(A) Ano Horizonte (2025)	
Km / Receptor / Lado	Pisos	P. Diurno	P. Nocturno
1+400 / R4/ Oeste	1	48,5	46,0
	2	54,5	51,5
	3	57,0	54,0
	4	59,0	56,0
	5	60,5	57,0
	6	60,5	57,0
	7	60,0	57,0
1+230 / R5/ Este	1	49,0	45,5
	2	53,0	49,5
1+410 / R6 / Este	1	52,0	48,5
	2	57,5	54,5

No período diurno os níveis sonoros previstos são sempre inferiores a 65 dB(A).

No período nocturno e apenas a partir do 4º piso de R4, os valores previstos são superiores a 55 dB(A), valor limite estabelecido para “zonas mistas”. O desvio inferior ou da ordem de grandeza de 2 dB verificado a partir do 4º piso de R4, encontra-se dentro da margem associada à avaliação experimental ou previsional, pelo que não se reputa relevante, considerando-se que ficam cumpridos os objectivos de protecção sonora.

Já para os receptores R5 e R6, que respeita ao Bairro de Santa Cruz cumpre-se integralmente o enquadramento legal.

6.4.3 - Troço 3 - Nó da Damaia - Nó da Pontinha

Quadro 6.4.3 - Nó da Damaia - Nó da Pontinha. Valores de L_{Aeq} Previstos para os Diferentes Pisos de Receptores Tomados como Referência com Adopção de Barreiras Acústicas

		L_{Aeq} dB(A) Ano Horizonte (2025)	
Km / Receptor / Lado	Pisos	P. Diurno	P. Nocturno
1+875 / R7/ Oeste	1	47,0	44,0
	2	50,0	46,5
	3	53,5	50,0
	4	57,0	53,0
	5	60,0	55,0
	6	60,0	55,0

Quadro 6.4.3 - Nó da Damaia - Nó da Pontinha. Valores de L_{Aeq} Previstos para os Diferentes Pisos de Receptores Tomados como Referência com Adopção de Barreiras Acústicas (Cont.)

		L_{Aeq} dB(A)	
		Ano Horizonte (2025)	
Km / Receptor / Lado	Pisos	P. Diurno	P. Nocturno
1+875 / R7/ Oeste	7	60,0	55,0
	8	60,0	54,5
	9	60,0	54,5
	10	60,0	54,5
	11	60,0	54,5
	12	60,0	55,0
2+675 / R8/ Oeste	1	52,5	47,5
	2	58,0	54,0
	3	59,0	55,0
	4	60,0	56,5
	5	61,0	57,0
2+135 / R9/ Este	1	45,5	40,5
	2	48,0	44,0
	3	49,5	46,0
	4	52,0	48,5
	5	55,0	51,5
	6	58,0	54,5
2+800 / R10 / Este	1	41,0	37,0
	2	42,0	38,5
	3	44,0	40,5
	4	47,0	44,5
	5	49,5	46,5
	6	50,5	47,0
	7	51,5	48,5
	8	52,0	49,0
	9	53,0	49,5
	10	53,5	50,5
	11	55,0	51,5
	12	56,5	53,5
	13	58,0	55,0
3+150 / R11 / Este	1	53,0	48,0
	2	56,0	51,5
	3	58,5	54,5
3+750 / R12 / Este	1	49,0	44,0
	2	51,0	47,0
	3	54,0	50,5
	4	56,5	53,5
	5	58,5	55,0

No período diurno os níveis sonoros previstos são sempre inferiores a 65 dB(A), mesmo sem barreiras.

Com adopção de barreiras e no período nocturno, a partir do 4º piso do edifício R8 os valores previstos são superiores a 55 dB(A), valor limite estabelecido para “zonas mistas”. Este desvio, inferior ou da ordem de grandeza de 2 dB, verificado a partir do 4º piso de R8, encontra-se dentro da margem associada à avaliação experimental ou previsional, pelo que não se reputa relevante, considerando-se que ficam cumpridos os objectivos de protecção sonora.

A altura dimensionada resulta de um processo de optimização, pelo que maiores alturas não conduzirão a decréscimos significativos no ruído ambiente nos pisos em causa. Por outro lado, considera-se que a altura encontrada corresponde, já, a um valor máximo compatível com a estrutura urbanística envolvente.

6.4.4 - Troço 4 - Radial da Pontinha

Quadro 6.4.4 - Radial da Pontinha. Valores de L_{Aeq} Previstos para os Diferentes Pisos de Receptores Tomados como Referência com Adopção de Barreiras Acústicas

		L_{Aeq} dB(A) Ano horizonte (2025)	
Km / Receptor / Lado	Pisos	P. Diurno	P. Nocturno
0+035 / R _{RP1} / Oeste	1	44,5	39,5
	2	48,0	43,5
	3	50,0	45,5
	4	54,5	48,0
	5	55,5	52,5
	6	57,0	53,5
	7	58,5	55,0
	8	59,5	56,0
	9	62,0	58,0
	10	63,0	59,0
	11	64,0	60,0
	12	64,0	60,0
0+225 / R _{RP2} / Oeste	1	43,5	38,5
	2	46,5	42,5
	3	48,5	44,0
	4	49,5	45,5
	5	53,5	50,5
	6	54,5	51,0
	7	55,5	52,0
	8	56,5	53,5
	9	58,0	54,5
	10	59,0	55,0
	11	60,5	56,0
	12	61,0	56,5

Quadro 6.4.4 - Radial da Pontinha. Valores de L_{Aeq} Previstos para os Diferentes Pisos de Receptores Tomados como Referência com Adopção de Barreiras Acústicas (Cont.)

Km / Receptor / Lado	Pisos	L_{Aeq} dB(A) Ano horizonte (2025)	
		P. Diurno	P. Nocturno
0+875 / R_{RP3} / Oeste	1	37,5	32,5
	2	40,0	36,0
	3	44,0	41,5
	4	48,0	45,0
	5	49,5	47,0
	6	52,0	49,0
	7	53,0	50,0
	8	54,5	51,5
	9	55,5	52,0
	10	55,5	52,0
0+400 / R_{RP4} / Este	1	58,0	54,5
	2	61,5	57,5
	3	63,0	59,5
	4	63,5	60,0
	5	64,0	60,5
	6	64,5	60,5
	7	65,0	61,5
	8	65,0	61,0
	9	65,0	61,0
0+525 / R_{RP5} / Este	1	45,0	42,0
	2	47,5	44,5
	3	49,0	46,0
	4	50,5	47,5
	5	52,0	49,5
	6	52,0	48,5
	7	53,5	50,0
	8	54,5	51,5
	9	55,0	51,5
	10	56,0	52,5
	11	57,5	54,0
	12	58,5	54,5
	13	58,5	55,0
	14	59,0	55,0
	15	59,5	55,5
	16	60,0	56,0

No período diurno os níveis sonoros previstos são sempre inferiores ou da ordem de grandeza de 65 dB(A).

No período nocturno e a partir do 8º piso de R_{P1} , do 10º piso de R_{P2} , do 2º piso de R_{P4} e do 14º piso de R_{P5} os valores previstos são superiores a 55 dB(A), valor limite estabelecido para “zonas mistas”.

A grandeza dos desvios, inferior ou da ordem de grandeza de 2 dB, verificada a partir do 10º piso de R_{P2} e do 14º piso de R_{P5} , encontra-se dentro da margem associada à avaliação experimental ou previsional, pelo que não se reputa relevante, considerando que ficam cumpridos os objectivos de protecção sonora.

Nos receptores R_{P1} e R_{P4} , e para alguns pisos superiores (os mais elevados), os valores previstos nas fachadas excedem em alguns dB os valores limite estabelecidos para zonas mistas, chegando a atingir diferenças da ordem dos 5 a 6 dB(A). Estas diferenças devem-se a factores inerentes à topologia do terreno e da estrada, à proximidade dos edifícios à estrada e às elevadas alturas dos edifícios em questão.

O estudo de dimensionamento das barreiras, resulta num processo de optimização, tendo-se verificado que maiores alturas não conduzirão a decréscimos significativos no ruído ambiente nos pisos em causa. A diferença de cotas entre o terreno de implantação dos edifícios (mais elevada) e a estrada, implica que o percurso de propagação não consiga ser eficazmente interrompido pela interposição de uma barreira acústica, conforme se pode observar pelo esquema da **Figura 6.2.3**. O aumento de altura das barreiras não conduz a diminuições significativas dos níveis sonoros mas antes a uma degradação crescente da relação benefício-custo. Por outro lado, considera-se que a altura encontrada corresponde, já, a um valor máximo compatível com a estrutura urbanística envolvente.

Para reduzir os níveis sonoros a partir dos referidos pisos mais elevados dos edifícios R_{P1} e R_{P4} , recomenda-se o reforço do isolamento sonoro dos panos vidrados das janelas dos compartimentos com usos sensíveis ao ruído virados para a via.

Deste modo, as janelas dos quartos, salas e zonas de estar daqueles edifícios deverão ser reforçadas com a substituição dos panos vidrados existentes ou com a colocação de novo pano vidrado (do lado de fora). O acréscimo de isolamento sonoro a sons de condução aéreo não deverá ser inferior a 6 dB.

7 - ANÁLISE E CONCLUSÕES

O projecto da CRIL entre a Buraca e a Pontinha visa estabelecer a ligação rodoviária entre as duas extensões da CRIL já construídas: Algés/Buraca e Pontinha/Sacavém.

Este corredor atravessa zonas de elevada densidade populacional, cujas ocupações do solo são de tipologia diversa, encontrando-se desde edifícios de habitação com 15 pisos até áreas

de habitação degradada (vulgo barracas), coexistindo com edifícios de tipo escolar, espaços de lazer e entretenimento, zonas de comércio, construções ou outras actividades ruidosas.

Os vários registos acústicos efectuados na envolvente do projecto rodoviário permitem concluir que o tráfego rodoviário que circula nas artérias rodoviárias existentes é a principal fonte sonora responsável pelos níveis sonoros observados.

A circulação rodoviária na CRIL provocará perturbações nos níveis sonoros das áreas próximas do traçado.

Foi efectuado um trabalho previsional para analisar os impactes, no ambiente sonoro, introduzidos por esta fonte de ruído, considerando desde logo a adopção de pavimento betuminoso de borracha - BMB.

Da análise deste trabalho previsional, verificou-se ser possível o incumprimento dos critérios legais vigentes estabelecidos para zonas com classificação acústica de “zonas mistas”, em ambos os períodos de referência, ainda que com maior incidência no período nocturno, predominantemente nos pisos mais elevados de alguns edifícios da proximidade.

Foram identificados impactes positivos e negativos no ambiente sonoro das áreas envolventes.

Para minimização dos impactes negativos, recomenda-se a adopção de soluções minimizadoras de ruído.

Foram estudadas e pré-dimensionadas diversas medidas minimizadoras de ruído, no sentido de contribuir para a avaliação da viabilidade da sua implementação, do ponto de vista prático e técnico, e da análise do seu benefício para cumprimento adequado dos requisitos legais sobre o ruído vigentes.

Foram elaboradas cartas de ruído da área envolvente antes e após a introdução de medidas minimizadoras de ruído.

No período diurno, após implementação das soluções minimizadoras de ruído, os níveis sonoros previstos são sempre inferiores ou da ordem de grandeza de 65 dB(A).

No período nocturno, após implementação das soluções minimizadoras de ruído, os valores previstos situam-se na generalidade abaixo dos 55 dB(A), valor limite estabelecido para zonas mistas.

Pontualmente, nas fachadas dos pisos mais elevados de alguns receptores, este valor é ligeiramente excedido, mas os desvios são na generalidade inferiores ou da ordem de grandeza de 2 dB. Estes desvios encontram-se dentro da margem de erro associada à avaliação experimental ou previsionar, pelo que não se reputam de relevantes, considerando-se que ficam cumpridos os objectivos de protecção sonora nesses receptores.

Nos receptores RP1 e RP4, situados na proximidade da Radial da Pontinha, e apenas para alguns pisos superiores, os valores previstos excedem os valores limite para zonas mistas, chegando a atingir diferenças da ordem dos 5 a 6 dB(A), admitindo-se conseqüentemente impactes residuais da ordem de 4 dB(A).

Estas diferenças devem-se a factores inerentes à topologia do terreno e às elevadas alturas dos edifícios em questão, que tornam menos eficazes as soluções mitigadoras materializadas em barreiras acústicas.

Face ao impacte residual identificado preconiza-se o isolamento sonoro de fachadas como medida de recurso a adoptar em associação com outras, única susceptível de assegurar a redução de ruído nos espaços interiores ao nível dos pisos superiores dos receptores em causa.

Em síntese, por forma a assegurar a integral minimização dos impactes devidos ao ruído afectos à exploração deste importante trecho da CRIL, foram recomendadas diversas medidas minimizadoras de ruído, no geral em associação, materializadas pela adopção de pavimento de betume de borracha (BMB), tratamento acústico das embocaduras dos túneis, colocação de barreiras acústicas e reforço do isolamento sonoro dos panos vidrados das janelas dos compartimentos com usos sensíveis ao ruído virados para a via.

O dimensionamento destas medidas de protecção sonora será afinado nos estudos subsequentes relativos ao presente empreendimento, considerando-se com o presente estudo estar demonstrada a viabilidade ambiental do novo empreendimento.

BIBLIOGRAFIA

D. R. Johnson e E. G. Saunders, The Evaluation of Noise From Freely Road Traffic, Journal of Sound and Vibration, (1967).

DIRECTIVAS DO CONSELHO de 10 de Novembro de 1992 e de 3 de Setembro de 1984, que altera a Directiva 70/157/CEE relativa à aproximação das legislações dos Estados-membros respeitantes ao nível sonoro admissível e ao dispositivo de escape dos veículos a motor (92/97/CEE e 84/424/CEE); DIRECTIVA DO CONSELHO de 13 de Abril de 1981 que adapta ao progresso técnico a Directiva 70/157/CEE do Conselho relativa à aproximação... (81/334/CEE) ; DIRECTIVA DO CONSELHO de 8 de Março de 1977 que altera a Directiva 70/157/CEE relativa ao nível sonoro admissível... (77/212/CEE); DIRECTIVA DO CONSELHO de 23 de Novembro de 1978 relativa à aproximação das legislações dos Estados-membros respeitantes ao nível sonoro admissível e ao dispositivo de escape dos motociclos (78/1015/CEE).

Dr. G.R.Watts, Traffic Noise Barriers, (1995).

Dr.G.R.Watts, Traffic Noise Barriers, TRL Limited - United Kingdom, (1995).

Harris, Handbook of Noise Control, Road Traffic Noise, (Ed.1979).

J. L. Bento Coelho et al., Ruído de Tráfego Rodoviário na Cidade de Lisboa, Relatório Interno, CAPS/Instituto Superior Técnico, (1988).

J. L. Bento Coelho, Impacte do Ruído, Comunicações Seminário Avaliação do Impacte Ambiental, Lisboa, (1986).

J. L. Bento Coelho, Previsão de Ruído de Tráfego Rodoviário, Relatório Interno, CAPS/InstSuperTécnico, 1988, Ed. DGQA, SEARN (1989).

Kyoji Fujira, Naotuki Furuta, Sound Shielding Efficiency of a Barrier with a Cylinder at the Edge, (1991).

Masaki Hasebe, Acoustical Letter, Study on the Sound Reduction by T-Profile Noise Barrier, Department of Sanitary and Environmental Engineering, Faculty of Engineering, Hokkaido University Sapporo, Japan, (1992).

Norma Portuguesa NP 1730/1996, "Acústica. Grau de reacção humana ao ruído. "Acústica. Descrição e medição do ruído ambiente" Partes 1, 2 e 3 de Outubro 1996.

Regime Legal sobre a Poluição Sonora, Decreto-Lei nº 292/2000 de 14 de Novembro

Symposium on Noise in Transportation, Proceedings, 8th ICA, (1974).

T. Priede, The Effect of Operating Parameters on Sources of Vehicle Noise, Journal of Sound and Vibration, (1975).

Toshio Matsumoto, Kohei Yamamoto, Kosaku Limura, Giichi Sakamoto, Scale Model Studies of New Type Highway Noise Barriers, Inter-Noise 94, (1994).

Ulf Sandberg e Jerszy A.Ejsmont, Tyre/Road Noise Reference Book, (Ed.2002).

ANEXO II.1
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DO PAVIMENTO DE BETUME
MODIFICADO DE BORRACHA (BMB) E RESULTADOS DE
ESTUDOS COMPARATIVOS COM OUTRO TIPO DE PAVIMENTOS

21.6.7 Topping with a surface dressing with small chippings

A special case of texture optimisation is to use a surface dressing with a small aggregate. Particularly successful trials have been made with surface dressings as a topping on old smooth concrete surfaces in order to reduce noise. In this case, the best is to use a chip seal with small maximum aggregate size (say 4-6 mm). Normally, the binder would be bituminous, but in order to get a more durable surface, this may be better bound with epoxy resin when such small chippings are used. A surface dressing intended for noise reduction of a cement concrete surface is shown in Fig. 21.12. The binding layer is epoxy. Note the small chippings, mainly 3-4 mm.



Fig. 21.12 Epoxy-durap surface dressing on a cement concrete surface. Road A270 near Nuenen, the Netherlands.

21.6.8 Topping with a rubberised mix (GPUX)

In special cases, one can use other "toppings" for existing cement concrete pavements. An interesting one is a surfacing called GPUX, after the inventor Mr Graham Potter. GPUX is a thin surfacing consisting of 1/3 of recycled rubber granules mixed with a stone aggregate, sand and polyurethane binder. It is an elastic, truly flexible surfacing (see Fig. 21.13) usually laid between 15 and 25 mm thick. Successful trials (so far) have been made to apply it to macadam wearing courses and to cement concrete. The surface may be dressed with a layer of chippings, to obtain a surface similar to that of surface dressings but with an elastic base [Potter 2002].

This particular surfacing has been made primarily for obtaining ice-free roads in winter climate (see Fig. 21.14), not the least to avoid black ice conditions. However, there also seems to be a noise benefit [Potter,

1996]. As shown in Fig. 21.15, there is a considerable noise reduction in comparison to a conventional Japanese DAC¹⁸ for a cruising car, but just a minor reduction for a truck, as shown in Fig. 21.16.

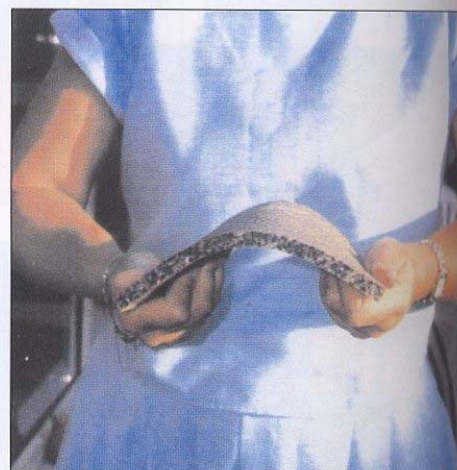


Fig. 21.13 Flexibility of the GPUX material demonstrated by bending a sample. From [Potter, 1996], used with permission.



Fig. 21.14 The GPUX surface applied in a winter climate, Hokkaido, Japan. The dark areas are ice-free strips of GPUX material (the elastic compression/expansion under the rolling tyres break up and remove any ice). From [Potter, 1996], used with permission.

¹⁸ Probably 13 mm maximum chipping size, since this is by far the most common DAC in Japan / The authors

21.6.9 Porous cement concrete

Essentially, the tests so far have indicated that porous cement concrete pavements, if successfully constructed, are equally effective with regard to noise reduction as their bituminous counterparts. However, the porous cement concrete surfaces are treated in section 22.4.7 since they are undisputedly considered to be low noise road surfaces.

21.6.10 Cement concrete block pavements

In old towns and cities, paving stones still represent a common type of surfacing. In [Meschik, 1990] there is a review of the effect on noise of such surfaces. The noise increase is 1.5-8 dB(A) according to this. In this case there is obviously a conflict between environmental and cultural ambitions. Paving stones are mainly used today because cultural values must be preserved.

In some types of streets, paving blocks of modern types have been introduced. These are usually made of cement concrete. Although the traffic usually is not intense on such streets, there have sometimes been some concern over the increased noise they cause. This has been investigated by [Samuels & Sharp, 1985] who did not find any consistent noise increase due to the blocks. Later studies include an Austrian study [Pauser, 1994] and two German studies [Pauls, 1991], [Vollpracht et al, 1994].

The first German study, by Pauls, tested three modern block pavements (proprietary names Eskoo Tavallo, Eskoo Tegula and Eskoo Tacato). He found that the Tavallo resulted in pass-by car noise at 30-50 km/h that was similar to that on a conventional DAC 0/11, while the other two were 1-3 dB(A) noisier.

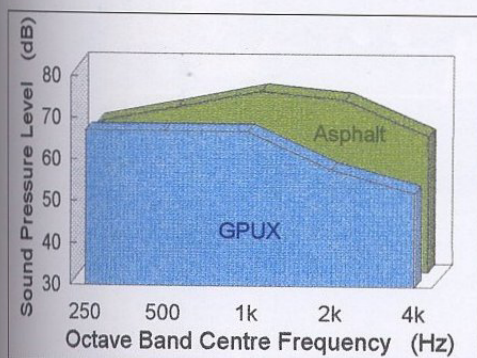


Fig. 21.15 Octave-band frequency spectra of cruising car at 80 km/h, L_{max} at 7.5 m microphone distance. From [Potter, 1996], used with permission.

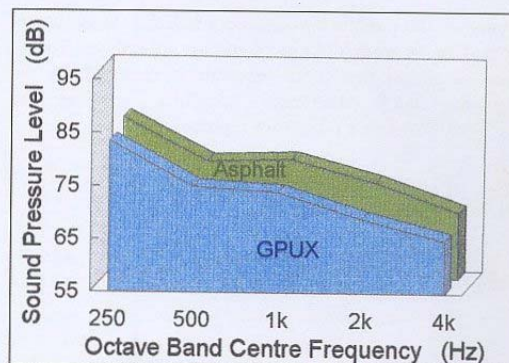


Fig. 21.16 Octave-band frequency spectra of cruising 10 ton laden truck at 70 km/h, L_{max} at 7.5 m microphone distance. From [Potter, 1996], used with permission.

The second German study, by Vollpracht et al, also concluded that cement concrete block pavements can be constructed with a surface resulting in the same traffic noise level as that on dense asphalt surfaces. Vollpracht and his co-authors reported that the (acoustically) best surfaces are smooth surfaces having a fine texture (grains 2 to 5 mm), or finely scrubbed or sand-blasted surfaces. These are better than plain smooth surfaces. Larger block sizes (more than 120x240 mm) are better than smaller ones. It was also reported that the joints between the blocks contributed to noise reduction (by sound absorption?). Such joints, especially when wide, should be directed in parallel to or diagonally to the driving direction, if possible. If joint widths are < 5 mm, the laying pattern and joint direction are not important. Blocks having a chamfer, especially if rectangular, should be laid diagonally. It is stressed that the preservation of evenness over the service life is crucial. Furthermore, some detailed explanations with regard to causes for increased noise on such surfaces are presented in [Vollpracht et al, 1994].

The Austrian paper is not very detailed. However, Pauser claimed a very good noise reduction of three of the twelve tested block types. He observed a reduction of 3.0-3.5 dB(A) in relation to a newly laid dense asphalt concrete and 6 dB(A) in relation to an old and somewhat noisy DAC. On the other hand, seven types were 1-6 dB(A) noisier than the new DAC. One of the low-noise types had an interlocking function that makes it suitable for heavy-duty roads, while one of the other low-noise block types is more adequate for decorative purposes. The latter is in fact one of the most frequent reasons to select a block pavement.

The Austrian low noise types seem to have almost incredibly low noise according to the present authors.