



Desenhamos cidades,
gerimos **mobilidades**



Município de Mirandela

Estudo de tráfego para a expansão da zona
industrial de Mirandela

Relatório Final

PR.18.0378.02 | outubro 2018

ÍNDICE GERAL

1. INTRODUÇÃO.....	4
2. METODOLOGIA	5
3. CONTAGENS DE TRÁFEGO	6
3.1. CARACTERIZAÇÃO DA REDE VIÁRIA	6
3.2. LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE CONTAGEM	6
4. CONSTRUÇÃO DO MODELO DE SIMULAÇÃO	11
4.1. <i>SOFTWARE</i> UTILIZADO NO DESENVOLVIMENTO DO ESTUDO	11
4.2. ÁREA DE ESTUDO E REDE VIÁRIA ATUAL	11
4.3. ZONAMENTO	11
4.4. MATRIZES OD PARA A SITUAÇÃO ATUAL.....	12
4.5. VALIDAÇÃO DO MODELO DE TRÁFEGO.....	13
4.6. CONCEITOS DE MODELAÇÃO PARA COMPARAÇÃO DE CENÁRIOS	16
5. CENÁRIO DA SITUAÇÃO ATUAL	17
5.1. ANÁLISE DA SITUAÇÃO ATUAL.....	17
5.2. NÍVEIS DE SERVIÇO	20
6. SITUAÇÃO FUTURA	22
6.1. ELEMENTOS PARA CONSTRUÇÃO DO CENÁRIO FUTURO.....	22
6.3. CENÁRIO FUTURO (APÓS CONCLUSÃO DO EMPREENDIMENTO).....	23
6.3. NÍVEIS DE SERVIÇO	25
7. COMPARAÇÃO DE CENÁRIOS	26
7.1. COMPARAÇÃO DOS INDICADORES GLOBAIS	26
7.3. COMPARAÇÃO DOS NÍVEIS DE SERVIÇO.....	27
8. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	28
9. REFERÊNCIAS	29

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1- Processo metodológico de modelação	5
Figura 2 - Identificação dos pontos de contagem manuais	7
Figura 3 – Zonamento	12
Figura 4 - Calibração: Regressão Linear Simples face às Contagens Ld (Período Diurno)	14
Figura 5 - Calibração: Regressão Linear Simples face às Contagens Le (Período Entardecer)....	14
Figura 6 - Calibração: Regressão Linear Simples face às Contagens Ln (Período Noturno).....	15
Figura 7 - Fluxos de veículos atuais no Ld (veic./h).....	18
Figura 8 - Fluxos de veículos atuais no Le (veic./h).....	18
Figura 9 - Fluxos de veículos atuais no Ln (veic./h).....	19
Figura 10 - TMD (veic./h) para a situação atual	19
Figura 11 - Fluxos de veículos futuros no Ld (veic./h).....	23
Figura 12 - Fluxos de veículos futuros no Le (veic./h).....	24
Figura 13 - Fluxos de veículos futuros no Ln (veic./h).....	24
Figura 14 - TMD (veic./h) para a situação futura	25

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Contagens automáticas realizadas	7
Tabela 2 - Classificação de veículos.....	8
Tabela 3 - Total dos movimentos contados	9
Tabela 4 – Média horária por período	9
Tabela 5 - Valores de referencia para as projeções de volumes de tráfego	10
Tabela 6 - Matrizes O/D de Procura Atual de Veículos Ligeiros e Pesados para Ld (veic/h)	13
Tabela 7 - Matrizes O/D de Procura Atual de Veículos Ligeiros e Pesados para Le (veic/h).....	13
Tabela 8 - Matrizes O/D de Procura Atual de Veículos Ligeiros em Ln (veic/h).....	13
Tabela 9 - Valores de GEH para os períodos Ld, Le e Ln	15
Tabela 10 - Classificação do Comportamento das Interseções.....	20
Tabela 11 - Análise dos Níveis de Serviço (Ld, Le e Ln)	21
Tabela 12 – Critérios de projeto.....	22
Tabela 13 - Análise dos Níveis de Serviço no Ld, Le e Ln (Cenário Futuro)	25
Tabela 14 - Comparação dos Indicadores face ao cenário da situação atual	27
Tabela 15 - Comparação dos níveis de serviço	27

1. INTRODUÇÃO

O município de Mirandela, pretende proceder à ampliação da zona industrial de Mirandela, num terreno contíguo a norte da atual área urbanizada, face ao completo e total preenchimento da zona atual, sem disponibilidade de terrenos/lotas para desenvolver qualquer empreendimento industrial ou de armazéns face também às muitas solicitações privadas.

A zona industrial de Mirandela, que ocupa hoje uma área de aproximadamente 44 ha, localizada na parte norte da cidade, está limitada pelas antigas estradas ou vias de ligação a concelhos limítrofes, a EN315 e a EN15, sendo que a A4 passa nas proximidades com acesso imediato, existindo ligação ao IP2 a partir da EN315.

O presente documento compreende os resultados do estudo de tráfego, por forma a avaliar o impacto das alterações propostas foi construído um modelo de oferta e procura rodoviário (modelo de tráfego) que permite a avaliação das alterações preconizadas para o acesso ao complexo Industrial.

A oferta viária é caracterizada pela geometria da rede viária e a procura de tráfego a partir das contagens em pontos-chave e em informação a recolher especificamente para este estudo em complementaridade com dados e *know-how* da equipa técnica resultante da elaboração de estudos de carácter similar na área da modelação de tráfego.

Foram estabelecidos os indicadores necessários a calcular através métodos internacionalmente aceites, nomeadamente através da metodologia do *HCM (Highway Capacity Manual)*¹, por forma a perceber qual o desempenho existente e futuro da rede viária em análise, para conseguir obter uma perceção exata do impacto que cada um dos cenários considerados pode ter nas condições de funcionamento da rede viária existente e futura, tendo sempre em consideração a legislação ambiental, nomeadamente no que diz respeito à avaliação que será necessária realizar nos períodos do diurno, entardecer e noturno².

¹ Highway Capacity Manual 2010, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., U.S.A, 2010.

² 7h00-20h00 (Período Diurno ou Ld), 20h00-23h00 (Período Entardecer ou Le), 23h00-7h00 (Período Noturno ou Ln)

2. METODOLOGIA

Para avaliar as condições de circulação atual foi desenvolvido um conjunto de contagens de tráfego classificadas e direcionais para a construção do modelo de tráfego. Após a correta codificação da oferta (número de vias, velocidade de circulação permitida, capacidade das vias) foi introduzido no modelo criado os valores das contagens nos períodos diurno, entardecer e noturno por forma a construir uma matriz Origem/Destino (OD) que possa ser utilizada para a avaliação do cenário futuro após a intervenção no projeto.

A seguinte figura pretende sintetizar o processo metodológico por movimento para o desenvolvimento deste estudo de tráfego.

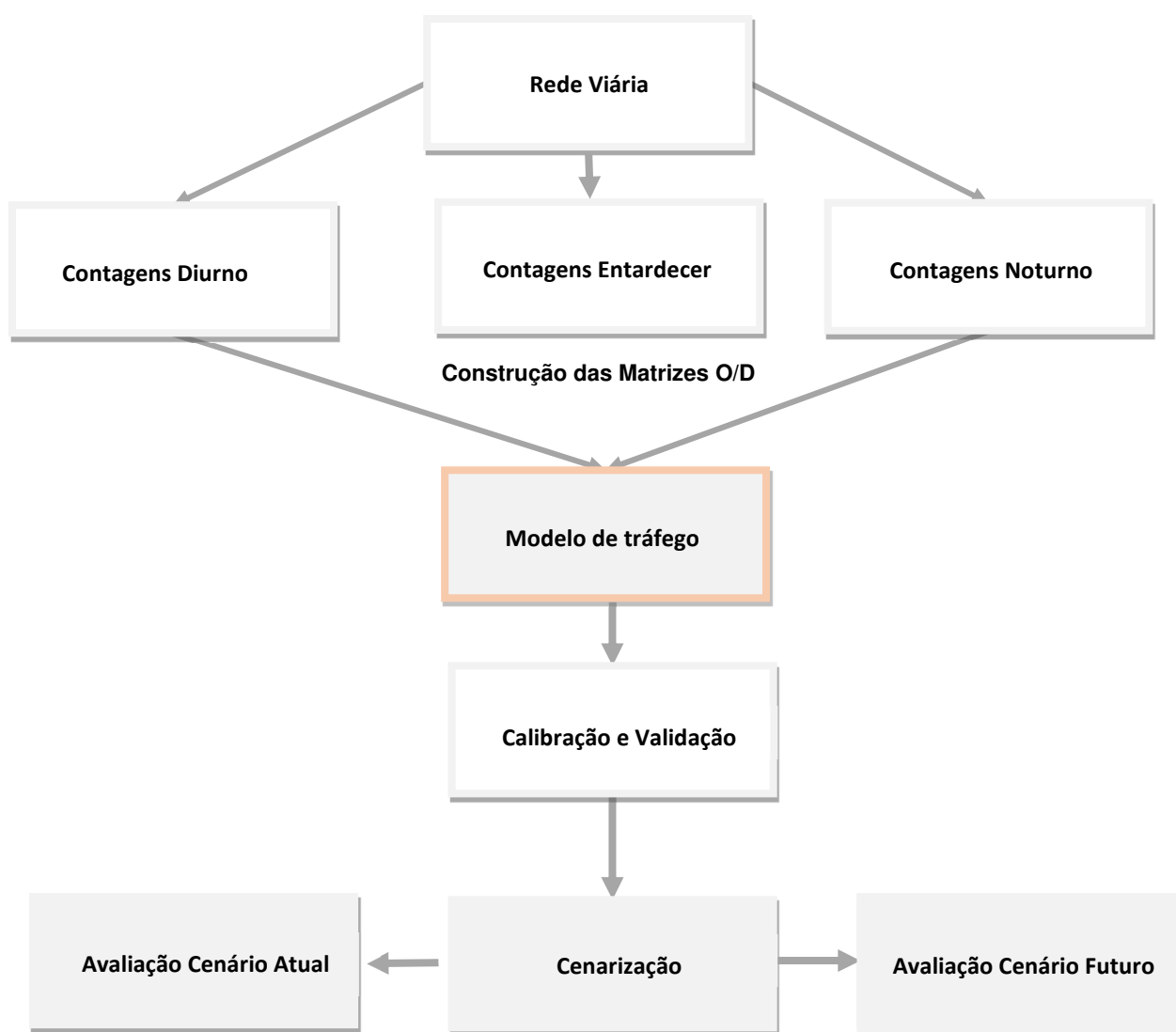


Figura 1- Processo metodológico de modelação

3. CONTAGENS DE TRÁFEGO

3.1. Caracterização da rede viária

A caracterização da rede viária na zona de estudo teve por base um levantamento das características físicas das vias mais relevantes para o desenvolvimento do modelo e uma análise da rede viária envolvente com base em elementos cartográficos fornecidos.

A rede viária selecionada para o estudo, contempla a zona onde o impacto será mais visível e mensurável, sendo a rotunda que liga a EN315, na ligação à cidade de Mirandela, que contempla o acesso à EN15 a oeste. Esta área assim definida, considerando os arruamentos interiores do lote industrial, será a área de estudo a avaliar.

Em termos geométricos estas são todas faixas de rodagem com uma via por sentido, estando estabelecida uma velocidade de circulação de acordo com o Código da Estrada em todos os tramos, não obstante o atravessamento da EN315 se constituir como um eixo de hierarquia superior

No que concerne à **capacidade** das vias estas são baseadas nos critérios de projeto e definidos como **900 veículos por hora** na EN315, **800 veículos por hora** na rotunda e na estada que liga à zona industrial e **500 veículos por hora** nas restantes vias.

3.2. Localização dos Pontos de Contagem

As contagens de tráfego foram realizadas de forma direcional e classificada na rotunda assinalada na Figura 2, entre a EN315 (Movimento 2 e 6³), a Av. São João (Movimento 1), a Rua D. (rua de acesso à zona industrial a construir), e os movimentos 3 e 5 que contempla o acesso de outras vias para a saída da zona industrial

Na Tabela 1 apresenta-se a caracterização do movimento de contagem com os seis movimentos , atribuindo um código de identificação, o tipo de movimento, a descrição, data e o período horário da realização da mesma.

As contagens foram realizadas de **dia 25 de setembro de 2018** tendo sido possível captar um padrão de movimentos mais uniformes e característico do resto dos dias da semana.

O período de contagens foi efetuado para um dia inteiro, sendo depois divididos nos respetivos períodos. Assim, após uma análise à distribuição das contagens, optou-se por agregar os valores nos períodos definidos de acordo com os períodos definidos para avaliação ambiental.

³ Código original dos ficheiros de contagens que permite a imediata identificação dos dados de origem.

Em termos horários o período diurno (Ld) está definido entre as 7h00 e as 20h00, o período do entardecer (Le) está definido entre as 20h00 e as 23h00 e o período noturno (Ln) está definido entre as 23h00 e as 7h00 de acordo Regulamento Geral do Ruído.

Um dos pontos prévios para a definição destes horários é perceber como são atribuídos os diferentes turnos laborais presentes na Tabela 1. Esses horários permitem ajustar os horários onde se pretende simular e estudar o impacto na rede viária das alterações preconizadas neste projeto.

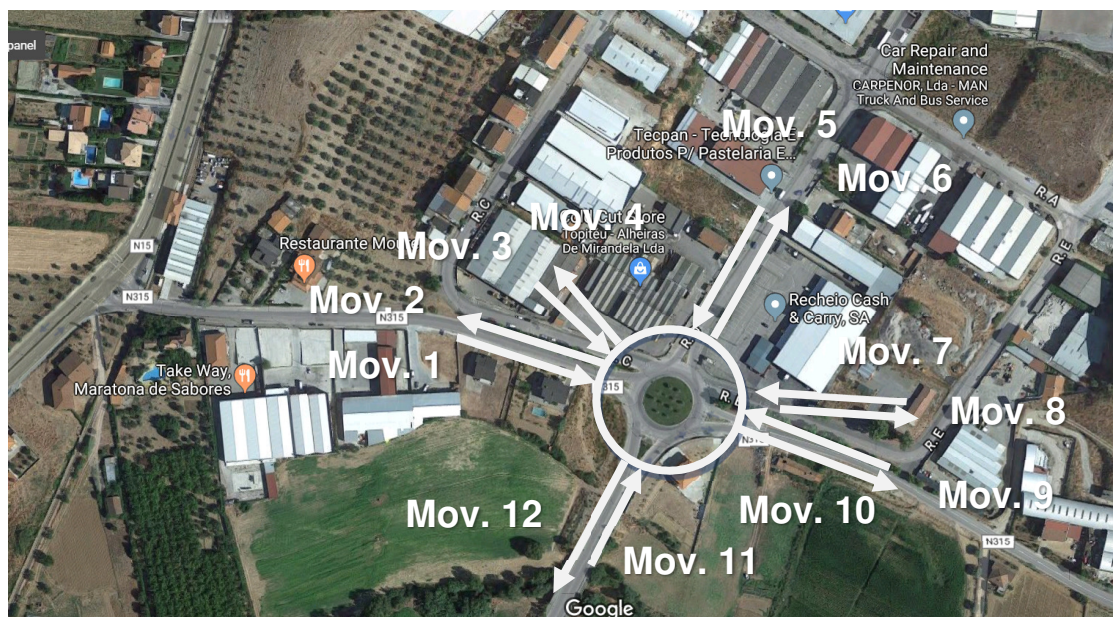


Figura 2 - Identificação dos pontos de contagem manuais

Tabela 1 - Contagens automáticas realizadas

Plano de Trabalhos de Campo				
Movimento	Tipo de contagem	Descrição	Data de realização	Período Horário
Movimento 1	Contagens direcionais classificadas manuais	EN315 Oeste -> Rotunda	25 de setembro	(7h00-20h00 (Período Diurno), 20h00-23h00 (Período Entardecer), 23h00-7h00 (Período Noturno))
Movimento 2		Rotunda-> EN315 Oeste		
Movimento 3		Rua C. -> Rotunda		
Movimento 4		Rotunda-> Rua C.		
Movimento 5		Rua D.-> Rotunda		
Movimento 6		Rotunda -> Rua D.		
Movimento 7		Rua E. -> Rotunda		
Movimento 8		Rotunda-> Rua E.		
Movimento 9		EN315 Este -> Rotunda		
Movimento 10		Rotunda-> EN315 Este		
Movimento 11		Av. São João -> Rotunda		
Movimento 12		Rotunda-> Av. São João		

Fonte: Trabalhos de campo (dia 25 de setembro)

Na data em que foram realizados os trabalhos de campo não ocorreu qualquer evento regular ou ocasional na zona de estudo, bem como não houve registo de acidentes ou outras perturbações no normal funcionamento do trânsito.

Todas as contagens realizadas foram do tipo manuais e classificadas, com desagregação dos veículos em cinco categorias distintas cuja descrição é a que consta na tabela seguinte (Tabela 2).

Tabela 2 - Classificação de veículos

Abreviatura	Descrição	Categoria
MC	Motociclos e Ciclomotores	Ligeiro
VL	Veículos Ligeiros	Ligeiro
VLC	Veículos Ligeiros de Carga	Pesado
VPM	Veículos Pesados de Mercadorias	Pesado
VPMA	Veículos Pesados de Mercadorias Articulados	Pesado

Fonte: Trabalhos de campo (dia 25 de setembro)

Os resultados das contagens de tráfego realizadas para este estudo são apresentados para cada um dos movimentos nos seguintes pontos, sendo discriminados todos os movimentos nas seguintes tabelas. No entanto, na impossibilidade de simular uma semana inteira, optou-se por utilizar os valores correspondentes a um dia da semana, tipicamente um dia da semana que não esteja escutado ao fim-de-semana.

De acordo com estes dados, procedeu-se ao carregamento da informação no modelo de tráfego para a situação atual, conforme é explicado nos pontos subsequentes, onde é possível aferir o total de movimentos contados por período, bem com a extrapolação para tráfego médio diário.

3.3. Total de movimentos contados

No total dos movimentos contados durante o dia de contagem, é possível concluir que existe um volume de veículos ligeiros (motociclos+ veículos ligeiros) considerável, com 67,8% e que o total de veículos pesados (veículos ligeiros de carga e veículos pesados) contabiliza 29,6% e apenas 0,4% para autocarros de passageiros. A Tabela 3 apresenta os valores dos totais dos movimentos, sendo possível calcular os valores médios horários conforme apresentado na Tabela 4.

Tabela 3 - Total dos movimentos contados

Diário	MC	VL	VLC	VPM	Autocarros	% Dia
Período Diurno	152	4346	1544	406	152	92,6%
Período Entardecer	12	282	80	4	12	5,4%
Período Noturno	0	116	16	4	0	2,0%
% Veículo	2,3%	67,8%	23,5%	5,9%	0,4%	

Fonte: Trabalhos de campo (dia 25 de setembro)

Tabela 4 – Média horária por período

Diário	MC	VL	VLC	VPM	Autocarros	% Dia
Período Diurno	25	724	257	68	5	76,9%
Período Entardecer	6	141	40	2	0	13,5%
Período Noturno	0	116	16	4	0	9,7%
% Veículo	2,2%	69,9%	22,3%	5,2%	0,4%	

Fonte: Trabalhos de campo (dia 25 de setembro)

MC - Motociclos e Ciclomotores; VL - Veículos Ligeiros; VLC - Veículos Ligeiros de Carga; VPM - Veículos Pesados de Mercadorias; Autocarros - Autocarros de Passageiros

3.4. Processo de extrapolação dos movimentos contados para TMD

Face à exigência de obter valores quer em TMD (tráfego médio diário), foi feita uma aproximação face a variabilidade expectável ao longo do ano.

Para efeitos de justificação para a transformação dos valores em Volumes de Hora de ponta (VHP) em TMDA, conforme é possível verificar no cenário atual e no cenário futuro. Para o processo de extrapolação foi utilizado a seguinte equação:

$$VHP_d = TMD \times K \times D$$

Equação 1

Para efeitos do presente estudo, e para serem convertidos os valores para Tráfego Médio Diário (TMD), os valores contados (VHP) contabilizados em veic./hora, tem que ter em consideração as projeções dos volumes diários da rede envolvente.

As outras variáveis da anterior equação são o K, que é a proporção do volume de tráfego na ponta horária em relação ao tráfego diário e o D que é a proporção de tráfego na direção durante o VHP, sendo que a seguinte tabela permite fazer estabelecer as variáveis para a conversão de VHP em TMD de acordo com o valor médio para uma via do tipo suburbana.

Tabela 5 - Valores de referencia para as projeções de volumes de tráfego

Tipo de via	K	D
Rural	0,15-0,25	0,65-0,80
Suburbana	0,12-0,15	0,55-0,65
Urbana:		
Via Radial	0,07-0,12	0,55-0,65
Via Circular	0,07-0,12	0,50-0,55

Fonte: Manual de planeamento das acessibilidades e da gestão viária da CCDR-N (2008)

O modelo de tráfego permite fazer as conversões diretamente colocando os valores respetivos conforme é possível verificar nas respetivas figuras, calculando tanto para os veículos ligeiros como para os veículos pesados.

4. CONSTRUÇÃO DO MODELO DE SIMULAÇÃO

4.1. Software utilizado no desenvolvimento do estudo

O software utilizado foi o Aimsun 8.2 (*Advanced Interactive Microscopic Simulator for Urban and non-Urban Networks*), que consiste num simulador microscópico de tráfego que permite a modelação e simulação de cada veículo que entra na rede, através da definição dos parâmetros comportamentais dos automobilistas, dentro de uma rede desenhada de acordo com o maior grau de semelhanças com a realidade observada.

Com uma interface gráfica de representação da realidade em 2D ou 3D, permite uma fácil análise do cenário simulado pela simples observação do tráfego, que poderá ser complementado por um leque alargado de estatísticas, para comparação de várias simulações e cenários. A codificação do simulador é particularmente exigente porque necessita de uma grande quantidade de informação de cada troço de via em análise conforme descrito no ponto seguinte.

4.2. Área de Estudo e Rede Viária Atual

A área de estudo corresponde às intersecções (Rotunda) nas quais foram realizadas contagens de tráfego e das demais vias que estão diretamente ligadas a elas. A rede viária em análise encontra-se totalmente pavimentada com betão betuminoso que se apresenta num estado razoável de conservação.

As características da rede viária foram codificadas de acordo com as necessidades de *inputs* do software com base na cartografia e em levantamentos no terreno. Como exemplo, apresentam-se na figura seguinte a forma de codificação da rotunda que distribui o tráfego pelos seus quatro ramos conhecidos, a rua a EN315, a Av. São João, a Rua D, a Rua C e a Rua E.

4.3. Zonamento

O zonamento utilizado teve como objetivo facilitar a agregação de resultados para posterior tratamento e análise. Consideraram-se fundamentalmente os eixos viários principais de acesso ao cruzamento, de forma a poder ser caracterizado o impacto de tráfego causado pela concretização de eventuais novas vias/infraestruturas.

Para efeitos de análise qualitativa de resultados e de introdução no modelo de simulação de tráfego, o tratamento de resultados dos trabalhos de campo resultou, na situação atual, numa desagregação em quatro zonas que serviram como ponto de origem ou destino de tráfego ou procura:

- Zona 1 – EN315 Oeste;
- Zona 2 – EN315 Este;
- Zona 3 – Av. São João;

- Zona 4 – Rua D.
- Zona 5 – Rua C.
- Zona 6 – Rua E.

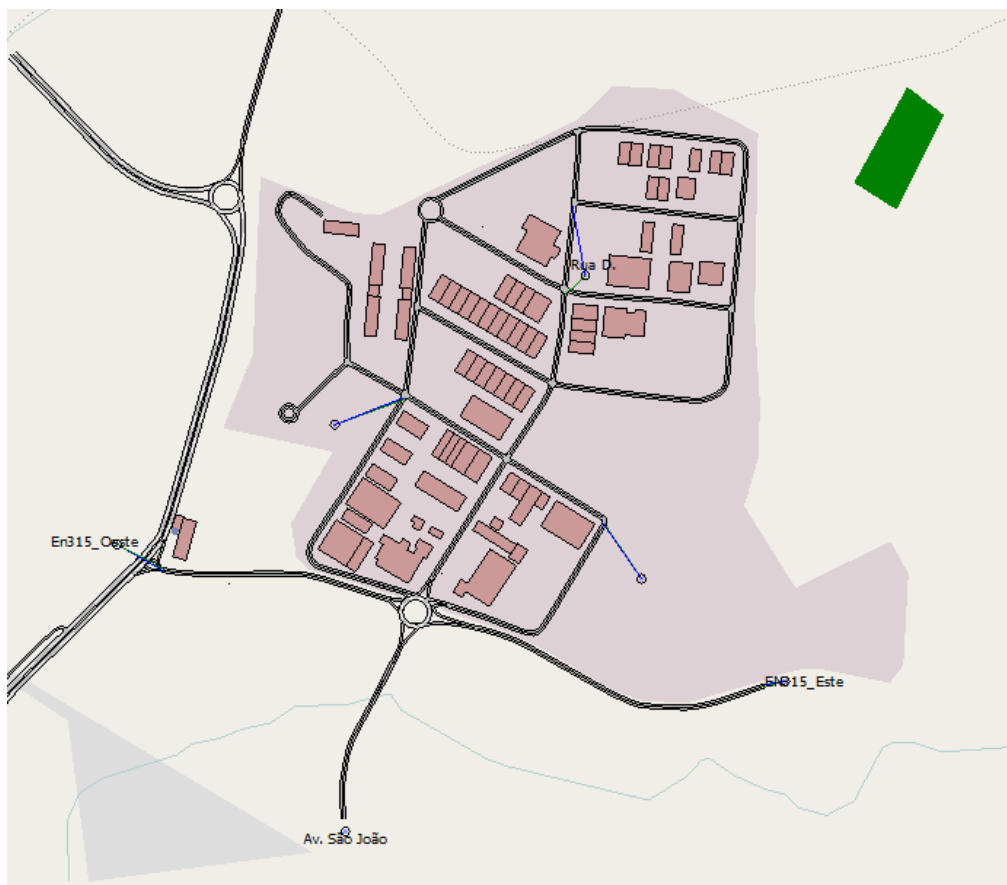


Figura 3 – Zonamento

4.4. Matrizes OD para a Situação Atual

A representação do padrão de deslocações foi efetuada com base na construção de matrizes Origem-Destino (OD) por tipo de veículo possível de ser modelado. Desta forma serão apresentados valores de procura dos veículos ligeiros (soma dos veículos Motociclos e Ciclomotores + Veículos Ligeiros + Veículos Ligeiros de Carga) e dos veículos pesados (que contemplam as categorias de Veículos Pesados de Mercadorias e Veículos Pesados de Mercadorias articulados).

A construção destas matrizes a simular, baseou-se nos resultados das contagens e observações complementares dos fluxos direcionais na interseção contabilizada. As matrizes OD construídas representam a situação observada para os períodos considerados em tráfego médio horário (TMH). As seguintes tabelas apresentam o valores médio horários para o período diurno (Ld), período de entardecer (Le) e período noturno (Ln).

Tabela 6 - Matrizes O/D de Procura Atual de Veículos Ligeiros e Pesados para Ld (veic/h)

TMH	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	Zona 6	Total
Zona 1	0	17	13	5	0	0	36
Zona 2	11	0	113	74	21	10	230
Zona 3	1	94	0	13	2	1	111
Zona 4	5	100	69	0	10	5	189
Zona 5	0	6	4	2	0	0	11
Zona 6	0	4	3	1	0	0	7
Total	18	220	201	95	33	16	584

Tabela 7 - Matrizes O/D de Procura Atual de Veículos Ligeiros e Pesados para Le (veic/h)

TMH	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	Zona 6	Total
Zona 1	0	5	4	2	0	0	11
Zona 2	3	0	34	22	6	3	69
Zona 3	0	28	0	4	1	0	33
Zona 4	2	30	21	0	3	1	57
Zona 5	0	2	1	0	0	0	3
Zona 6	0	1	1	0	0	0	2
Total	5	66	60	29	10	5	175

Tabela 8 - Matrizes O/D de Procura Atual de Veículos Ligeiros em Ln (veic/h)

TMH	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	Zona 6	Total
Zona 1	0	3	3	1	0	0	7
Zona 2	2	0	23	15	4	2	46
Zona 3	0	19	0	3	0	0	22
Zona 4	1	20	14	0	2	1	38
Zona 5	0	1	1	0	0	0	2
Zona 6	0	1	1	0	0	0	1
Total	4	44	40	19	7	3	117

Fonte: modelo de tráfego

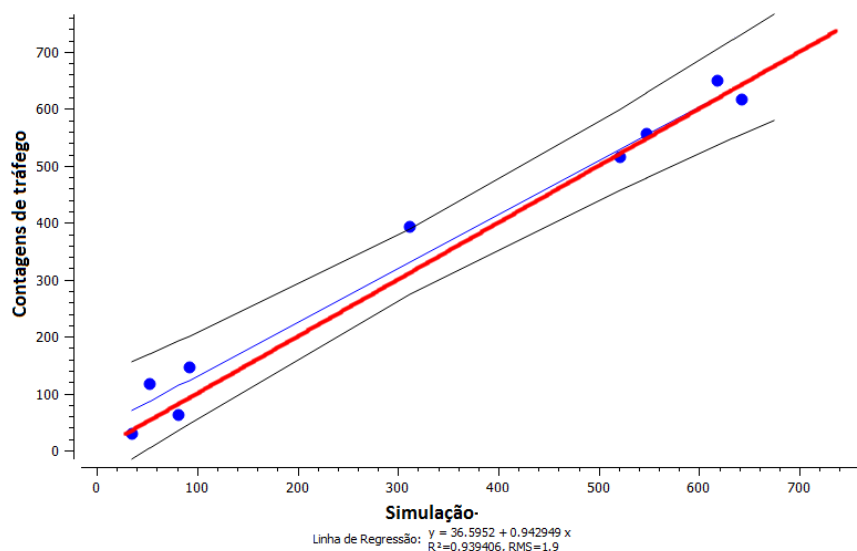
4.5. Validação do Modelo de Tráfego

Após a construção da rede e afetação dos volumes de tráfego, efetuou-se uma calibração do modelo. Os resultados obtidos através deste processo (valores modelados) foram comparados com os valores observados (contagens de tráfego). A qualidade da calibração do modelo é inversamente proporcional à dimensão das diferenças entre estes dois valores, tendo-se conseguido a aproximação da situação modelada aos resultados recolhidos em trabalhos de campo, na situação de referência para as horas de ponta da manhã e da tarde de um dia útil típico (neste caso uma terça-feira).

Como se pode aferir, obtiveram-se resultados de correlação (R^2) muito próximos da unidade, significando isto que o modelo desenvolvido para a situação de referência representa com elevado grau de fiabilidade da procura face às contagens efetuadas ($R^2=0.939$ Ld e $R^2=0.98$ Le e $R^2=0.939$ Ln).

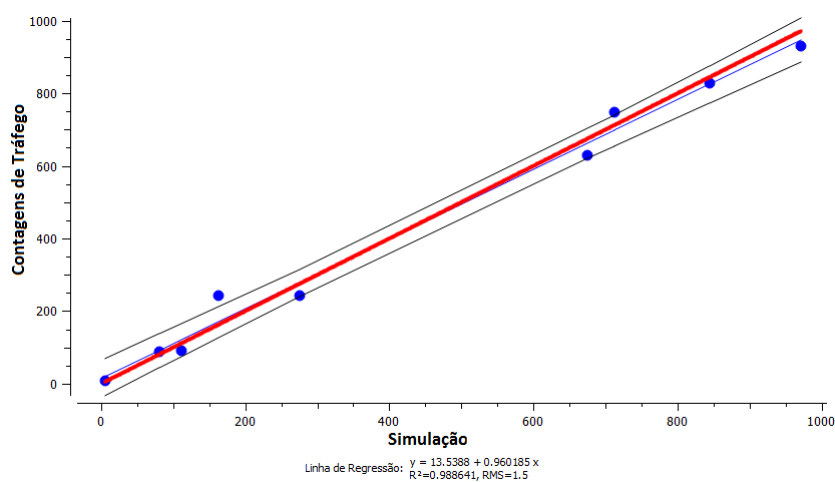
De mencionar que face à natureza estocástica dos modelos de simulação, é necessário existir graus de liberdade para simulações de situações futuras. Assim, o modelo construído, após ter passado por vários

testes e modificações, reflete de uma forma bastante apropriada a realidade verificada, com um grau de aproximação tal que permite a sua utilização na estimação das condições de funcionamento futuras.



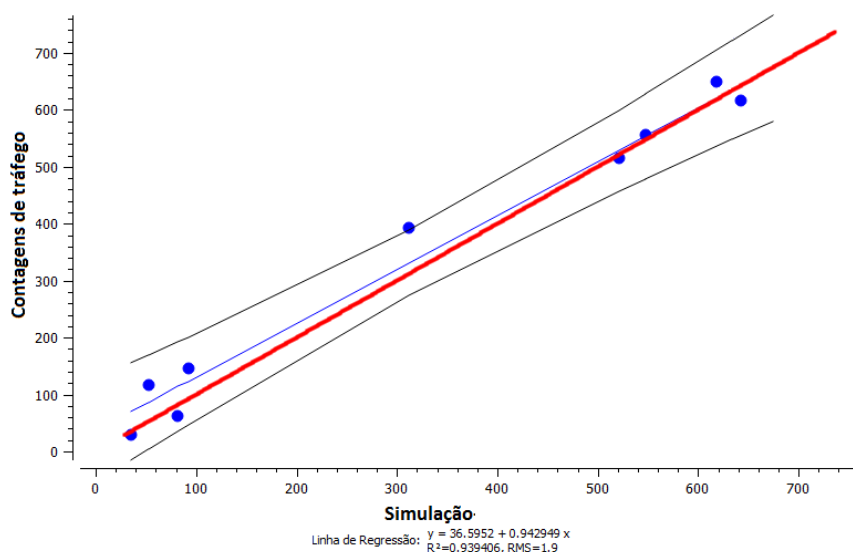
Fonte: modelo de tráfego

Figura 4 - Calibração: Regressão Linear Simples face às Contagens Ld (Período Diurno)



Fonte: modelo de tráfego

Figura 5 - Calibração: Regressão Linear Simples face às Contagens Le (Período Entardecer)



Fonte: modelo de tráfego

Figura 6 - Calibração: Regressão Linear Simples face às Contagens Ln (Período Noturno)

Outro indicador relevante para a validação do modelo é o GEH⁴ que é uma formula estatística de acerto do modelo usada comumente em engenharia de tráfego (não possui unidades quantitativas), para comparar um conjunto de volumes de tráfego contados versus os modelados. O seguinte quadro mostra os valores de GEH, tanto para as contagens realizadas para o período Ld como para o Le e o Ln.

Tabela 9 - Valores de GEH para os períodos Ld, Le e Ln

Contador	GEH- Ld ⁵	GEH- Le	GEH- Ln
Movimento 1	1,46	0,28	1,64
Movimento 2	1,64	0,10	2,00
Movimento 3	2,00	1,62	2,00
Movimento 4	1,90	1,94	1,90
Movimento 5	1,64	0,10	1,62
Movimento 6	2,00	1,62	1,94
Movimento 7	1,90	1,94	0,10
Movimento 8	2,00	1,62	1,62
Movimento 9	1,64	0,10	1,62
Movimento 10	2,00	1,62	1,94
Movimento 11	1,64	0,10	0,10
Movimento 12	2,00	1,62	1,62
Média	1,90	1,62	1,63

Fonte: modelo de tráfego

⁴ UK Highways Agency, Design Manual for Roads and Bridges, Volume 12, Section 2;

⁵ GEH < 5.0 é considerado um bom acerto entre valores modelados e valores contados.

4.6. Conceitos de modelação para comparação de cenários

O presente ponto pretende definir os conceitos das variáveis que serviram para comparação de cenários. Torna-se importante a explicação dos mesmos para serem interpretados de uma forma correta em função dos valores que se pretendem comparar. As seguintes variáveis permitem avaliar a situação presente e futura e calcular:

- **Veículos por hora (veic./h):** Os valores apresentados representam volumes médios horários simulados por troço. Estes valores são aferidos em veículos por hora, sendo possível diferenciar qual a tipologia (veículos ligeiros, veículos pesados, bicicleta ou moto), não sendo por isso necessário a conversão para unidades equivalentes de veículos ligeiros (u.v.l.e). Face ao período de simulação (uma hora) os valores apresentados representam a média horária no final da simulação, o que implica que estes não apresentam valores iguais em trecho contínuos face ao estado final de simulação;
- **Níveis de serviço:** Os níveis de serviço são categorizados em função do tempo de atraso agregado por cada movimento com origem no tramo respetivo da interseção, e categorizados de A a F de acordo como os parâmetros definidos pelo HCM para interseções semaforizadas (HCM 2010, *Roundabouts* Capítulo 21). É calculada a média dos atrasos de cada movimento possível fazer por troço, simulando-se e aferindo-se o nível de serviço correspondente.

5. CENÁRIO DA SITUAÇÃO ATUAL

5.1. Análise da Situação Atual

Com as contagens de tráfego realizadas foi possível observar os volumes de tráfego (contemplando todas as tipologias de veículos⁶) correspondentes ao período em análise pretendido no Ld, Le e Ln..

Tal como referido anteriormente, os períodos analisados estão compreendidos entre as 7:01h e as 20:00h para o Ld, as 20:01h e as 23:00h no Le e as 23:01h e as 07:00h no Ln sendo os valores apresentados as médias horárias do respetivo período. Tal como referenciado anteriormente, apesar de não corresponder aos picos máximos do tráfego contado, em especial no período da ponta da manhã, este serão os períodos nos quais irá registar, efetivamente, maior impacto a realização da obra aqui analisada.

Durante o período Ld verifica-se, de acordo com a Figura 7, que os volumes de tráfego médio (veic./h) são equilibrados em todos os três ramos da rotunda, não se registando grandes volumes horários para esse período, estando o máximo fixado nos 223 veic./h.

A Figura 8 apresenta os valores para a Le sendo que estes são naturalmente mais baixos, registando-se maiores valores de tráfego no tramo da EN15 em direção a oeste com cerca de 70 veic./h.

Já a Figura 9 - Fluxos de veículos atuais no Ln (veic./h) é apresentado os valores Ln que estes são mais baixos ainda, registando-se maiores valores de tráfego no tramo da EN15 em direção a oeste com cerca de 30 veic./h.

Já a Figura 10 apresenta os valores do Tráfego Médio Diário (TMD) que é uma estimativa do volume médio diário nas vias modeladas e serve como indicador para o cálculo de outros indicadores relevantes nas componentes ambientais. Os valores apresentados estão dentro do esperado para uma via desta tipologia, sendo notório que o período de tarde aqui analisado tem maior volume de tráfego.

⁶ De notar que, de acordo com as contagens de tráfego, foi possível classificar os veículos. Esta classificação permitiu construir matrizes de procura diferenciadas e portanto não sendo necessário a típica classificação de unidades de veículos ligeiros equivalentes (u.v.l.e.).



Fonte: modelo de tráfego

Figura 7 - Fluxos de veículos atuais no Ld (veic./h)



Fonte: modelo de tráfego

Figura 8 - Fluxos de veículos atuais no Le (veic./h)



Fonte: modelo de tráfego

Figura 9 - Fluxos de veículos atuais no Ln (veic./h)



Fonte: modelo de tráfego

Figura 10 - TMD (veic./h) para a situação atual

5.2. Níveis de Serviço

As condições de circulação, nomeadamente os tempos de percurso entre dois pontos e a dimensão das situações de congestionamento dependem em grande medida da percentagem da capacidade oferecida pela rede viária que é efetivamente utilizada pelos fluxos de tráfego em cada momento do dia. Adicionalmente sabe-se que as intersecções são os elementos da rede viária que mais condicionam a fluidez da circulação e que são as suas características geométricas que condicionam, negativa ou positivamente, essa fluidez.

Assim, para a avaliação das condições de circulação da rede viária optou-se por avaliar o funcionamento da intersecção entre as quatro vias modeladas. O nível de serviço é uma medida qualitativa, comum e internacionalmente aceite (de acordo com os parâmetros do HCM, 2010⁷), da qualidade da circulação cujas classes podem ser interpretadas da forma que consta na seguinte tabela.

Tabela 10 - Classificação do Comportamento das Intersecções

Atrasos na intersecção (s/veic.)	v/c<1.0*	v/c>1.0
0-10	A	F
>10-15	B	F
>15-25	C	F
>25-35	D	F
>35-50	E	F
>50	F	F

Fonte: HCM 2010, Roundabout (Capítulo 21) *volume /capacidade

De acordo com os valores estipulados na tabela anterior, aferiu-se para cada um dos quatro tramos, qual o nível de serviço apresentado no Ld, Le e Ln. Para além do nível de serviço são aferidos valores médios do tempo atraso por veículo modelado (s/veic.).

⁷ HCM 2010, Roundabouts (Capítulo 21)

Tabela 11 - Análise dos Níveis de Serviço (Ld, Le e Ln)

Tramo	Atraso médio (s/veic.)	Nível de Serviço Ld	Atraso médio (s/veic.)	Nível de Serviço Le	Atraso médio (s/veic.)	Nível de Serviço Ln
EN315 Oeste	11,0	B	6,0	A	1,0	A
EN315 Este	8,2	A	3,2	A	1,2	A
Av. São João	11,2	B	1,2	A	0,2	A
Rua D.	2,1	A	1,1	A	0,1	A
Rua C.	2,2	A	0,2	A	0,2	A
Rua E.	1,1	A	0,1	A	0,1	A

Fonte: modelo de tráfego

6. SITUAÇÃO FUTURA

6.1. Elementos para construção do cenário futuro

A zona industrial de Mirandela, que ocupa hoje uma área de aproximadamente 29 ha, localizada na parte norte da cidade, está limitada pelas antigas estradas ou vias de ligação a concelhos limítrofes, EN 315 e EN15, sendo que a A4 passa nas proximidades com acesso imediato, existindo ligação ao IP2 a partir da EN315.

O terreno disponível municipal para desenvolver esta operação urbanística, possui uma área de 135.730 m² ou seja 13,5 ha, confinando a sul com a atual zona industrial e mais concretamente com a Rua I. Assim, a proposta assenta na criação de 41 lotes, sendo 4 com edificação isolada e os restantes edificação geminada ou em banda de 2, 3, 4 ou 5 edifícios. Esta multiplicidade permite solucionar as várias necessidades conforme o tipo de atividade e capacidade financeira, sendo ainda possível em situações que possam surgir a unificação de lotes e construções. A área total dos lotes é de 40.876 m², sendo a área de implantação de 18.442 m² e a área bruta de construção é de 22.442 m², sendo que as restantes áreas se podem dividir de acordo com a seguinte tabela.

Tabela 12 – Critérios de projeto

Projeto	Área
Área total do terreno	135.730 m ²
Área total dos lotes	40.876 m ²
Número total de lotes	41 lotes
Área de implantação total dos edifícios	18.442 m ²
Área bruta de construção	22.442 m ²
Área total para espaço verde de utilização coletiva	71.680 m ²
Área total para equipamento coletivo	1.153 m ²

Fonte: Memória descritiva do projeto

Os arruamentos propostos, foram definidos ou projetados, tendo como base os parâmetros constantes no PDM e que têm as seguintes características: A faixa de rodagem é de 9,00 metros, tendo todos os arruamentos trânsito nos dois sentidos, com estacionamento paralelo com 2,50 metros de largura ou 5,00 metros de profundidade para automóveis ligeiros, ou estacionamento oblíquo para parte dos automóveis pesados, com 12,60 metros, mas que permite o estacionamento de viaturas pesadas até 20,00 metros de comprimento.

O número de lugares de estacionamento propostos é de 215 viaturas ligeiras e de 44 viaturas pesadas, quantidade superior ao previsto no PDM.

A proposta teve ainda em consideração o cumprimento do Decreto-lei 163/2006 de 8 de agosto sobre os cumprimentos das normas sobre a acessibilidade a pessoas com mobilidades reduzida, quer em termos do número de lugares de estacionamento automóvel previstos para pessoas nessas condições, quer no que concerne á sua normal mobilidade, incluindo o atravessamento das vias.

A construção deste loteamento prevê também a construção de estacionamento para 215 veículos ligeiros e 44 veículos pesados.

6.2. Cenário futuro (após conclusão do empreendimento)

O cenário futuro, após a conclusão do empreendimento, que indica os valores previstos para a capacidade plena de funcionamento, permite aferir que existirá um aumento do número de trabalhadores a aceder ao complexo industrial de Mirandela. Face à inexistência de uma estimativa, assumiu-se o valor de 205 empregos diretos para o ano horizonte 2035 o que dá um rácio de 1 emprego por cada 75 m² de área bruta de construção.

Para efeitos de simulação para o cenário futuro, este será efetuado na capacidade máxima de funcionamento do empreendimento, sendo afeto ao modelo de geração das viagens a totalidade os 205 novos trabalhadores. No que concerne à rede rodoviárias, esta não terá alterações de acessos, sendo que o único acesso será efetuado pela atual rotunda entre a Av. de São João e EN315.

Os resultados, tal como efetuado para o cenário futuro, sendo analisados os período Ld, Le e Ln, sendo os valores apresentados a médias horárias do respetivo período tal como tinha sido já apresentado para a situação atual.



Fonte: modelo de tráfego

Figura 11 - Fluxos de veículos futuros no Ld (veic./h)



Fonte: modelo de tráfego

Figura 12 - Fluxos de veículos futuros no Le (veic./h)



Fonte: modelo de tráfego

Figura 13 - Fluxos de veículos futuros no Ln (veic./h)



Figura 14 - TMD (veic./h) para a situação futura

6.3. Níveis de Serviço

As condições de circulação, nomeadamente os tempos de percurso entre dois pontos e a dimensão das situações de congestionamento dependem em grande medida da percentagem da capacidade oferecida pela rede viária que é efetivamente utilizada.

Como foi possível observar nas simulações efetuadas e pelas seguintes tabelas, apenas no Ld existem ligeiros agravamentos, estando apenas no ramo da Em315 Oeste e Av. de São João, os únicos agravamentos normais notados, passando de nível A para nível B.

De notar que estes são valores relativamente baixos, estando, portanto, em termo de capacidade, a rotunda preparada para receber um nível de pressão maior como será projetado para o ano horizonte.

Tabela 13 - Análise dos Níveis de Serviço no Ld, Le e Ln (Cenário Futuro)

Tramo	Atraso médio (s/veic.)	Nível de Serviço Ld	Atraso médio (s/veic.)	Nível de Serviço Le	Atraso médio (s/veic.)	Nível de Serviço Ln
EN315 Oeste	14,0	B	7,0	A	2,1	A
EN315 Este	9,5	A	6,1	A	2,1	A
Av. São João	12,4	B	2,2	A	1,1	A
Rua D.	7,1	A	3,2	A	1,1	A
Rua C.	3,2	A	1,5	A	1,3	A
Rua E.	4,1	A	1,7	A	1,1	A

Fonte: modelo de tráfego

7. COMPARAÇÃO DE CENÁRIOS

Por forma a avaliar conjuntamente os cenários por movimentos, foram extraídos um conjunto de valores agregados para os períodos modelados (valores horários), sendo possível aferir quais os indicadores onde existem ganhos ou perdas relativamente ao cenário atual.

Os indicadores mais representativos para a avaliação de cenários são a densidade de veículos (veic./km) que representam o número de veículos presentes na rede modelada, a fila média (veic.) que representa o número de veículos que estão em fila de espera, o tempo parado (seg./km) que representa o tempo efetivo parado por número de km de via, a velocidade (km/h), a velocidade harmónica (km/h), e os valores de emissões do dióxido de carbono (CO₂), óxidos de azoto (NO_x), matéria particulada (MP) e compostos orgânicos voláteis (COV) em toneladas e quilogramas.

Estes indicadores serão depois comparados, em termos de variações percentuais face aos cenários identificados, para testar a comparação entre o atual e o potencial cenário escolhido.

7.1. Comparação dos Indicadores Globais

A partir dos valores presentes na Tabela 14, é possível evidenciar os indicadores e valores das simulações efetuadas ao final de uma hora, nos respetivos períodos de ponta, de acordo com as variáveis anteriormente mencionadas. Assim, é possível aferir das vantagens e desvantagens de cada cenário testado face ao cenário atual que serve como ponto de referência.

A Tabela 14 apresenta a comparação entre o cenário atual e o cenário futuro. É assim possível verificar que os valores de densidade e fila média têm um agravamento apenas ligeiro, aumentando cerca de 15% na Ld e 5% no Le em termos de densidade de veículos, e em fila média um aumento de 6% no Ld e apenas 5% na Le visto também que partem de um valor baixo e sem alterações relevantes do Ln. O tempo de atraso tem também um agravamento, tanto na Ld como na Le, e a velocidade média diminui apenas de 5% no Ld e 6% no Le em função do maior número de veículos na rede, não registando alterações significativas no Ln.

Se analisarmos os indicadores ambientais, nas emissões de CO₂, tanto na Ld como na Le existem agravamentos normais face ao aumento da procura que se cifra num aumento de 7% na Ld e 5% na Le sem alterações no Ln significativas. Os restantes poluentes (NO_x, MP e COV) seguem a mesma tendência que o CO₂.

Tabela 14 - Comparação dos Indicadores face ao cenário da situação atual

Indicador	Cenário Atual			Cenário Futuro			Unidades
	Ld	Le	Ln	Ld	Le	Ln	
Densidade	4,9	1,3	0,4	5,4	1,4	0,4	veic./km
Fila Média	0,07	0,02	0,01	0,08	0,02	0,01	veic.
Tempo de Atraso	9,9	6,2	4,0	10,9	6,8	4,4	Seg./km
Velocidade Média	40,3	42,1	43,1	41,1	43,1	43,3	km/h
Emissão de CO ₂	0,1	0,01	0,01	0,11	0,01	0,01	Ton
Emissão de NOx	0,4	0,1	0,1	0,4	0,1	0,1	Kg
Emissão de MP	0,1	0,02	0,01	0,1	0,02	0,01	Kg
Emissão de COV	0,1	0,02	0,01	0,1	0,02	0,01	Kg

Fonte: modelo de tráfego

7.2. Comparação dos Níveis de Serviço

Por forma a comparar aos diferentes níveis de serviço por ramo de acesso, a próxima tabela apresenta o resumo dos cenários modelados e a respetivo nível de serviço calculado, sendo possível destacar, desde logo, o pouco impacto produzido face à atual capacidade da rotunda que consegue desempenhar relativamente.

Tabela 15 - Comparação dos níveis de serviço

Tramo	Nível de Serviço Ld Atual	Nível de Serviço Ld Futuro	Nível de Serviço Le Atual	Nível de Serviço Le Futuro	Nível de Serviço Ln Atual	Nível de Serviço Ln Futuro
EN315 Oeste	B	B	A	A	A	A
EN315 Este	A	A	A	A	A	A
Av. São João	B	B	A	A	A	A
Rua D.	A	A	A	A	A	A
Rua C.	A	A	A	A	A	A
Rua E.	A	A	A	A	A	A

Fonte: modelo de tráfego

8. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Após o tratamento pormenorizado de todos os elementos recolhidos e analisados pela equipa consultora, elaborou-se o presente relatório de onde se podem retirar as principais conclusões, que a seguir se apresentam:

- Os volumes de tráfego contabilizados para os períodos de ponta na situação atual são relativamente baixos (muitas vezes inferiores a 200 veículos por hora) em todos os cenários testados.
- Os atuais níveis de serviço são satisfatórios para os todos os movimentos (nível de serviço tipo A e B), sendo que para o cenário futuro estes apenas que não existe um agravamento expectável no que diz respeito à alteração dos níveis de serviço;
- No que concerne aos veículos pesados, existe um aumento natural do fluxo, sendo importante considerar os percursos de origem e destino dos mesmos, por forma a mitigar o impacto na rede viária que é considerável face ao aumento expectável da situação atual;

Em suma, este estudo de tráfego conclui que, não obstante o aumento de pressão expectável, tanto para as necessidades logísticas das unidades fabris, bem como para os trabalhadores que fazem horários normais, o desempenho da rotunda e das restantes vias envolventes é positivo.

9. REFERÊNCIAS

- Highway Capacity Manual 2010, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., U.S.A, 2010. Chapter 20-All-Way stop-controlled intersection
- UK Highways Agency, Design Manual for Roads and Bridges, Volume 12, Section 2
- ITE, Trip Generation Manual 10 edition (2010)