U.PORTO

FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA UNIVERSIDADE DO PORTO

AVALIAÇÃO DO IMPACTO DE OCORRÊNCIAS NA MOBILIDADE DA REDE VIÁRIA DO PORTO

TÂNIA SOFIA ALMEIDA MARINHO

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de

MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM VIAS DE COMUNICAÇÃO

Orientadora: Professora Doutora Sara Maria Pinho Ferreira

Coorientador: Mestre José Pedro Cardoso Brandão e Pinto Ferreira

SETEMBRO DE 2020

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2019/2020

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ miec@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ feup@fe.up.pt

http://www.fe.up.pt

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2019/2020 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2020*.

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respetivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão eletrónica fornecida pelo respetivo Autor.

À Celina e ao Manel

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço à minha orientadora, Professora Sara Maria Pinho Ferreira pela sua fantástica orientação, pela sua constante disponibilidade e pelo seu carinho e ajuda em todo o meu percurso e principalmente por nunca deixar de acreditar em mim.

Ao Engenheiro José Pedro Cardoso Brandão e Pinto Ferreira, agradeço igualmente a orientação e toda a sua disponibilidade para me ajudar no meu trabalho.

À Câmara Municipal do Porto por facultar todos os dados indispensáveis à realização desta dissertação, um especial agradecimento à Divisão Municipal de Gestão da Mobilidade e Tráfego pelo acolhimento e boa disposição incrível que me ofereceram no pouco tempo que consegui trabalhar com eles presencialmente.

Uma palavra de apreço ao Professor Jorge Manuel Chaves Gomes Fernandes por ter sido um professor fantástico e com uma disponibilidade tremenda para me ajudar na concretização do meu curso.

Aos meus pais e irmão, os grandes pilares da minha vida e que sem eles nada disto seria possível, por me ensinarem a ser uma pessoa melhor todos os dias e por me darem a liberdade de ser quem eu sou.

Aos meus amigos que estão comigo desde o dia zero, os meus companheiros desta incrível viagem que é a vida, as personagens principais desta etapa tão importante e que me vai deixar muitas saudades agradeço todas as memórias e vivências que criamos e toda a paciência que tiveram comigo.

Às Courababes por iluminarem a minha vida e por acreditarem em mim sempre e por nunca me deixarem desistir dos meus sonhos.

Por fim, mas não menos importante ao João Miguel Lázaro dos Santos, ao Miguel Ferreira Pinto e ao Eduardo José Cerqueira Silva, o meu trio da sorte que teve uma paciência e uma palavra de conforto nos piores e melhores momentos, agradeço toda a amizade e o carinho que têm comigo, sem vocês nada disto seria igual.

RESUMO

Nos dias de hoje o uso de transporte individual continua a ser uma das maiores causas para o congestionamento de tráfego. As cidades estão em constante crescimento que advém das novas inovações tecnológicas, novas políticas e outros fatores.

Com a necessidade cada ver mais urgente de combater os efeitos negativos relacionados com o congestionamento de tráfego, o estudo de soluções que possam melhorar este indicador torna-se essencial. Uma das soluções que tem se vindo a adotar nos últimos anos é a implementação de corredores de uso exclusivo a transportes públicos- Via BUS.

O tema desta dissertação é a análise que certos impactos têm no funcionamento da rede viária do Porto, mais especificamente no transporte público. As ocorrências estudadas foram os acidentes e incidentes em diferentes períodos temporais para a Rua Sá da Bandeira. Inicialmente foi feito um estudo da cidade do Porto para tentar perceber de que forna é que os acidentes e incidentes se encontravam georreferenciados para tentar definir a melhor zona de estudo. Não havendo um critério rígido de escolha definiu-se a zona da Baixa como zona de estudo não como um critério quantitativo, mas sim qualitativo e posteriormente ficou-se a Rua Sá da Bandeira como área de estudo.

Ao longo da dissertação é feito um estudo pormenorizado sobre a cidade do Porto a nível de dados estatísticos referentes à sinistralidade na cidade.

Numa fase inicial foram extraídos dados relacionados com os acidentes e incidentes que ocorrem nesta zona cruzando se posteriormente com algumas linhas BUS escolhidas para perceber o efeito que têm sobre elas.

O grande objetivo deste trabalho centralizou-se na validação de indicadores que levem ao atraso do tráfego na cidade de forma a que num futuro próximo a resposta dada pelas diferentes entidades na gestão de território seja otimizada.

PALAVRAS-CHAVE: Acidentes, Incidentes, Velocidade Comercial, Transporte Público, Mobilidade.

ABSTRACT

Nowadays the use of individual transport continues to be one of the biggest causes of traffic congestion. Cities are constantly growing as a result of new technological innovations, new policies and other factors.

With the growing need to combat the negative effects related to traffic congestion, the study of solutions that can improve this indicator becomes essential. One of the solutions that has been adopted in recent years is the implementation of corridors exclusively for public transport -Via BUS.

The theme of this dissertation is the analysis that certain impacts have on the Porto's road network, more specifically on public transport. The occurrences studied were accidents and incidents in different time periods for Rua Sá da Bandeira. Initially, a study was made of the city of Porto to try to understand what the accidents and incidents were georeferenced to try to define the best study area. Not having a rigid criterion of choice, the area of Baixa was defined as a study area not as a quantitative criterion, but as a qualitative one, and later Rua Sá da Bandeira was left as a study street

Throughout the dissertation a detailed study is made about the city of Porto at the level of statistical data concerning the accidents in the city.

In an initial phase, data related to accidents and incidents that occur in this area were extracted and later crossed with some BUS lines chosen to understand the effect they have on them.

The main objective of this work was to validate indicators that lead to traffic delays in the city so that in the near future the response given by the different entities in land management will be optimized.

KEYWORDS: Accidents, Incidents, Commercial Speed, Public Transport, Mobility.

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS i

RESUMO iii

ABSTRACT v

1 INTRODUÇÃO 1

1.1. ENQUADRAMENTO GERAL 1

1.2. OBJETIVOS DA DISSERTAÇÃO 2

1.3. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO 2

2 O CASO DA CIDADE DO PORTO 3

2.1. PROBLEMÁTICA 3

2.2. O TRANSPORTE PÚBLICO 4

2.3. OS ACIDENTES RODOVIÁRIOS 5

2.3.1. SINISTRALIDADE RODOVIÁRIA NA CIDADE DO PORTO 8

2.3.1.1. Sinistralidade na cidade do Porto no ano 2015 9

2.3.1.2. Sinistralidade na cidade do Porto ano 2016 11

2.3.1.3. Sinistralidade da cidade do Porto no ano de 2017 13

2.3.2. SINISTRALIDADE RODOVIÁRIA NA ZONA DE ESTUDO 15

2.3.2.1. Sinistralidade na zona de estudo no ano de 2015 17

2.3.2.2. Sinistralidade na zona de estudo no ano de 2016 19

2.3.2.3. Sinistralidade da zona de estudo no ano de 2017 21

2.4. OS INCIDENTES 24

2.4.1. ANÁLISE DE INCIDENTES NA CIDADE DO PORTO 26

2.4.2. ANÁLISE DE INCIDENTES NA ZONA DE ESTUDO 32

2.5. IMPACTO DA PANDEMIA NA MOBILIDADE DA CIDADE DO PORTO 39

3 METODOLOGIA 43

3.1. BASES DE DADOS 43

3.2. TRATAMENTO DE DADOS 48

3.2.1. INCIDENTES 49

3.2.2. ACIDENTES 53

3.3. MODELOS ESTATÍSTICOS 56

3.3.1. DURAÇÃO DE INCIDENTES - MODELO DE SOBREVIVÊNCIA 56

3.3.2. VELOCIDADE COMERCIAL - MODELO LINEAR GENERALIZADO 59

4 RESULTADOS 63

4.1. DURAÇÃO DOS INCIDENTES NA CIDADE DO PORTO..... 63

4.2. VELOCIDADE COMERCIAL NA RUA DE SÁ DA BANDEIRA 65

4.2.1. VELOCIDADE COMERCIAL E OS INCIDENTES 65

4.2.2. VELOCIDADE COMERCIAL E OS ACIDENTES..... 68

5 CONCLUSÕES E INVESTIGAÇÕES FUTURAS 71

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....73

ANEXOS.....1

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Acidentes georreferenciados referente ao período de 2015-2018 (Fonte: QGIS). 6
Figura 2 – Sinistralidade rodoviária registada por cada ano na cidade do Porto. 9
Figura 3 – Zona de estudo: Baixa do Porto (Fonte: QGIS). 16
Figura 4 – Distribuição dos acidentes na cidade do Porto e na zona de estudo (Fonte: QGIS). 16
Figura 5 – Evolução dos acidentes na zona de estudo no período 2015 a 2017. 17
Figura 6 – Distribuição dos incidentes na cidade do Porto (Fonte: QGIS). 25
Figura 7 – Tipo de condicionamento. 27
Figura 8 - Número de incidentes de acordo com o tipo de condicionamento e a data de início. 28
Figura 9 – Motivo do Incidente. 28
Figura 10 - Duração média para cada tipo de condicionamento (horas). 31
Figura 11 – Distribuição dos incidentes na zona de estudo (Fonte: QGIS). 32
Figura 12 – Tipo de condicionamento. 33
Figura 13 – Número de incidentes de acordo com o tipo de condicionamento e a data de início. 34
Figura 14 – Motivo do incidente. 35
Figura 15 – Duração média de um incidente para cada tipo de condicionamento. 38
Figura 16 – Linhas STCP (Fonte: CMP). 44
Figura 17 – Linha 801 Cordoaria- São Pedro da Cova (Fonte*:* Google Maps). 45
Figura 18 – Linha 207 Campanhã-Mercado da foz (Fonte*:* Google Maps). 45
Figura 19 – Linha 500 Praça da liberdade-Matosinhos (Mercado) (Fonte*:* Google Maps). 46
Figura 20 – Linha 502 Bolhão-Matosinhos (Mercado) (Fonte*:* Google Maps). 46
Figura 21 – Linha 600 Aliados-Maia (Barca) (Fonte*:* Google Maps). 47
Figura 22 - Fluxograma descritivo do processo de tratamento de dados para o estudo da velocidade comercial. 49
Figura 23 – Tipo de condicionamentos ocorridos na rua de Sá da Bandeira. 51
Figura 24 – Motivos dos incidentes ocorridos na rua de Sá da Bandeira. 51
Figura 25 – Natureza dos acidentes ocorridos na rua de Sá da Bandeira. 55
Figura 26 – Probabilidade da duração do incidente ao longo do tempo. 65

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Dados relativos a acidentes com vítimas mortais no concelho do Porto no ano de 2017. 6

Tabela 2 - Dados relativos a acidentes com vítimas mortais no concelho do Porto no ano de 2018. 6

Tabela 3 – Variáveis descritivas dos acidentes. 7

Tabela 4 – Tipos de Natureza do acidente 8

Tabela 5 – Sinistralidade rodoviária na cidade do Porto no ano de 2015 por meses e dias da semana. 9

Tabela 6 - Sinistralidade rodoviária na cidade do Porto no ano de 2015 por natureza e número de veículos envolvidos. 10

Tabela 7 - Sinistralidade rodoviária na cidade do Porto no ano de 2015 por vítimas mortais e meses do ano. 11

Tabela 8 - Sinistralidade rodoviária na cidade do Porto no ano de 2016 por dias da semana e meses do ano. 11

Tabela 9 - Sinistralidade rodoviária na cidade do Porto no ano de 2016 por natureza e número de veículos envolvidos. 12

Tabela 10 - Sinistralidade rodoviária na cidade do Porto no ano de 2016 por vítimas mortais e meses do ano. 13

Tabela 11 - Sinistralidade rodoviária na cidade do Porto no ano de 2017 por dias da semana e meses do ano. 13

Tabela 12 - Sinistralidade rodoviária na cidade do Porto no ano de 2017 por natureza e número de veículos envolvidos. 14

Tabela 13 - Sinistralidade rodoviária na cidade do Porto no ano de 2017 por vítimas mortais e meses do ano. 15

Tabela 14 – Sinistralidade rodoviária na zona de estudo no ano de 2015 por dias de semana e meses do ano. 18

Tabela 15 - Sinistralidade rodoviária na zona de estudo no ano de 2015 natureza e número de veículos envolvidos. 18

Tabela 16 - Sinistralidade rodoviária na zona de estudo no ano de 2016 por dias de semana e meses do ano. 19

Tabela 17 - Sinistralidade rodoviária na zona de estudo no ano de 2016 por natureza e número de veículos envolvidos. 20

Tabela 18 - Sinistralidade rodoviária na zona de estudo no ano de 2016 por dias de natureza e meses do ano. 21

Tabela 19 – Sinistralidade rodoviária na zona de estudo no ano de 2017 por dias da semana e meses. 22

Tabela 20 - Sinistralidade rodoviária na zona de estudo no ano de 2017 por natureza e número de veículos envolvidos. 22

Tabela 21 - Sinistralidade rodoviária na zona de estudo no ano de 2017 por natureza e meses do ano. 23

Tabela 22 – Atributos dos incidentes. 26

Tabela 23 – Número de incidentes por mês. 27

Tabela 24 – Motivos dos Incidentes versus Tipos de Condicionamento. 29

Tabela 25 – Duração média por motivo de incidente na cidade do Porto (horas). 30

Tabela 26 – Frequência de incidentes por intervalo de duração. 31

Tabela 27 – Número de incidentes por mês. 33

Tabela 28 – Motivos dos Incidentes versus Tipos de Condicionamento. 36

Tabela 29 - Duração média por motivo de incidente na Zona de estudo (horas). 37

Tabela 30 – Frequência de incidentes por intervalo de duração. 38

Tabela 31 – Cidade do Porto vs Zona de estudo. 39

Tabela 32 – Dados dos acidentes na cidade do Porto no período de estado de emergência. 40

Tabela 33 – Valores médios da velocidade comercial da linha 801 no ano de 2019. 41

Tabela 34 – Valores médios da velocidade comercia da linha 801 no ano de 2020. 41

Tabela 35 – Períodos do dia. 47

Tabela 36 – Descrição dos incidentes na rua de Sá da Bandeira. 50

Tabela 37 – Descrição dos acidentes ocorridos na rua Sá da Bandeira. 54

Tabela 38 - Descrição estatística das variáveis do modelo de sobrevivência para os incidentes. 58

Tabela 39 - Descrição estatística das variáveis da base de dados velocidade comercial – incidentes. 60

Tabela 40 - Descrição estatística das variáveis da base de dados velocidade comercial – acidentes. 61

Tabela 41 – Resultados do modelo de sobrevivência para duração dos incidentes 64

Tabela 42 – Resultados do MLG da velocidade comercial - incidentes. 66

Tabela 43 – Resultados do MLG da velocidade comercial - acidentes. 68

Tabela 44 – Arruamentos. 4

Tabela 45 - Velocidades comerciais no período crítico do incidente 1 [km/h]. 8

Tabela 46 – Velocidades comerciais no período crítico do incidente 3 [km/h]. 9

Tabela 47 - Velocidades comerciais no período crítico do incidente 4 [km/h]. 11

Tabela 48 - Velocidades comerciais no período crítico do incidente 5 [km/h]. 11

Tabela 49 - Velocidades comerciais no período crítico do incidente 6 [km/h]. 12

Tabela 50 - Velocidades comerciais no período crítico do incidente 7 [km/h]. 12
Tabela 51 - Velocidades comerciais no período crítico do incidente 8 [km/h]. 13
Tabela 52 - Velocidades comerciais no período crítico do incidente 9 [km/h]. 14
Tabela 53 - Velocidades comerciais no período crítico do incidente 10 [km/h]. 15
Tabela 54 - Velocidades comerciais no período crítico do incidente 11 [km/h]. 16
Tabela 55 - Velocidades comerciais no período crítico do incidente 13 [km/h]. 16
Tabela 56 - Velocidades comerciais no período crítico do incidente 14 [km/h]. 17
Tabela 57 - Velocidades comerciais no período crítico do incidente 16[km/h]. 17
Tabela 58 – Médias e desvios padrões das velocidades comerciais do incidente 1. 20
Tabela 59 - Médias e desvios padrões das velocidades comerciais do incidente 3. 21
Tabela 60 - Médias e desvios padrões das velocidades comerciais do incidente 4. 22
Tabela 61 - Médias e desvios padrões das velocidades comerciais do incidente 5. 23
Tabela 62 - Médias e desvios padrões das velocidades comerciais do incidente 6. 24
Tabela 63 - Médias e desvios padrões das velocidades comerciais do incidente 7. 25
Tabela 64 - Médias e desvios padrões das velocidades comerciais do incidente 8. 26
Tabela 65 - Médias e desvios padrões do incidente 9. 27
Tabela 66 - Médias e desvios padrões do incidente 10. 28
Tabela 67 - Médias e desvios padrões do incidente 11. 29
Tabela 68 - Médias e desvios padrões do incidente 13. 30
Tabela 69 - Médias e desvios padrões do incidente 14. 31
Tabela 70 - Médias e desvios padrões do incidente16. 32

GLOSSÁRIO E ABREVIATURAS

CMP – Câmara Municipal do Porto

ANSR- Autoridade Nacional de Segurança Rodoviária

Acidentes- Ocorrência na via pública ou que nela tenha origem envolvendo pelo menos um veículo em movimento, do conhecimento das entidades fiscalizadores (GNR, GNR/BT e PSP) e da qual resultam vítimas e/ou danos materiais.
Acidentes com vítimas- Acidente do qual resulte pelo menos uma vítima.

Acidente mortal- Acidente do qual resulta resulte pelo menos um morto.

Acidentes com feridos graves- Acidente do qual resulte pelo menos um ferido grave, não tendo ocorrido qualquer morte.

Acidentes com feridos leves- Acidente do qual resulte pelo menos um ferido leve e em que não se tenham registado mortos nem feridos graves.

Vítima- Ser humano que em consequência de acidente sofra danos corporais.

Morto/Vítima mortal (no local) - Vítima cujo óbito ocorra no local do acidente ou durante o percurso até à unidade de saúde.

Morto/Vítima mortal a 30 dias- Vítima cujo óbito ocorra no período de 30 dias após o acidente.

Ferido grave- Vítima de acidente cujos danos corporais obriguem a um período de hospitalização superior a 24 horas e que não venha a falecer nos 30 dias após o acidente.

Ferido leve- Vítima de acidente que não seja considerada ferido grave e que não venha a falecer nos 30 dias após o acidente.

Condutor- Pessoa que detém o comando de um veículo ou animal na via pública.

Passageiro- Pessoa afeta a um veículo na via pública e que não seja condutora.

Peão - Pessoa que transita na via pública a pé ou que conduza a mão velocípedes de duas rodas sem carro atrelado, carros de crianças ou de pessoas com deficiência motora, carros de mão ou que utilize patins, trotinetes ou outros meios de circulação análogos, sem motor, cadeiras de rodas equipadas com motor elétrico ou ainda as crianças até 10 anos de idade conduzam velocípedes nos passeios.

1 INTRODUÇÃO

1.1. ENQUADRAMENTO GERAL

Tendo em conta a problemática que se vive nos dias de hoje com o aumento populacional e as consequências quer económicas quer ambientais que advêm deste crescimento surge a necessidade de se fazerem estudos de forma a perceber-se que soluções se podem implementar em cidades com um movimento acrescido para diminuir este impacto na sociedade. A nível do transporte individual as medidas a serem tomadas são limitadas uma vez que a decisão de ter um veículo individual fica ao cargo de cada pessoa. Surge então a necessidade de se estudar novas soluções a serem implementadas a nível do transporte público. Nos últimos anos a Câmara Municipal do Porto tem vindo a tomar medidas para incentivar o uso de transporte público nomeadamente, a criação de zonas de parquímetros com estacionamento pago de forma a dissuadir o uso do transporte individual ou também a criação de novas vias exclusivas a via Bus para que o passageiro se sinta mais confortável e possa diminuir o atraso que poderia encontrar se utilizasse o seu próprio transporte. Contudo, a dinâmica associada à via pública tem como consequência a existência de um número de ocorrências bastante elevado que de forma direta ou indireta afeta a mobilidade viária de forma geral e em particular o transporte público. Estes tipos de ocorrências podem provocar atrasos no tempo de viagem quer no transporte individual quer no transporte coletivo, e com consequente impacto a nível ambiental.

Neste estudo, designa-se por ocorrência uma situação não planeada ou imprevista que afeta a via pública tais como, a ocorrência de uma avaria de telecomunicações, uma rotura de conduta, um aluimento da via, uma avaria elétrica ou um acidente rodoviário. Como se pode depreender, estas ocorrências tão distintas poderão ter também impactos muito distintos nomeadamente através da maior ou menor duração da resolução das mesmas. O tipo de consequência em termos de ocupação da via pública pode também ser distinto desde a ocupação do passeio até ao corte total da via. Os acidentes rodoviários são o tipo de ocorrência mais estudado, não tanto na perspetiva do impacto na mobilidade, mas antes na perspetiva da segurança rodoviária. Considerando a importância do transporte público na mobilidade urbana, torna-se relevante conhecer e quantificar o impacto que ocorrências variadas terão no transporte público mais precisamente na velocidade comercial. Após uma pesquisa bibliográfica sobre este tema, foi possível verificar a escassez de estudos ou investigações relacionadas sobre este assunto eventualmente devido à dificuldade em obter dados adequados para tal. Assim, o presente estudo pretende contribuir para o surgimento de uma nova linha de estudo que poderá ser relevante para a gestão das ocorrências na via pública e consequentemente diminuir o impacto destas na mobilidade urbana.

1.2. OBJETIVOS DA DISSERTAÇÃO

Atualmente vivemos num mundo digital comandado pelas aplicações tecnológicas, sendo que estas são uma realidade ao que na mobilidade diz respeito. Por exemplo, caso queiramos viajar é possível ter uma previsão do tempo de viagem bem como do que está a acontecer na via em momento real. Contudo, estas aplicações são de caráter comercial sendo que o acesso aos dados acarreta custos geralmente muito elevados. Obter informação da duração do acidente ou de um incidente que pode levar à perturbação do trânsito permanece uma incógnita havendo alguns estudos realizados com base em dados de tráfego para de forma indireta se determinar uma possível duração do acidente.

No presente trabalho, o objetivo principal é avaliar o impacto das ocorrências, nomeadamente os incidentes não programados bem como os acidentes rodoviários têm na mobilidade através da quantificação e da análise da duração das mesmas, dando-se ainda um particular foco ao impacto na velocidade comercial dos autocarros, tendo como caso de estudo a cidade do Porto. Modelos estatísticos foram aplicados para maior robustez nos resultados e respetivas conclusões. Com este estudo, pretende-se contribuir para o desenvolvimento de ferramentas de gestão de ocorrências e mobilidade urbana. Obter resultados matemáticos relativos a estes dois estudos paralelos é um acréscimo e algo inovador para a gestão do tráfego de grandes cidades, como é o caso da cidade do Porto.

1.3. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A presente dissertação está dividida em 5 capítulos, incluindo a Introdução onde, de forma resumida, se enquadra a realidade atual da mobilidade urbana da cidade do Porto com os objetivos do estudo.

O segundo capítulo tem o intuito de descrever alguns indicadores relevantes da mobilidade da cidade do Porto na medida em que será o caso de estudo, incluindo uma análise sobre o transporte público, a sinistralidade nos últimos anos e os incidentes. Neste capítulo a análise realizada apresenta também a zona de estudo definida para a análise da velocidade comercial do transporte público versus ocorrência de incidentes a realizar nos capítulos seguintes.

O terceiro capítulo, "Metodologia", faz uma descrição da base de dados em estudo na elaboração deste trabalho. É neste capítulo que será explicado ao pormenor todo o processo de tratamento de dados, todas as etapas de cálculo e todos os problemas que ocorreram no decorrer deste trabalho associado às velocidades comerciais das linhas em estudo. É neste capítulo que surge também a descrição dos métodos usados para a validação de indicadores e de todo o tratamento de dados usados no trabalho desenvolvido.

O 4 capítulo "Resultados" apresenta todos os resultados obtidos quando inseridas as bases de dados nos dois modelos matemáticos anteriormente descritos no capítulo 3. Este capítulo terá como foco os resultados obtidos para a duração de um incidente bem como o impacto que as ocorrências estudadas têm na velocidade comercial do transporte público.

Por fim, o quinto e último capítulo, "Conclusões e desenvolvimentos futuros", irá conter todas as conclusões da presenta dissertação. Este capítulo conterá também algumas indicações de possíveis investigações futuras sobre este tema e razões que podem justificar os resultados obtidos no capítulo 4.

2
O CASO DA CIDADE DO PORTO

2.1. PROBLEMÁTICA

A cidade do Porto nos últimos anos experienciou um aumento populacional significativo o que levou a que medidas por parte de diferentes entidades fossem estudadas e executadas para contornar os impactos económicos bem como ambientais. A qualidade de vida das pessoas é de modo frequente associado à possibilidade de terem acesso aos bens e serviços que desejam esperando-se que à partida tenham de se deslocar para conseguir obter essas necessidades (Pires da Costa, 2008). Devido ao grande crescimento económico, ao desenvolvimento das áreas urbanas bem como ao aumento populacional registou-se um aumento significativo do transporte individual (TI) o que muitas vezes acarreta consequências nefastas para a qualidade de vida resultantes do aumento do congestionamento de tráfego, poluição sonora e ambiental, sinistralidade rodoviária (Pires da Costa, 2008). Consequentemente, surgem medidas e políticas de transporte sendo de destacar o fomento do uso do transporte público (TP) como transporte de eleição.

Focando no caso da cidade do Porto, nos últimos anos, devido às medidas adotadas para melhorar a cultura e o turismo na cidade, o Porto passou a ser um destino procurado para se visitar a nível Europeu e Mundial. Segundo a "*Culture Trip*" (Porto., 2018) a cidade do Porto foi eleita a cidade da Europa mais interessante para visitar em 2019 e a segunda cidade mais recomendada a nível mundial. No ano de 2019, o Porto foi declarado Cidade Europeia do Ano nos prémios do urbanismo 2020 (*The urbanism Awards* 2020) (Porto., 2019). Por outro lado pelo "*European Consumers Choice*" o Porto deteve o lugar de melhor cidade Europeia em 2012, 2014 e 2017 (Público, 2017). Todas estes fatores contribuíram para que a cidade do Porto fosse um destino turistico obrigando a implementar estratégias para melhorar a gestão territorial. Estatísticas apresentadas pela Entidade Regional de Turismo do Porto e Norte de Portugal (TPNP) mostram que em 2019 a região do Norte e Porto recebeu o maior número de turistas de sempre. Registou-se valores superiores a 10,7 milhões de dormidas em estabelecimentos de alojamentos turísticos (Jorge, 2020). No período homólogo do ano anterior o número de dormidas fixou-se nos 7,9 milhões com um crescimento face a 2017 na ordem dos 5%. Em 2019, na zona do Norte verificou-se mais 6,4 milhões de dormidas de turistas não resistentes (crescimento de mais de 12%) (Jorge, 2020).

O crescimento populacional (Porto., [s.d.]) e o turismo acarretam uma maior dinâmica à cidade, em particular ao que à mobilidade diz respeito, sendo relevante para o município garantir uma gestão eficiente dos diversos conflitos nomeadamente resultantes das ocorrências na via pública. Por outro lado, no referido contexto o TP ganha maior relevo sendo fundamental garantir a qualidade do serviço de forma contínua.

Neste capítulo, apresenta-se a seguir uma breve descrição do transporte público na cidade do Porto, e da zona de estudo que servirá de referência para a aplicação da metodologia tal como descrita no capítulo 3. Apresenta-se ainda uma contextualização da cidade em termos de ocorrência de incidentes destacando-se primeiro os acidentes rodoviários pela sua importância não só na mobilidade, mas na segurança rodoviária da cidade. Alguma da informação apresentada neste capítulo será alvo de uma análise mais especifica seguindo a metodologia do capítulo 3.

Relativamente aos dados de acidentes e incidentes considerou-se as seguintes análises:

- Analise estatística referente à sinistralidade no período entre janeiro de 2015 até setembro de 2018 da cidade do Porto e da zona de estudo, incluindo uma análise separada dos anos de 2015 a 2017 (não foi possível incluir o ano de 2018 nesta análise uma vez que os dados fornecidos não incluem o ano completo)
- Análise estatística dos incidentes não programados no período de novembro de 2019 até fevereiro de 2020 da cidade do Porto e da zona de estudo.

Por fim, apresenta-se uma breve análise do impacto do confinamento devido à pandemia COVID-19 em alguns indicadores de mobilidade (sinistralidade e transporte público), por se um tratar de período muito recente sendo expectável um elevado impacto nos indicadores principais em foco no presente estudo. Dados dos incidentes relativos ao período de pandemia não foram possíveis ser estudados uma vez que a plataforma aquando essa data encontrava-se em fase de atualização.

2.2. O TRANSPORTE PÚBLICO

Para que o transporte público (TP) seja uma opção de eleição pela população é necessário que existam medidas e políticas que possam favorecer esta opção. Como já referido anteriormente, as medidas já existentes para aumentar a adesão aos transportes públicos, passam por medidas diretas que têm como objetivo melhorar em valores absolutos as características dos TP; e as medidas indiretas em que o grande objetivo é tornar menos atraente os transportes individuais, dando uma maior atratividade (Pires da Costa, 2008) aos TP.

O TP urbano na cidade do Porto é assegurado pela Sociedade de Transportes Coletivos do Porto, SA (STCP), cuja rede em 2019 possuía 492 km de extensão, distribuídas por 73 linhas (70 em modo autocarro e 3 em modo carro elétrico (Stcp, [s.d.]). Tendo como objetivo promover a melhoria da oferta do TP, o Município do Porto tem atualmente uma extensão acumulada de Corredores BUS ativos de aproximadamente 19,5 km.

Existem vários conceitos e indicadores que caracterizam a operacionalidade do serviço do transporte público destacando-se aqui a velocidade comercial a partir da qual se pode avaliar o desempenho da rede de transporte público. Entende-se por velocidade comercial a velocidade média incluindo tempos parados nas paragens e terminais (Pires da Costa, 2008). Neste sentido, o Município do Porto encontra-se a monitorizar a velocidade comercial de 8 linhas de TP operadas pela STCP, de forma a obter esse indicador em várias zonas da cidade. A metodologia encontrada foi, para cada viagem, obter a hora de passagem de cada veículo em paragens previamente selecionadas (não foram consideradas as paragens de inicio/fim de forma a não contabilizar o eventual tempo de suporte realizado), posteriormente é realizada a relação da duração do percurso e da distância entre paragens definidas, obtendo-se a velocidade comercial para cada tramo analisado.

Sendo urgente investir em medidas para melhorar a adesão ao transporte público é também relevante perceber eventuais constrangimentos à circulação dos autocarros mesmo quando

circulam em via própria (corredor Bus). Através da análise da velocidade comercial, é possível aferir fatores que influenciam a mesma e em particular avaliar o impacto que acidentes e incidentes têm neste indicador.

Para ser exequível esta análise em tempo útil, selecionou-se uma zona de estudo. A seleção da zona de estudo não passou por um critério quantitativo, mas sim qualitativo da cidade do Porto, inicialmente passou por se perceber qual a zona com um tráfego mais acentuado e que levasse a haver um grande número de condicionamentos para serem estudados e posteriormente resolvidos. Fixou-se então a zona da Baixa para caso de estudo uma vez que tem uma vasta rede de transporte público e está localizada numa zona importante e de grande tráfego na cidade do Porto.

2.3. OS ACIDENTES RODOVIÁRIOS

Como já referido anteriormente, a cidade do Porto nos últimos anos tem vindo a crescer a nível populacional. Face a este crescimento conjunto, é de esperar a ocorrência de maiores incidentes e em particular os acidentes rodoviários. A base de dados usada sobre os acidentes neste presente trabalho teve como fonte a Autoridade Nacional de Segurança Rodoviária (ANSR) que em parceria com a Câmara Municipal do Porto cedeu dados relativos ao intervalo compreendido entre janeiro de 2015 a setembro de 2018. Fazendo uma breve contextualização da sinistralidade do distrito do Porto, através dos relatórios da ANSR é percetível que dentro do distrito do Porto, o concelho do Porto em 2017 e 2018 atinge os valores mais críticos em comparação aos outros concelhos aparecendo em segundo lugar Vila Nova de Gaia seguida de Matosinhos (Rodoviária, 2018, 2018, 2019, 2019).

Os indicadores analisados nos relatórios divulgados pela ANSR são de caráter semelhante aos que foram estudados neste trabalho nomeadamente número de vítimas mortais, mês e dia da semana com maior número de acidentes e natureza do acidente. Para uma breve e recente enquadramento da Cidade do Porto apresenta-se na Tabela 1 e na Tabela 2 apresentam-se os dados referentes aos acidentes com vítimas mortais em 2017 e 2018, respetivamente, em que se apresenta separadamente as vítimas mortais a 24 horas e vítimas a 30 dias (a classificação das vítimas mortais encontra-se no glossário). Como seria de esperar o número de vítimas mortais aumenta quando se considera a classificação de vítima mortal a 30 dias, sendo de destacar o aumento de cerca de 41% no ano de 2018. Verifica-se também que o mês do ano e o dia semana com mais acidentes coincidem nos dois relatórios (outubro; sexta-feira) bem como nos dois anos analisados (2017 e 2018). No ano de 2017 o concelho do Porto registou 1050 acidentes, no ano de 2018 verificou-se uma ligeira descida para 1004 acidentes. Nas diferentes naturezas de acidentes a natureza "colisão" apresenta o valor mais elevado, sendo a natureza "colisão lateral com outro veículo em movimento" a causa mais comum.

Tabela 1 – Dados relativos a acidentes com vítimas mortais no concelho do Porto no ano de 2017.

Nº Vítimas Mortais	Mês	Dia da semana	Nº acidentes	Natureza do acidente
68 (vítima mortal a 24h) 72 (vítima mortal 30 dias)	Outubro (578 acidentes)	sexta-feira (935 acidentes)	1050	colisão lateral com outro veículo em movimento (1073 acidentes)

Tabela 2 - Dados relativos a acidentes com vítimas mortais no concelho do Porto no ano de 2018.

Nº Vítimas Mortais	Mês	Dia da semana	Nº acidentes	Natureza do acidente
56 (Vítima mortal 24h) 79 (Vítima mortal a 30 dias)	Outubro (557 acidentes)	sexta-feira (917 acidentes)	1004	colisão lateral com outro veículo em movimento (1040 acidentes)

Para uma análise da distribuição espacial dos acidentes, apresenta-se a Figura 1 obtida através do software *QGIS* onde foi possível georreferenciar os acidentes ocorridos no período entre janeiro de 2015 a setembro de 2018. Os acidentes georreferenciados compreendem na sua totalidade 17.626 acidentes. Desta figura é possível observar uma elevada concentração de acidente na zona histórica do Porto bem como nas vias principais da rede viária da cidade.

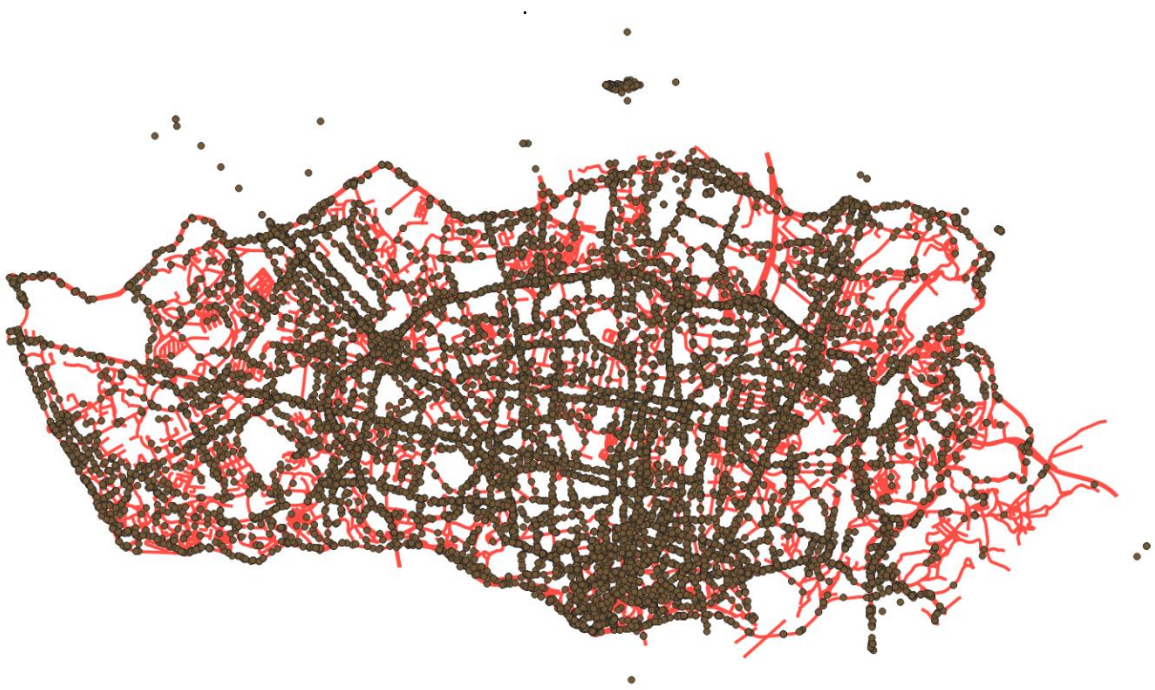


Figura 1 – Acidentes georreferenciados referente ao período de 2015-2018 (Fonte: QGIS).

A base de dados fornecida pela CMP em formato *EXCEL* incluiu as 14 variáveis que se descrevem na Tabela 3.

Tabela 3 – Variáveis descritivas dos acidentes.

Variável
Dia
Hora
Mês
Dia da semana
Vítimas mortais 24horas
Vítimas mortais 30 dias
Número de veículos
Latitude
Longitude
Natureza
Condições meteorológicas
Número de condutores
Número passageiros
Número de peões

Para uma análise estatística mais pormenorizada sobre a sinistralidade da cidade do Porto e da zona de estudo considerada para o estudo específico das velocidades comerciais, optou-se por selecionar 5 variáveis a partir das quais se mostra 3 analises estatísticas.

As variáveis são:

- Mês
- Dia da Semana
- Natureza do acidente
- Nº de veículos envolvidos
- Nº de vítimas mortais a 24horas

Para efeito neste trabalho a variável relativa ao número de vítimas mortais usada foi a de vítimas mortais a 24 horas devido ao intervalo de tempo de estudo usado ser flexível, sendo difícil de prever se poderia mudar caso usasse valor a 30 dias uma vez que este poderia aumentar.

Em relação à natureza dos acidentes identifica-se na Tabela 4 os 27 tipos distintos para descrever o acidente.

Tabela 4 – Tipos de Natureza do acidente

Tipo de NATUREZA do Acidente
Atropelamento com fuga
Atropelamento de animais
Atropelamento de peões
Colisão choque em cadeia
Colisão com fuga
Colisão com outras situações
Colisão com veículo ou obstáculo na faixa de rodagem
Colisão com veículo ou obstáculo na faixa de rodagem
Colisão com veículo ou obstáculo na faixa de rodagem
Colisão em cadeia
Colisão frontal
Colisão lateral com outro veículo em movimento
Colisão outras situações
Colisão traseira com outro veículo em movimento
Despiste com capotamento
Despiste com colisão com veículo imobilizado ou obstáculo
Despiste com colisão com veículo imobilizado ou obstáculo
Despiste com dispositivo de retenção
Despiste com fuga
Despiste com transposição do dispositivo de retenção lateral
Despiste com veículo imobilizado ou obstáculo
Despiste sem dispositivo de retenção
Despiste simples
Despiste simples - Com transposição de separador central
Outros
Queda
Queda objeto

O indicador número de veículos envolvidos no decorrer da análise varia de acordo com o ano de estudo, podendo estar envolvido 1 veículo unicamente ou no máximo 8 veículos.

Apresenta-se a seguir uma análise mais pormenorizada da sinistralidade na cidade do Porto e na zona de estudo.

2.3.1. SINISTRALIDADE RODOVIÁRIA NA CIDADE DO PORTO

Considerando o período em análise elaborou-se o gráfico da Figura 2 onde é percetível que o ano com o número de acidentes mais elevado foi o de 2017.

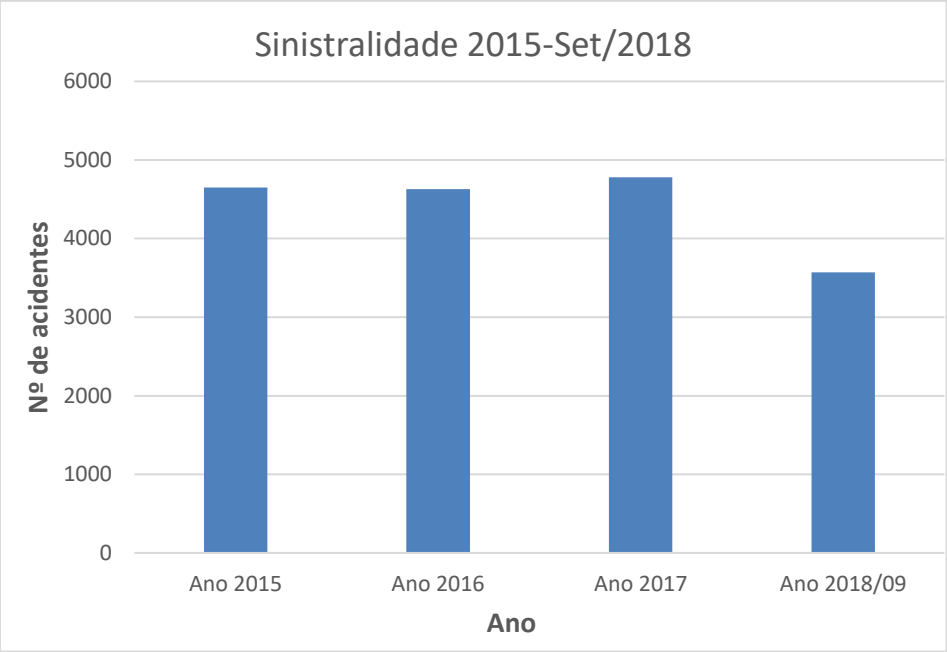


Figura 2 – Sinistralidade rodoviária registada por cada ano na cidade do Porto.

Apresenta-se a seguir uma análise da sinistralidade por cada ano referente aos acidentes ocorridos em 2015, 2016 e 2017. O ano de 2018 não foi integrado nesta análise por falta de dados a partir de setembro do mesmo ano, tal como referido anteriormente. Na análise separada por cada ano, as variáveis usadas bem como o tratamento de dados foi semelhante ao realizado com os dados dos acidentes tratados anteriormente. Na análise por ano incluiu-se a identificação do mês e o dia da semana com mais registos de acidentes; a frequência dos acidentes por tipo de natureza e número de veículos envolvidos; a variação das vítimas mortais pelos meses do ano sendo este um estudo importante para conhecer a taxa de mortalidade da cidade

2.3.1.1.Sinistralidade na cidade do Porto no ano 2015

No ano de 2015 foram registados 4649 acidentes na cidade do Porto e pela observação da Tabela 5 conclui-se que 474 foram registados no mês de outubro. Neste mês, o dia com mais acidentes foi a quinta-feira que registou 89 acidentes. Embora a quinta-feira tenha sido o dia com mais acidentes no mês de outubro no ano de 2015 é a sexta-feira o dia da semana com mais acidentes registados, 757 acidentes.

Tabela 5 – Sinistralidade rodoviária na cidade do Porto no ano de 2015 por meses e dias da semana.

Ano 2015	**Meses**												
Dias da semana	jan	fev	mar	abr	maio	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Total Geral
Domingo	48	42	46	32	45	33	29	39	34	57	47	40	492
Segunda-Feira	50	48	63	43	55	73	61	65	69	60	61	76	724
Terça-Feira	57	52	65	45	65	56	50	50	89	74	52	76	731

Quarta-Feira	49	39	53	56	62	56	54	38	54	66	51	94	672
Quinta-Feira	53	36	55	62	57	37	58	51	66	89	57	76	697
Sexta-Feira	71	62	65	59	74	55	66	43	55	80	65	62	757
Sábado	50	64	60	49	60	51	40	45	29	48	31	49	576
Total Geral	378	343	407	346	418	361	358	331	396	474	364	473	4649

Atentando à análise "Natureza" com os diferentes valores de "número de veículos envolvidos" descrita na Tabela 6 consegue-se perceber que, no ano de 2015, a colisão lateral com outro veículo em movimento foi o tipo de natureza com mais acidentes registados (1385). Verificou-se também que o número máximo de acidentes registados (3183) ocorreu com 2 veículos envolvidos. O número de veículos envolvidos variou entre 1 único veículo até 6 veículos.

Tabela 6 - Sinistralidade rodoviária na cidade do Porto no ano de 2015 por natureza e número de veículos envolvidos.

Ano 2015	**Nº de veículos envolvidos**						
Natureza	1	2	3	4	5	6	Total Geral
Atropelamento com fuga	18						18
Atropelamento de animais	9						9
Atropelamento de peões	270	27	2	1			300
Colisão choque em cadeia			34	17	1		52
Colisão com fuga	61	447	19	2		1	530
Colisão com outras situações	8	82	30	10	3	1	134
Colisão com veículo ou obstáculo na faixa de rodagem		3	1				4
Colisão com veículo ou obstáculo na faixa de rodagem	42	29	4	4			79
Colisão em cadeia	5	24	71	18	5	1	124
Colisão Frontal	4	89	4	1			98
Colisão lateral com outro veículo em movimento	42	1297	31	10	5		1385
Colisão outras situações	185	550	91	26	5	2	859
Colisão traseira com outro veículo em movimento	14	537	39	3			593
Despiste com capotamento	22	3					25
Despiste com colisão com veículo imobil. ou obstáculo	2	2	3				7
Despiste com colisão com veículo imobilizado ou obstáculo	32	23	13	2	1		71
Despiste com dispositivo de retenção	124	14	1				139
Despiste com fuga	9	34	1				44
Despiste com transposição do dispositivo de retenção lateral	5	1					6
Despiste sem dispositivo de retenção	143	15	2	1			161

Despiste simples	1						1
Despiste simples - Com transposição de separador central	1	2					3
Outros	1	2					3
Queda		1					1
Queda objeto	1	1	1				3
Total Geral	999	3183	347	95	20	5	4649

Por último, a Tabela 7 apresenta os valores obtidos quando analisado o indicador "vítimas mortais" com o" mês" do ano, concluindo-se que na totalidade registou-se 4 vítimas mortais no ano de 2015. O mês de outubro que contabiliza o maior número de acidentes ocorridos durante o ano regista uma vítima mortal.

Tabela 7 - Sinistralidade rodoviária na cidade do Porto no ano de 2015 por vítimas mortais e meses do ano.

Ano 2015	**Meses**												
Vítimas mortais	jan	fev	mar	abr	maio	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Total Geral
0	378	343	407	346	418	360	358	331	396	473	363	472	4645
1						1				1	1	1	4
Total Geral	378	343	407	346	418	361	358	331	396	474	364	473	4649

2.3.1.2.Sinistralidade na cidade do Porto ano 2016

No ano de 2016 foram registados 4629 acidentes rodoviários, face ao ano anterior o número de acidentes desceu, contudo, a descida é pouco significativa, isto é, na ordem dos 20 acidentes. Seguindo a análise feita anteriormente para o ano de 2015, em 2016 o mês que registou o maior número de acidentes foi o mês de outubro com 440 acidentes registados sendo a segunda-feira o dia do mês de outubro com mais acidentes (81). Apesar desse dado, a sexta-feira continua a ser o pior dia da semana no ano inteiro registando 775 acidentes verificando-se isso na Tabela 8.

Tabela 8 - Sinistralidade rodoviária na cidade do Porto no ano de 2016 por dias da semana e meses do ano.

Ano 2016	**Meses**												
Dias da Semana	jan	fev	mar	abr	maio	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Total Geral
Domingo	38	47	33	47	44	33	46	31	34	46	35	31	465
Segunda-Feira	45	65	44	55	67	48	58	42	54	81	70	55	684
Terça-Feira	56	48	71	51	72	54	52	59	58	69	73	60	723
Quarta-Feira	47	59	70	49	54	72	46	57	54	64	66	53	691
Quinta-Feira	60	56	76	46	40	59	51	57	75	58	62	65	705
Sexta-Feira	91	57	48	82	73	36	61	55	70	58	67	77	775
Sábado	56	54	49	64	32	37	58	30	36	64	51	55	586
Total Geral	393	386	391	394	382	339	372	331	381	440	424	396	4629

Cruzando a informação da "natureza do tipo de acidente" com o "número de veículos envolvidos" conclui-se, com base na Tabela 9, que o número máximo de acidentes (3132) ocorreu com 2 veículos envolvidos sendo que a causa mais registada foi "colisão lateral com outro veículo em movimento" (1159) ,como já se tinha observado no período homólogo de 2015.

Tabela 9 - Sinistralidade rodoviária na cidade do Porto no ano de 2016 por natureza e número de veículos envolvidos.

Ano 2016	**Nº de veículos envolvidos**								
Natureza	1	2	3	4	5	6	7	8	Total Geral
Atropelamento com fuga	34	3	2						39
Atropelamento de animais	10	1							11
Atropelamento de peões	270	25							295
Colisão choque em cadeia			37	15	3		1		56
Colisão com fuga	90	461	27	2	1	1			582
Colisão com outras situações	10	99	23	13	5		1		151
Colisão com veículo ou obstáculo na faixa de rodagem		1							1
Colisão com veículo ou obstáculo na faixa de rodagem	14	27			1				42
Colisão em cadeia	3	17	73	14	2	1		1	111
Colisão Frontal	5	60	5						70
Colisão lateral com outro veículo em movimento	28	1094	31	2	3		1		1159
Colisão outras situações	251	782	86	24	6				1149
Colisão traseira com outro veículo em movimento	13	495	44	6					558
Despiste com capotamento	17	3							20
Despiste com colisão com veículo imobil. ou obstáculo	6	1							7
Despiste com colisão com veículo imobilizado ou obstáculo	14	13	2						29
Despiste com dispositivo de retenção	111	19							130
Despiste com fuga	19	17	2						38
Despiste com transposição do dispositivo de retenção lateral	5								5
Despiste sem dispositivo de retenção	152	11					1		164
Despiste simples	2								2
Despiste simples - Com transposição de separador central	2		1						3
Outros	2								2
Queda		2							2
Queda objeto	2	1							3
Total Geral	1060	3132	333	76	21	2	4	1	4629

Numa última análise tendo como apoio a Tabela 10, no ano de 2016 o mês de março registou o maior número de vítimas mortais (2). Comparando ao ano anterior o número de vítimas mortais diminui numa morte.

Tabela 10 - Sinistralidade rodoviária na cidade do Porto no ano de 2016 por vítimas mortais e meses do ano.

Ano 2016	**Meses**												
Vítimas Mortais	jan	fev	mar	abr	maio	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Total Geral
0	393	386	389	394	382	339	372	331	381	439	424	396	4626
1			2							1			3
Total Geral	393	386	391	394	382	339	372	331	381	440	424	396	4629

2.3.1.3.Sinistralidade da cidade do Porto no ano de 2017

A Tabela 11 regista os valores obtidos relativos aos acidentes rodoviários no ano de 2017. Por comparação aos anos anteriores, verifica-se uma subida relativa no número de acidentes na cidade do Porto, passando de 4629 no ano de 2016 para 4779 acidentes em 2017 (subida de 150 acidentes).

No ano de 2017 o mês que registou mais acidentes foi o de dezembro com 445 acidentes sendo a sexta-feira o dia da semana com mais acidentes, 819. O dia mais crítico do mês de dezembro foi a quarta-feira com 83 acidentes registados.

Tabela 11 - Sinistralidade rodoviária na cidade do Porto no ano de 2017 por dias da semana e meses do ano.

Ano 2017	**Meses**												
Dias da semana	jan	fev	mar	abr	maio	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Total Geral
Domingo	49	35	41	45	38	22	40	24	31	40	31	38	434
Segunda-Feira	58	42	69	56	68	59	71	42	48	73	63	47	696
Terça-Feira	69	59	50	53	68	56	62	56	49	77	66	63	728
Quarta-Feira	49	49	75	58	82	50	63	60	51	59	71	83	750
Quinta-Feira	64	59	69	59	69	84	66	60	56	56	92	58	792
Sexta-Feira	65	58	81	51	71	86	67	52	71	77	60	80	819
Sábado	37	57	38	55	27	51	56	35	40	42	46	76	560
Total Geral	391	359	423	377	423	408	425	329	346	424	429	445	4779

À semelhança do ano 2016, a natureza "colisão lateral com outro veículo em movimento" registou o valor mais alto de acidentes registados com um valor de 1248 acidentes dos quais, 1149 acidentes envolviam dois veículos. No ano de 2017 o número de veículos envolvidos variou entre 1 e 7 sendo que 3113 acidentes aconteceram devido a dois veículos envolvidos. Estes dados estão elucidados na Tabela 12.

Tabela 12 - Sinistralidade rodoviária na cidade do Porto no ano de 2017 por natureza e número de veículos envolvidos.

Ano 2017	**Nº de veículos envolvidos**							
Natureza	1	2	3	4	5	6	7	Total Geral
Atropelamento com fuga	32	1						33
Atropelamento de animais	9							9
Atropelamento de peões	266	24		1				291
Colisão choque em cadeia			38	11	3	1		53
Colisão com fuga	201	342	15	3	1	1		563
Colisão com outras situações	15	121	27	14	6	1		184
Colisão com veículo ou obstáculo na faixa de rodagem		1						1
Colisão com veículo ou obstáculo na faixa de rodagem	21	27	2					50
Colisão em cadeia	2	14	72	19	3			110
Colisão Frontal	4	77	4	1				86
Colisão lateral com outro veículo em movimento	63	1149	30	6				1248
Colisão outras situações	269	770	95	19	5			1158
Colisão traseira com outro veículo em movimento	15	537	49	4	2			607
Despiste com capotamento	8	1		1				10
Despiste com colisão com veículo imobil. ou obstáculo	4	2		1			1	8
Despiste com colisão com veículo imobilizado ou obstáculo	9	12	1	2				24
Despiste com dispositivo de retenção	115	7	2					124
Despiste com fuga	16	9	1					26
Despiste com transposição do dispositivo de retenção lateral	2							2
Despiste sem dispositivo de retenção	161	17	1					179
Despiste simples	2							2
Despiste simples - Com transposição de separador central	5							5
Outros	3	2						5
Queda	1							1
Total Geral	1223	3113	337	82	20	3	1	4779

Por outro lado, ao verificar o número de vítimas mortais no ano de 2017 o valor aumentou para mais do dobro quando comparado ao ano de 2016. Em 2017 registaram-se 7 vítimas mortais. O mês de junho foi o mês com o valor mais alto, 3 fatalidades seguido de maio com 2 mortes como se observa pela Tabela 13.

Tabela 13 - Sinistralidade rodoviária na cidade do Porto no ano de 2017 por vítimas mortais e meses do ano.

Ano 2017	**Meses**												
Vítimas Mortais	jan	fev	mar	abr	maio	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Total Geral
0	391	358	422	377	421	406	425	329	346	424	429	444	4772
1		1	1		2	1						1	6
2						1							1
Total Geral	391	359	423	377	423	408	425	329	346	424	429	445	4779

Em suma, numa análise global o ano que apresentou os piores valores a nível geral dos indicadores escolhidos foi o ano de 2017 com um maior número de acidentes o que levou também a um maior número de vítimas mortais.

Esta análise estatística teve como objetivo central conhecer a sinistralidade da cidade, e os indicadores rodoviários que nela exercem maior impacto não sendo contudo o foco da metodologia implementada e desenvolvida neste trabalho.

2.3.2. SINISTRALIDADE RODOVIÁRIA NA ZONA DE ESTUDO

Com o objetivo de avaliar o impacto dos acidentes na velocidade comercial dos autocarros que circulam na cidade do Porto, e tendo em consideração a extensa rede viária e de linhas a circular na cidade, foi necessário definir uma zona de estudo de forma a ser exequível o tratamento dos dados e cruzamento dos mesmos. Um dos critérios primeiramente escolhido para fazer a delimitação da zona de estudo passou pela observação da distribuição do número de acidentes através da georreferenciação dos acidentes no programa *QGIS*. Observando a Figura 4 consegue-se perceber que os acidentes se distribuem de uma forma homogénea pelas principais vias da cidade tornando difícil fazer uma escolha da zona de estudo por este critério. É visível, contudo uma maior concentração de acidentes na zona do centro histórico resultante essencialmente da maior densidade da rede nesta zona.

Para tal, numa segunda fase o critério usado para delimitar a zona teve em consideração a importância da zona a estudar para a mobilidade da cidade, quer pelo movimento viário quer pedonal, bem como de circulação de transporte público, permitindo assim obter conclusões relevantes e que possam servir de base para estender o estudo a outras zonas da cidade. Através do programa *QGIS* foi desenhado um polígono que abrangesse a zona de estudo, sem ser possível, no entanto de delimitar linhas fronteiras com precisão. A zona escolhida em área coincide aproximadamente à zona do centro histórico (também designado de Baixa) como se pode observar na Figura 3.



Figura 3 – Zona de estudo: Baixa do Porto (Fonte: QGIS).

Tal como realizado para a cidade do Porto, ao longo deste subcapítulo apresenta-se uma análise semelhante para a zona de estudo com o objetivo de conhecer a sinistralidade na zona da Baixa e contextualizá-la em relação à cidade do Porto. Sobrepondo o polígono à base de dados dos acidentes foi possível selecionar os mesmos. Observando a Figura 4 percebe-se a distribuição por todas os ramos da cidade do Porto, bem como na zona de estudo escolhida e as diferentes concentrações dos acidentes. A zona de estudo registou 1576 acidentes entre janeiro de 2015 e outubro de 2018. Mais uma vez o ano de 2018 não é incluído nesta análise uma vez que carece de dados a partir do mês de setembro. Para o período de estudo compreendido entre janeiro de 2015 e dezembro de 2017 foram estudados 1291 acidentes o que representa 9,18% dos acidentes registados no mesmo período na cidade do Porto



Figura 4 – Distribuição dos acidentes na cidade do Porto e na zona de estudo (Fonte: QGIS).

A análise dos acidentes na zona de estudo inclui três perspetivas (idêntica à realizada para a Cidade do Porto). Numa primeira análise cruzou-se a informação dos acidentes com os dias da semana, de seguida os dados dos acidentes foram analisados de acordo com a sua natureza versus número de veículos envolvidos. Numa terceira análise cruzou-se os dados referentes ao número de vítimas mortais por cada mês do ano.

As variáveis de estudo usadas foram as mesmas para o estudo da cidade do Porto:

- Mês
- Dia da Semana
- Natureza do acidente
- Nº de veículos envolvidos
- Nº de vítimas mortais a 24 h

Tendo como base a observação da Figura 5 consegue-se perceber que o número de acidentes diminuiu em 2017 face ao valor obtido para a Cidade do Porto , verificando-se uma ligeira subida em relação ao ano de 2015 comparando ao valor obtido novamente para a Cidade do Porto.

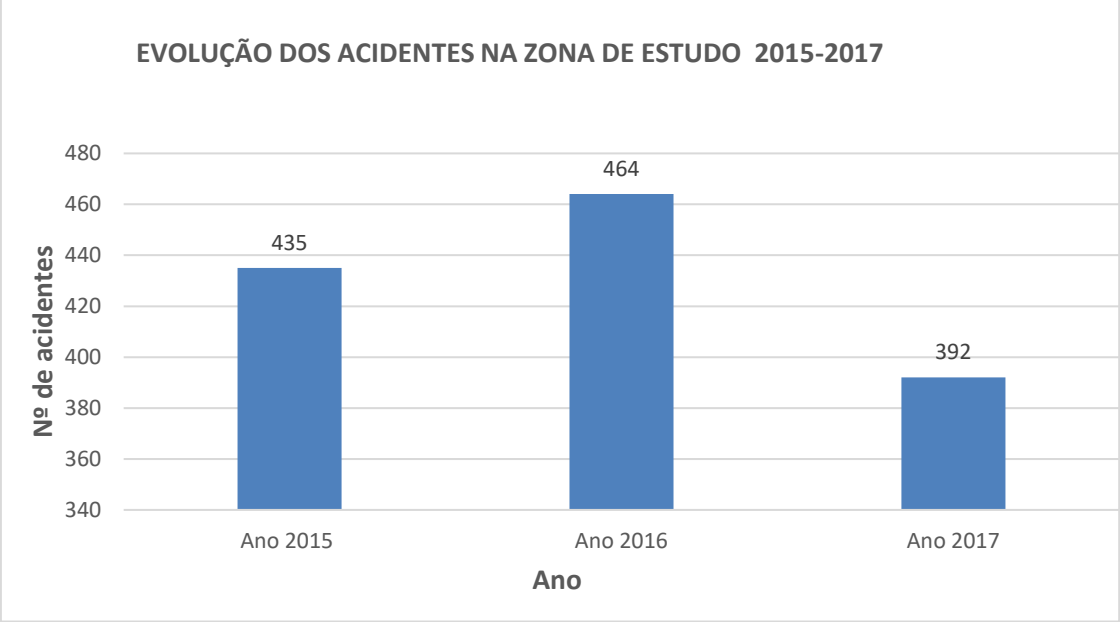


Figura 5 – Evolução dos acidentes na zona de estudo no período 2015 a 2017.

2.3.2.1.Sinistralidade na zona de estudo no ano de 2015

No ano de 2015 registou-se 435 acidentes na zona da Baixa. Este valor foi obtido através do programa *QGIS* que converteu os dados existentes georreferenciados para a ferramenta do *EXCEL* onde foram tratados e posteriormente foi possível fazer a análise apresentada. A Tabela 14 apresenta a primeira análise à zona de estudo com os indicadores "mês" e "dia da semana".

No ano de 2015 o mês com mais acidentes registados foi o mês de maio com 58 acidentes, em que dos 58 acidentes 11 aconteceram à terça-feira. Dos dias da semana, a sexta-feira regista o valor mais alto de 86 acidentes o que não coincide com o dia mais crítico do mês de maio.

Comparando aos valores apresentados para a sinistralidade na cidade do Porto no mesmo período 2015 o mês mais gravoso não coincide, contudo, o dia da semana é o mesmo.

Tabela 14 – Sinistralidade rodoviária na zona de estudo no ano de 2015 por dias de semana e meses do ano.

Ano 2015	**Meses**												
Dias da semana	jan	fev	mar	abr	maio	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Total Geral
Domingo	2	4	2	3	8	6	3	4	6	3	4	3	48
Segunda-Feira	4	7	3	4	10	6	5	6	4	7	3	5	64
Terça-Feira	4	1	2	2	11	1	6	5	4	11	1	5	53
Quarta-Feira	4	7	2	4	6	3	5	3	7	3	3	9	56
Quinta-Feira	4	1	4	8	8	1	8	4	6	7	8	8	67
Sexta-Feira	5	2	13	10	9	3	12	4	7	8	7	6	86
Sábado	7	4	4	4	6	10	3	5	5	3	4	6	61
Total Geral	30	26	30	35	58	30	42	31	39	42	30	42	435

Nesta análise os dados usados sobre o tipo de natureza dos acidentes envolventes foram reduzidos para 17 categorias diferentes face às 27 categorias existentes e que se observaram em toda a cidade do Porto.

No ano de 2015, na zona da baixa dos 435 acidentes observados, 326 (valor máximo) acidentes envolveram dois veículos sendo que a causa com o maior número registado foi a "colisão lateral com outro veículo movimento" (135) como se vê na Tabela 15.

Tabela 15 - Sinistralidade rodoviária na zona de estudo no ano de 2015 natureza e número de veículos envolvidos.

Ano 2015	**Nº de veículos envolvidos**					
Natureza	1	2	3	4	5	Total Geral
Atropelamento com fuga	2					2
Atropelamento de peões	33	1				34
Colisão com fuga	7	53	1			61
Colisão com outras situações		3				3
Colisão com veículo ou obstáculo na faixa de rodagem		1				1
Colisão com veículo ou obstáculo na faixa de rodagem	8	4				12
Colisão em cadeia		4	2			6
Colisão Frontal		3				3
Colisão lateral com outro veículo em movimento	3	135				138

Colisão outras situações	16	64	7	5	1	93
Colisão traseira com outro veículo em movimento	3	48	3			54
Despiste com capotamento	1					1
Despiste com colisão com veículo imobilizado ou obstáculo	2	3	3			8
Despiste com dispositivo de retenção		2				2
Despiste com fuga		2				2
Despiste sem dispositivo de retenção	12	2				14
Queda		1				1
Total Geral	87	326	16	5	1	435

Ao contrário do que se verificou no estudo da cidade do Porto, no ano de 2015 não se verificou nenhuma vítima mortal. Comparando com a cidade do Porto, 29,79% da totalidade dos acidentes na zona de estudo foi devido à natureza "Colisão lateral com outro veículo em movimento", enquanto que na cidade do Porto esse valor atingiu os 29,79% verificando-se assim que são valores relativamente próximos.

2.3.2.2.Sinistralidade na zona de estudo no ano de 2016

No ano de 2016 foram registados 464 acidentes na zona da baixa. Observando Tabela 16, o mês de dezembro registou o valor mais alto desse ano com 51 acidentes, sendo que o dia mais gravoso desse mês registou 12 acidentes à sexta-feira contrariando o dia do ano com o valor mais alto, 79, que foi a terça-feira.

Tabela 16 - Sinistralidade rodoviária na zona de estudo no ano de 2016 por dias de semana e meses do ano.

Ano 2016	**Meses**												
Dias da Semana	jan	fev	mar	abr	maio	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Total Geral
Domingo	4	6	3	5	7	2	5	3	6	4	7	4	56
Segunda-Feira	5	8	3	4	4	2	4	3	7	9	2	5	56
Terça-Feira	8	4	7	6	7	6	6	6	5	7	11	6	79
Quarta-Feira	1	6	4	4	6	3	5	10	3	6	7	6	61
Quinta-Feira	5	3	2	4	2	11	3	3	5	7	8	11	64
Sexta-Feira	12	10	7	7	4	1	7	2	5	5	3	12	75
Sábado	5	4	5	7	6	3	9	3	5	12	7	7	73
Total Geral	40	41	31	37	36	28	39	30	36	50	45	51	464

Como já referido, o segundo estudo apresentado na Tabela 17 envolveu dados classificados de acordo com o seu tipo de natureza (podendo variar em 17 categorias) e de acordo com o número de veículos envolvidos (pode variar entre 1 veículo até 3 veículos envolvidos). O valor máximo

de acidentes registado (328) ocorreu com 2 veículos envolvidos sendo que a causa mais frequente foi a "colisão lateral com outro veículo em movimento" (116).

Tabela 17 - Sinistralidade rodoviária na zona de estudo no ano de 2016 por natureza e número de veículos envolvidos.

Ano 2016	**Nº de veículos envolvidos**			
Natureza	1	2	3	Total Geral
Atropelamento com fuga	3	1		4
Atropelamento de peões	31	3		34
Colisão choque em cadeia			1	1
Colisão com fuga	16	54	3	73
Colisão com outras situações	1	4	1	6
Colisão com veículo ou obstáculo na faixa de rodagem	7	3		10
Colisão em cadeia	1	2	2	5
Colisão Frontal	2	2		4
Colisão lateral com outro veículo em movimento	4	116	3	123
Colisão outras situações	30	93	4	127
Colisão traseira com outro veículo em movimento	3	39	1	43
Despiste com capotamento		1		1
Despiste com colisão com veículo imobilizado ou obstáculo	4	2		6
Despiste com dispositivo de retenção		1		1
Despiste com fuga	1	4		5
Despiste sem dispositivo de retenção	18	3		21
Total Geral	121	328	15	464

Cruzando os dados dos meses com o tipo de natureza obtém-se a Tabela 18 onde o tipo de natureza que apresenta o maior valor de acidentes registados ao contrário da análise anterior foi a colisão em outras situações com um número de acidentes 127.

O mês de novembro apresenta o máximo valor com 21 acidentes desta natureza o mesmo se verifica para este indicador que não coincide com o mês com mais acidentes

Tabela 18 - Sinistralidade rodoviária na zona de estudo no ano de 2016 por dias de natureza e meses do ano.

Ano de 2016	**Meses**												
Natureza	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total Geral
Atropelamento com fuga				1		1			2				4
Atropelamento de peões	2	5	2	1	1	3	2	5	3	2	3	5	34
Colisão choque em cadeia									1				1
Colisão com fuga	5	8	8	5	12	1	4	4	10	6	3	7	73
Colisão com outras situações							2	1		2		1	6
Colisão com veículo ou obstáculo na faixa de rodagem	1		3	1		1	1			2		1	10
Colisão em cadeia	1	1						1		1	1		5
Colisão Frontal				1			1	1				1	4
Colisão lateral com outro veículo em movimento	11	15	7	17	6	6	10	8	8	16	9	10	123
Colisão outras situações	14	7	8	6	9	6	15	6	8	13	21	14	127
Colisão traseira com outro veículo em movimento	4	4	3	3	3	4	3	1	3	4	3	8	43
Despiste com capotamento											1		1
Despiste com colisão com veículo imobilizado ou obstáculo					1	1			1	2		1	6
Despiste com dispositivo de retenção												1	1
Despiste com fuga	1	1				1		1				1	5
Despiste sem dispositivo de retenção	1			2	4	4	1	2		2	4	1	21
Total Geral	40	41	31	37	36	28	39	30	36	50	45	51	464

Importa salientar que no ano de 2016 não foram contabilizadas vítimas mortais na zona de estudo, um dado positivo uma vez que no mesmo período homólogo do ano anterior verificou-se o mesmo valor (zero fatalidades).

2.3.2.3.Sinistralidade da zona de estudo no ano de 2017

Numa última análise, no ano de 2017 foram registados 392 acidentes na zona de estudo. Este valor é relativamente mais baixo comparado ao ano de 2016.

Tendo em vista a análise da Tabela 19 o mês de março apresentou 41 acidentes registados, sendo o mês com mais acidentes. O dia da semana no ano de 2017 com mais acidentes na zona da Baixa foi a quarta-feira com 67 acidentes. É de notar que no mês de março o dia que teve mais acidentes foi a sexta-feira com uma dezena de acidentes.

Tabela 19 – Sinistralidade rodoviária na zona de estudo no ano de 2017 por dias da semana e meses.

Ano 2017	**Meses**												
Dias da Semana	jan	fev	mar	abr	maio	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Total Geral
Domingo	5	1	5	3	6	1	6		2	2	1	3	35
Segunda-Feira	3	2	8	8	3	3	5	5	9	3	2	4	55
Terça-Feira	5	5	4	6	3	7	6	7	3	3	8	4	61
Quarta-Feira	5	5	4	7	7	4	6	4	7	4	9	5	67
Quinta-Feira	8	4	6	6	7	8	3	4	2	4	7	3	62
Sexta-Feira	2	7	10	4	5	8	7	3	3	2	4	6	61
Sábado	5	7	4	6	2	6	5	2	3	4	2	5	51
Total Geral	33	31	41	40	33	37	38	25	29	22	33	30	392

Na análise referente ao "número de veículos envolvidos" com o seu "tipo de natureza", o número máximo de acidentes registados (251) ocorreu com 2 veículos envolvidos sendo que a causa mais recorrente foi devido à colisão lateral com outro veículo em movimento (84). Todavia, dos 392 acidentes foram registados 114 acidentes devido a colisão devido a outras situações. Apesar de ser a natureza com mais acidentes registados não coincide com a que se verifica em número superior nos acidentes com 2 veículos. Estes valores podem ser observados na Tabela 20.

Tabela 20 - Sinistralidade rodoviária na zona de estudo no ano de 2017 por natureza e número de veículos envolvidos.

Ano 2017	**Nº de veículos envolvidos**				
Natureza	1	2	3	4	Total Geral
Atropelamento com fuga	7				7
Atropelamento de peões	37	1			38
Colisão choque em cadeia			1		1
Colisão com fuga	22	37			59
Colisão com outras situações	2	2			4
Colisão com veículo ou obstáculo na faixa de rodagem	2	6			8
Colisão em cadeia		2	1		3
Colisão Frontal		6			6
Colisão lateral com outro veículo em movimento	8	84			92
Colisão outras situações	38	69	6	1	114
Colisão traseira com outro veículo em movimento	1	38	1		40
Despiste com colisão com veículo imobilizado ou obstáculo	1	2			3
Despiste com dispositivo de retenção	1	1			2
Despiste com fuga	1	1			2

Despiste sem dispositivo de retenção	10	2			12
Queda	1				1
Total Geral	131	251	9	1	392

Apesar do mês de março ser o mês crítico de 2017, atentando a Tabela 21 o mês de janeiro apresentou o valor mais alto de acidentes quando a causa do acidente se deve à colisão por outras situações. No mês de março a colisão com fuga é o tipo de natureza que apresenta o valor mais alto registado, 14 acidentes.

Tabela 21 - Sinistralidade rodoviária na zona de estudo no ano de 2017 por natureza e meses do ano.

Ano 2017	**Meses**												
Natureza	jan	fev	mar	abr	maio	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Total Geral
Atropelamento com fuga		1	1			1				3	1		7
Atropelamento de peões	3	3	2	6	4	3	4	3	1	2	4	3	38
Colisão choque em cadeia					1								1
Colisão com fuga	1	4	14	6	4	7	4	3	2	5	7	2	59
Colisão com outras situações							1	1	1		1		4
Colisão com veículo ou obstáculo na faixa de rodagem			2	1	1		1		1	1	1		8
Colisão em cadeia							1	1			1		3
Colisão Frontal		1				1	1	1	1	1			6
Colisão lateral com outro veículo em movimento	10	6	10	11	7	7	6	3	11	3	4	14	92
Colisão outras situações	15	8	9	12	10	12	14	8	5	6	10	5	114
Colisão traseira com outro veículo em movimento	4	3	2	4	4	3	4	5	3	1	4	3	40
Despiste com colisão com veículo imobilizado ou obstáculo		1	1									1	3
Despiste com dispositivo de retenção		2											2

Despiste com fuga		1										1	2
Despiste sem dispositivo de retenção		1			2	3	2		4				12
Queda												1	1
Total Geral	33	31	41	40	33	37	38	25	29	22	33	30	392

Assim como no ano de 2015, no ano de 2016, o ano de 2017 também não apresentou valores relacionados com vítimas mortais. Sendo um indicador tão relevante pelo impacto negativo que representa é de salientar que a zona da Baixa não apresenta fatalidades apesar de apresentar um número elevado e homogéneo de acidentes no período de estudo de 2015 a 2017.

2.4. OS INCIDENTES

Recentemente a Câmara Municipal do Porto (CMP), na sua plataforma informática interna de gestão da mobilidade, desenvolveu um aplicativo no qual é realizado o registo dos condicionamentos de trânsito (programados ou não programados) ocorridos na cidade do Porto. Esta necessidade permitiu construir uma base de dados das diferentes ocorrências que podem impactar a mobilidade, à qual foi associada um sistema alarmístico, que permite em tempo real reportar o início/atualização/conclusão de determinado incidente na via pública às diferentes unidades orgânicas interessadas no universo da CMP. Os condicionamentos de trânsito não programados (acidentes ou incidentes), são registados no Centro de Gestão Integrado do Porto (CGIP), sendo detetados através da visualização das câmaras de vídeo instaladas para a gestão da mobilidade, como também através da comunicação de outras entidades, como sejam internamente o Batalhão Sapadores de Bombeiros, Ambiente, Proteção Civil e Policia Municipal ou externamente a Policia de Segurança Pública.

De facto, esta informação é de extrema relevância para um município nomeadamente para gerir de forma eficiente otimizada os incidentes com o objetivo de diminuir o impacto dos mesmo na circulação viária. Através de uma análise realizada a estudos anteriores, concluiu-se de facto por um lado, da importância deste tema e por outro lado, da dificuldade em obter dados globais sendo mais comum a utilização dos acidentes rodoviários e a sua repercussão na circulação viária nomeadamente através da análise do tráfego. O objetivo principal do estudo presente passou por perceber que características e indicadores estão associadas a um incidente e por fim, conseguir matematicamente chegar a uma relação de atributos de incidentes que consiga calcular ou estimar uma duração para um tipo de incidente. Ter conhecimento do número de incidentes que habitualmente ocorrem bem como da real duração de um incidente é um fator muito importante para avaliar o impacto dos mesmos e consequentemente para a gestão do tráfego por parte das entidades envolvidas. Saber a duração de um incidente permite gerir melhor os meios e recursos a usar e disponibilizar para dar resposta à cobertura de tal acontecimento sejam otimizados tornando mais eficiente o procedimento.

Tal como realizado para os acidentes, apresenta-se a seguir uma breve analise estatística dos incidentes quer ao nível macro, isto é, de toda a cidade, quer ao nível micro, neste caso na zona de estudo já identificada no subcapítulo anterior.

Os dados apresentados são referentes apenas aos incidentes não programados sendo importante salientar que os incidentes programados não foram tratados uma vez que à partida a informação

da duração do incidente é conhecida à partida pela entidade ou entidades responsáveis que fazem um planeamento e gestão da situação.

Todos os dados tratados bem como os atributos relacionados com os mesmos foram extraídos e disponibilizados pela plataforma da Câmara Municipal do Porto. Sendo uma plataforma recente e em constante atualização foi necessário estipular um período de estudo válido e cujo tratamento e análise dos dados fosse exequível no período do presente estudo. O objetivo inicial seria considerar um período temporal com o período de estudo considerado para os acidentes (ano 2015-ano 2017), todavia o registo dos incidentes na plataforma em causa foi iniciado em outubro de 2019. Assim, e apesar da janela de estudo disponibilizada ser desde o mês de outubro de 2019 até ao mês de maio de 2020 considerou-se que a informação remetente aos meses iniciais de 2019 não apresentavam uma informação tão consistente por ter sido o período inicial de funcionamento da plataforma. Estipulou-se então um período compreendido entre 1 de novembro de 2019 e 29 de fevereiro de 2020. Devido aos acontecimentos derivados da pandemia mundial os dados a partir de março não foram avaliados uma vez que não seguiriam a coerência dos meses anteriores uma vez que Portugal entrou em estado de emergência dia 18 de março o que levou a mudança (como já referida anteriormente no subcapítulo 2.3.3) nos indicadores de tráfego.

Observando a Figura 6 conseguimos perceber que em comparação ao número de acidentes, os incidentes estão concentrados em eixos viários e zonas especificas. Este valor é menor devido à seleção que foi feita para extração de dados através da plataforma, de relembrar que esta seleção por não seguir um critério regido pode-se torna-se uma pouco volátil na seleção do polígono de estudo. No período de estudo analisado, e que corresponde ao total de 121 dias, foram registados 628 incidentes na cidade do Porto o que representa 5,2 incidentes por dia. No período analisado para os acidentes, e que corresponde a 1369 dias, foram contabilizados 17626 acidentes o que resulta em média 12,88 acidentes por dia.

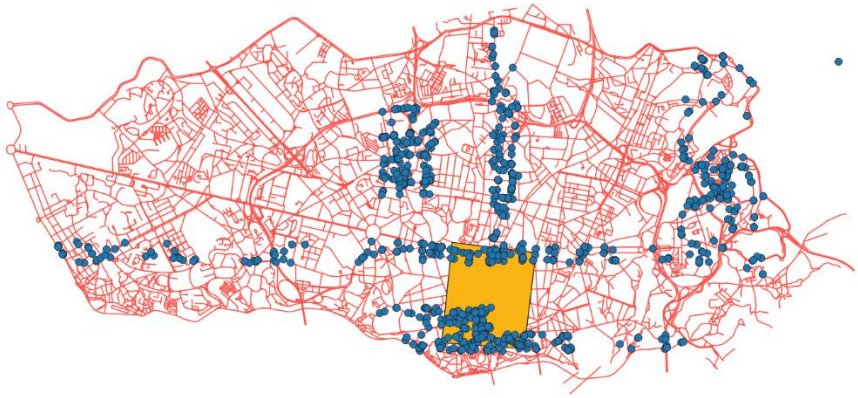


Figura 6 – Distribuição dos incidentes na cidade do Porto (Fonte: QGIS).

Nos dados extraídos da plataforma para *EXCEL* foi possível analisar 10 atributos diferentes que descrevem os incidentes tal como apresentado na Tabela 22.

Tabela 22 – Indicadores dos incidentes.

Condicionamentos não programados- Indicadores
Motivo
Arruamento
Tipo de condicionamento
Data de início
Hora de início
Data de fim
Hora de fim
Duração
Observações (Algumas notas adicionais)
Longitude; Latitude (Localização por coordenadas)

Na análise estatística para a cidade do Porto e para a zona de estudo os indicadores selecionados foram:

- Tipo de condicionamento;
- Data de início do incidente;
- Motivo do incidente;
- Duração do incidente;
- Duração média para cada tipo de condicionamento.

2.4.1. ANÁLISE DE INCIDENTES NA CIDADE DO PORTO

A primeira análise aos dados dos incidentes não programados teve como objetivo conhecer qual o tipo de condicionamento da via mais comum de ocorrer, sabendo que terá influência na circulação viária. Tendo como base a Figura 7, podemos classificar um condicionamento em quatro tipos com a seguinte distribuição de ocorrências:

- Estreitamento- 261 incidentes registados o que corresponde a 41,56% da totalidade de incidentes;
- Ocupação do passeio- 210 incidentes registados o que corresponde a 33,44% da totalidade;
- Corte total- 14 incidentes registados o que corresponde a 2,23% da totalidade de incidentes;
- Estacionamento- 1 incidente registado o que corresponde a 0,16% da totalidade registada
- Outros- Incidentes sem identificação do tipo de condicionamento. Registaram-se 142 incidentes devido a outro tipo de condicionamentos o que corresponde ao terceiro maior peso percentual na totalidade de incidentes com um valor de 22,6%.

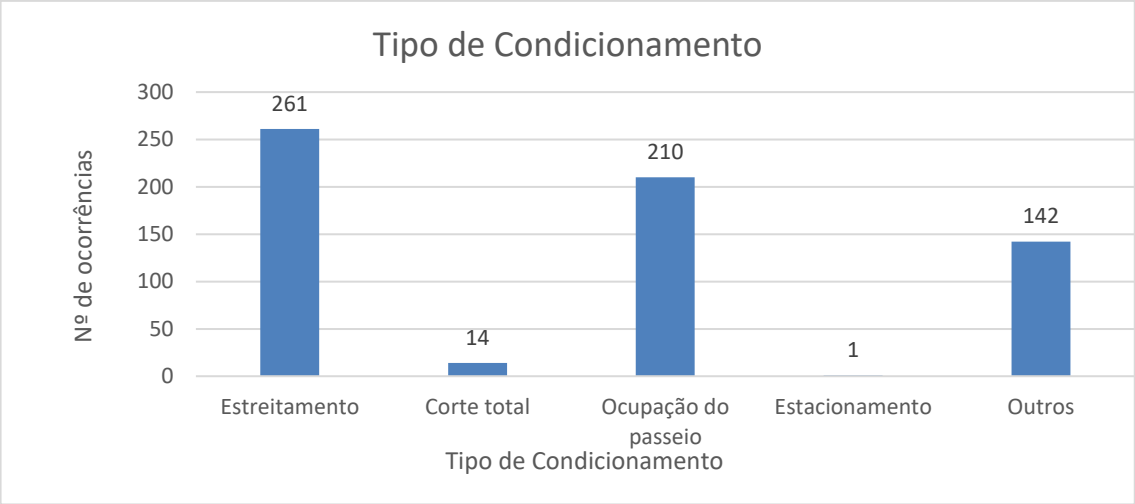


Figura 7 – Tipo de condicionamento.

No período analisado obteve-se a distribuição temporal que consta na Tabela 23. O mês de janeiro apresenta o maior valor de incidentes em que o tipo de condicionamento que mais contribui para este valor foi o estreitamento com 85 incidentes como é possível observar pela Figura 8.

Fevereiro de 2020 corresponde a 29 dias e apresentou 176 incidentes. Pela Figura 8 verifica-se que o estreitamento é o tipo de condicionamento que no mês de fevereiro mais ocorreu (67 incidentes).

Tabela 23 – Número de incidentes por mês.

Mês	Nº de incidentes
nov/19	109
dez/19	132
jan/20	211
fev/20	176
Total	628

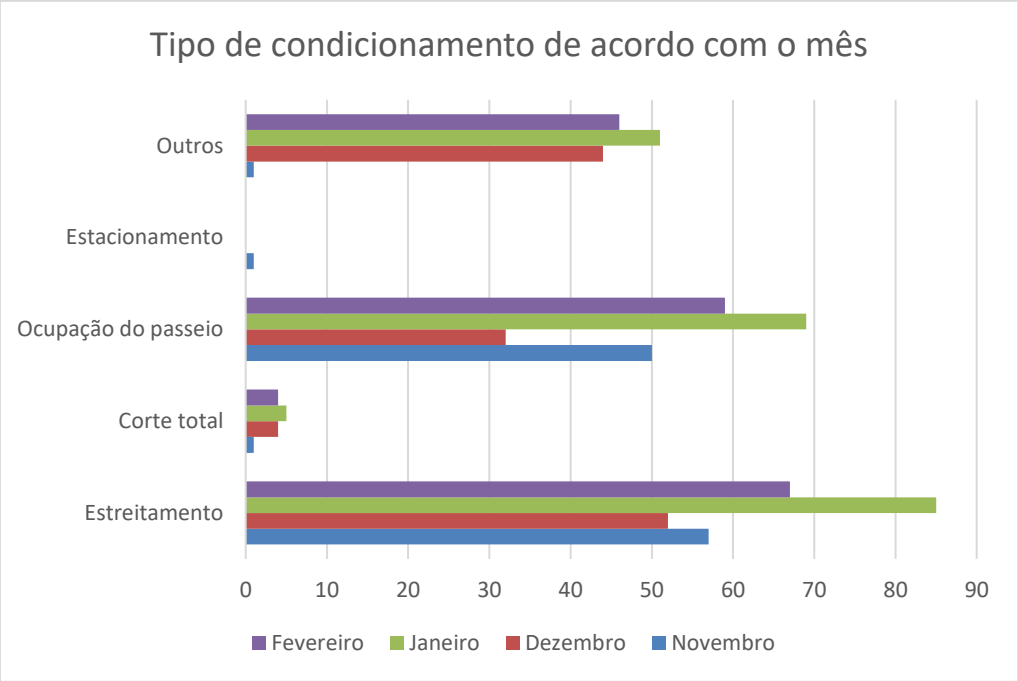


Figura 8 - Número de incidentes de acordo com o tipo de condicionamento e a data de início.

No caso da cidade do Porto estavam em análise 18 diferentes motivos dos incidentes como se pode observar pela Figura 9. Atentado à Figura 10 é percetível que "Outro Motivo", "Avaria de telecomunicações" e "Anomalia de sinalização luminosa" apresentam-se como os 3 motivos com valores registados acima dos 100 incidentes.

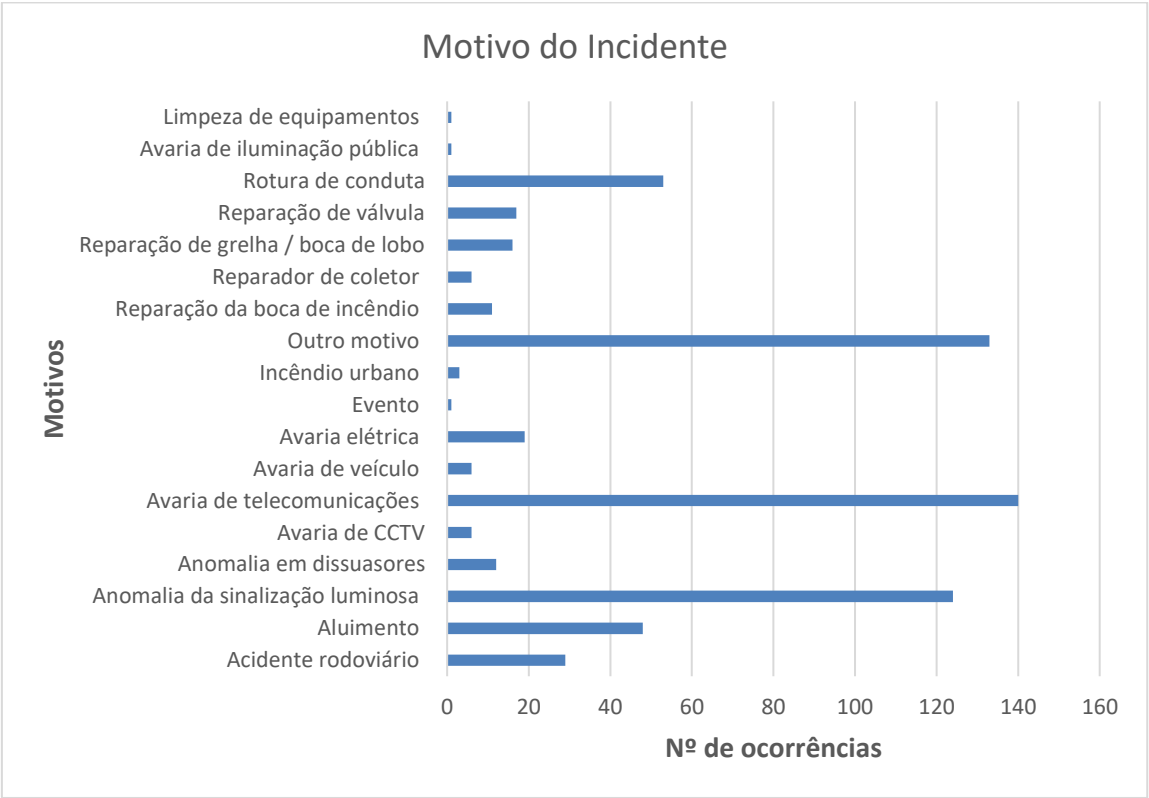


Figura 9 – Motivo do Incidente.

Analisando os incidentes de acordo com os 18 diferentes motivos e os 5 tipos diferentes de condicionamentos expostos na Tabela 24, verifica-se que como seria de esperar 140 incidentes têm como motivo "Avaria de telecomunicações", sendo que 76 dos 140 registam o tipo "estreitamento" como o tipo mais frequente.

Tabela 24 – Motivos dos Incidentes versus Tipos de Condicionamento.

	Tipos de Condicionamentos					
Motivo do Incidente	Corte total	Estacionamento	Estreitamento	Ocupação do passeio	Outros	Total Geral
Acidente rodoviário			29			29
Aluimento			29	19		48
Anomalia de sinalização luminosa					124	124
Anomalia em dissuasores			1		11	12
Avaria de CCTV					6	6
Avaria de iluminação pública				1		1
Avaria de telecomunicações		1	76	63		140
Avaria de veículo	1		5			6
Avaria elétrica			5	14		19
Evento					1	1
Incêndio urbano	1		2			3
Limpeza de equipamentos	1					1
Outro motivo	8		66	59		133
Reparação de boca de incêndio			5	6		11
Reparação de coletor			3	3		6
Reparação de grelha / boca de lobo			10	6		16
Reparação de válvula			8	9		17
Rotura de conduta	3		21	29		53
Sem informação			1	1		2
Total	14	1	261	210	142	628

Numa perspetiva de perceber o impacto que estes motivos têm na duração do incidente fez-se uma análise da duração média de cada motivo percebendo-se que em média têm uma duração de pelo menos 7 horas. Com base na Tabela 25 conclui-se que o motivo "Avaria de iluminação pública" apresenta a duração média mais alta de 14:45 horas, seguida por "Reparação de coletor" com uma duração média de 07:42 horas.

Tabela 25 – Duração média por motivo de incidente na cidade do Porto (horas).

Motivo do Incidente	**Duração média (horas)**
Acidente Rodoviário	07:11
Aluimento	07:14
Anomalia de sinalização luminosa	07:02
Anomalia em dissuasores	07:04
Avaria de CCTV	07:09
Avaria de iluminação pública	14:45
Avaria de telecomunicações	07:11
Avaria de veículo	07:18
Avaria elétrica	07:10
Evento	00:00
Incêndio urbano	07:11
Limpeza de equipamentos	07:30
Outro motivo	07:12
Reparação de boca de incêndio	07:03
Reparação de coletor	07:32
Reparação de grelha / boca de lobo	07:11
Reparação de válvula	07:16
Rotura de conduta	07:15

Para avaliar o impacto destes condicionamentos à circulação, determinou-se a duração média que estes eventos não programados tiveram. Tendo como base a observação da Figura 10 conclui-se que em média quatro dos cinco tipos de condicionamentos têm uma duração superior a 5 horas, sendo o corte total o tipo de condicionamento com uma média superior aos restantes, 6 horas e 19 minutos. Tendo em conta que no corte total todas as vias estão incapacitadas de circulação, pode-se concluir o forte impacto que estes incidentes têm na cidade quer pelo número de ocorrências quer pela sua duração média e consequentemente, a urgência associada a este tipo de condicionamento para normalizar o mais rápido possível o tráfego na via. Por apresentar uma única observação, o "estacionamento" apresenta um valor muito pequeno em comparação aos outros indicadores.

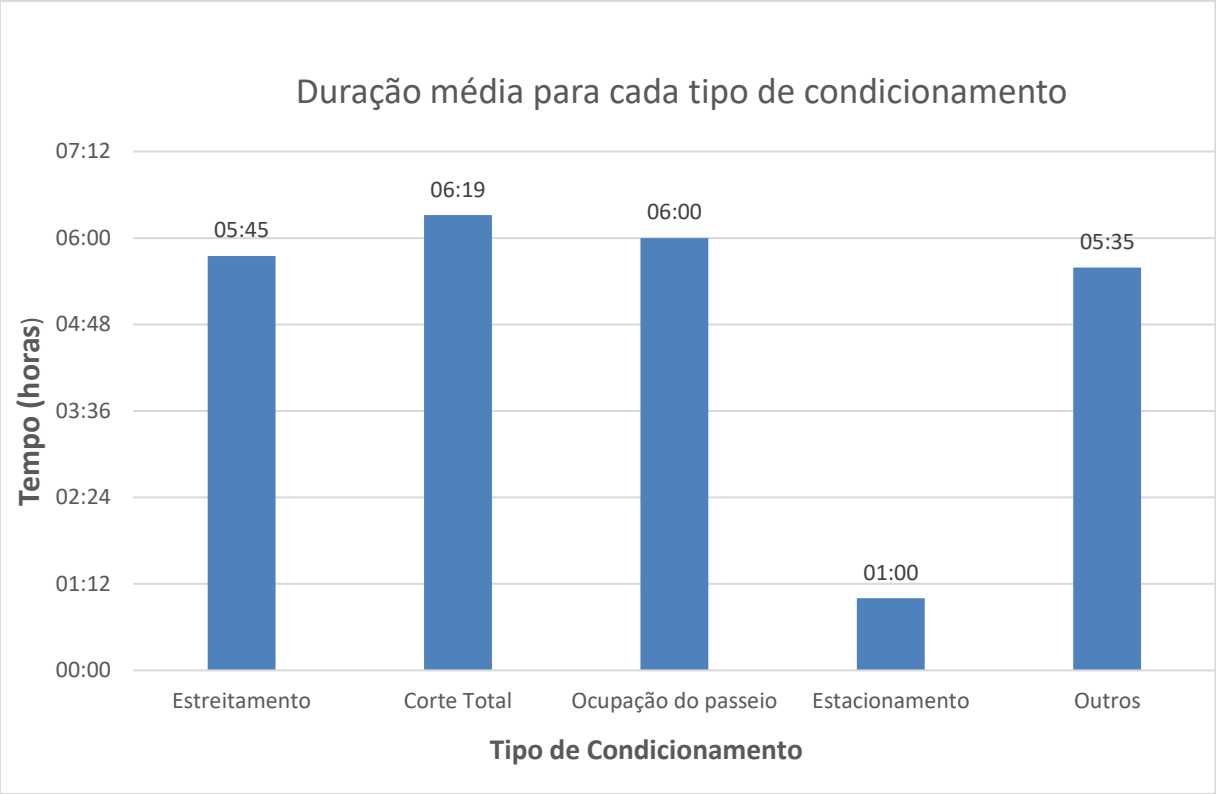


Figura 10 - Duração média para cada tipo de condicionamento (horas).

Numa análise global da duração dos 628 incidentes, dividiu-se a duração em oito intervalos diferentes. Observa-se na Tabela 26 que 258 incidentes apresentam uma duração superior a 8 horas, sendo o valor mais alto com a duração mais alta também. Pela análise destes dados percebe-se a urgência de analisar mais profundamente o impacto que o incidente tem na rede viária bem como prever a duração de um incidente de acordo com as suas características. Esta análise está descrita no capítulo 3 e no capítulo 4, os resultados.

Tabela 26 – Frequência de incidentes por intervalo de duração.

Intervalo de duração	**Nº de incidentes**
[0:30 min]	90
[30 min :1 h]	57
[1h:2h]	47
[2h:4h]	80
[4h:6h]	31
[6h:8h]	42
>8h	258
Sem informação	23

2.4.2. ANÁLISE DE INCIDENTES NA ZONA DE ESTUDO

Neste subcapítulo apresenta-se uma análise do número de incidentes na zona da Baixa já referida anteriormente. Utilizou-se mais uma vez o programa *QGIS* para localizar os incidentes da base de dados fornecida pela plataforma trânsito da Câmara Municipal do Porto obtendo-se a distribuição dos incidentes que consta na Figura 11. Considerando o mesmo polígono referido anteriormente, selecionou-se os incidentes a ser analisados.



Figura 11 – Distribuição dos incidentes na zona de estudo (Fonte: QGIS).

À semelhança do que foi feito na análise dos incidentes ocorridos na cidade do Porto, os indicadores usados para a análise dos incidentes na zona de estudo fixaram-se no tipo de condicionamento, a data de início do incidente, o motivo do incidente, a duração média para cada tipo de condicionamento e por fim a duração do incidente.

Com base na Figura 12, dos 5 tipos de condicionamento em estudo conclui-se que:

- Estreitamento- 121 incidentes registados o que corresponde a 30,71% da totalidade de incidentes;
- Corte total- 15 incidentes registados o que corresponde a 3,69% da totalidade de incidentes;
- Ocupação do passeio-139 incidentes registados o que corresponde a 34,15% da totalidade;
- Estacionamento- 2 incidente registado o que corresponde a 0,49% da totalidade registada;
- Outros-Incidentes sem identificação do tipo de condicionamento. Registaram-se 126 incidentes devido a outro tipo de condicionamentos o que corresponde ao segundo maior peso percentual na totalidade de incidentes com um valor de 30,96%

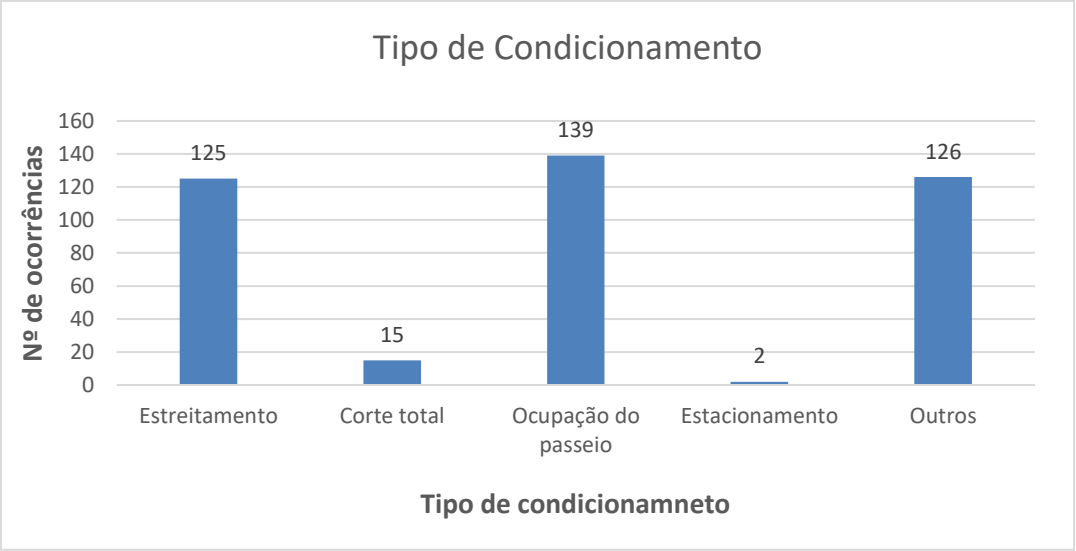


Figura 12 – Tipo de condicionamento.

A partir da Figura 13 e da Tabela 27, e no período de análise dos 121 dias, verificou-se que o mês de janeiro registou o valor mais elevado sendo ao tipo de condicionamento "outros" o mais frequente.

O mês de fevereiro ocupa o segundo lugar com 116 incidentes observados sendo o tipo de condicionamento de maior relevo neste mês "ocupação do passeio".

Tabela 27 – Número de incidentes por mês.

Mês	Nº incidentes
nov/19	68
dez/19	81
jan/20	142
fev/20	116
Total	407

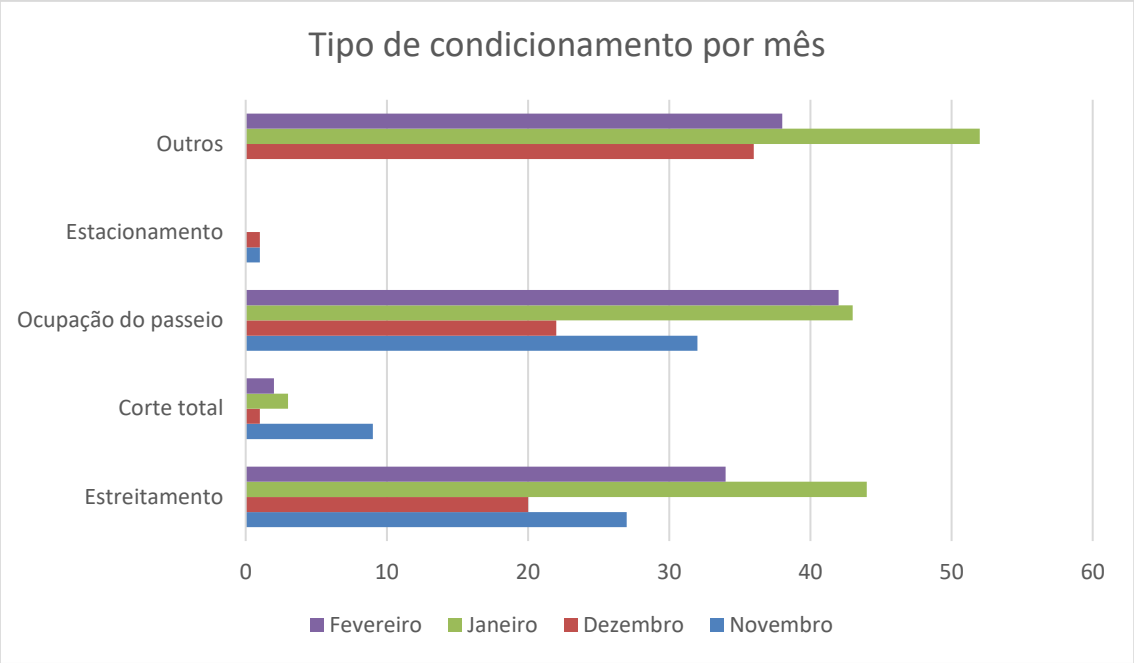


Figura 13 – Número de incidentes de acordo com o tipo de condicionamento e a data de início.

Como já referido e analisado anteriormente para os incidentes referentes à cidade do Porto, foi feito um estudo sobre os motivos que desencadeiam os incidentes na zona de estudo. Perceber quais são os motivos que desencadeiam os incidentes bem como a sua duração média é um dado importante de ser estudado. Cruzou-se as informações do tipo de condicionamento com o motivo para perceber a dinâmica da zona de estudo.

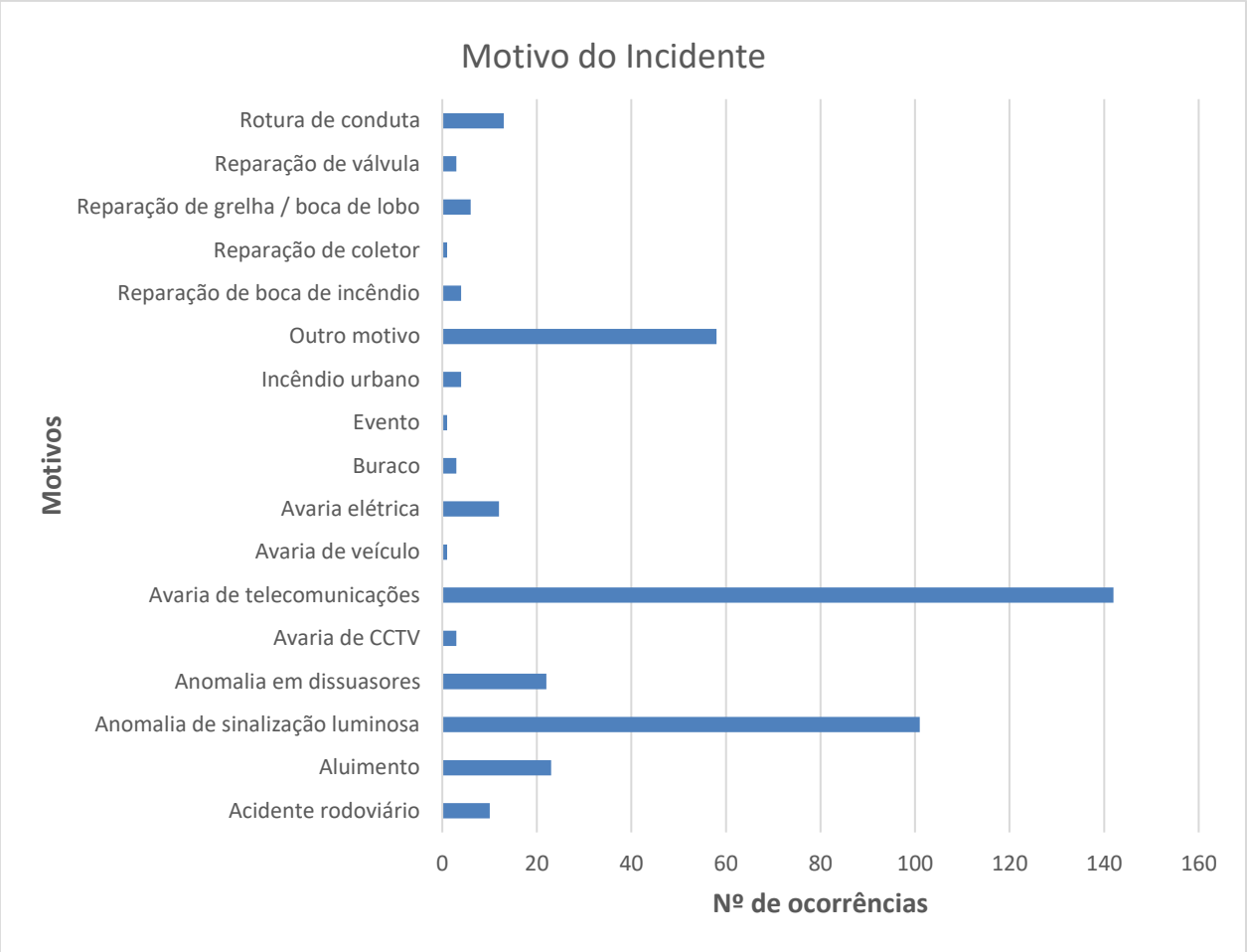


Figura 14 – Motivo do incidente.

Dos 17 motivos exposto na Figura 14 verificou-se que "avaria de telecomunicações" é o motivo que provoca mais incidentes não programados, registando 143 incidentes. "Anomalia da sinalização luminosa" e "outro motivo" aparecem também com valores significativos nos motivos dos incidentes. Fazendo uma comparação aos incidentes da cidade do Porto, verifica-se que os motivos com um maior peso são semelhantes em ambas as situações.

Cruzando os dados dos motivos com os tipos de condicionamentos que desencadeiam os incidentes em estudo verifica-se com suporte na Tabela 28 que 142 dos incidentes tiveram como motivo do incidente "Avaria de telecomunicações" sendo 78 dos casos do tipo "ocupação do passeio.

Tabela 28 – Motivos dos Incidentes versus Tipos de Condicionamento.

	Tipo de Condicionamento					
Motivos do Incidente	Corte total	Estacionamento	Estreitamento	Ocupação do passeio	Outros	Total Geral
Acidente rodoviário	1		9			10
Aluimento	3		12	8		23
Anomalia de sinalização luminosa					101	101
Anomalia em dissuasores			1		21	22
Avaria de CCTV					3	3
Avaria de telecomunicações		1	63	78		142
Avaria de veículo	1					1
Avaria elétrica		1	3	8		12
Buraco			1	2		3
Evento					1	1
Incêndio urbano	3		1			4
Outro motivo	5		25	28		58
Reparação de boca de incêndio				4		4
Reparação de coletor			1			1
Reparação de grelha / boca de lobo			3	3		6
Reparação de válvula			2	1		3
Rotura de conduta	2		4	7		13
Total	15	2	125	139	126	407

Analisando os 17 motivos pela sua duração média com suporte na Tabela 29, conclui-se que o motivo “reparação de coletor” tem a duração média mais alta de 13:07 horas seguida da “rotura de conduta” com uma duração de 05:50h. Em média, os 17 motivos registados na zona de estudo tiveram uma duração de pelo menos 5 horas, um valor mais baixo quando comparado ao valor registado na cidade do Porto de pelo menos 7 horas.

Tabela 29 - Duração média por motivo de incidente na Zona de estudo (horas).

Motivo do Incidente	**Duração média(horas)**
Acidente Rodoviário	05:36
Aluimento	05:43
Anomalia de sinalização luminosa	05:28
Anomalia em dissuasores	05:37
Avaria de CCTV	05:12
Avaria de telecomunicações	05:34
Avaria de veículo	01:54
Avaria elétrica	05:46
Buraco	05:54
Evento	00:00
Incêndio urbano	05:26
Outro motivo	05:38
Reparação de boca de incêndio	05:48
Reparação de coletor	13:07
Reparação de grelha / boca de lobo	05:50
Reparação de válvula	05:44
Rotura de conduta	05:50

Como já anteriormente referido, é relevante conhecer a duração de um incidente pelo impacto que daí advém. Analisou-se ainda a duração média para cada tipo de condicionamento cujos valores apresentam-se na Figura 15. Como se pode constatar, em média os cinco tipos de condicionamento têm uma duração de pelo menos 5 horas. A discrepância de médias entre os 5 tipos é pouco significativa, sendo o estacionamento o tipo de condicionamento que apresenta o maior valor (5 horas e 58 minutos em média) logo de seguida, o corte total com um valor médio de 5 horas e 49 minutos, ou seja, apenas com uma diferença de 9 minutos em relação ao anterior.

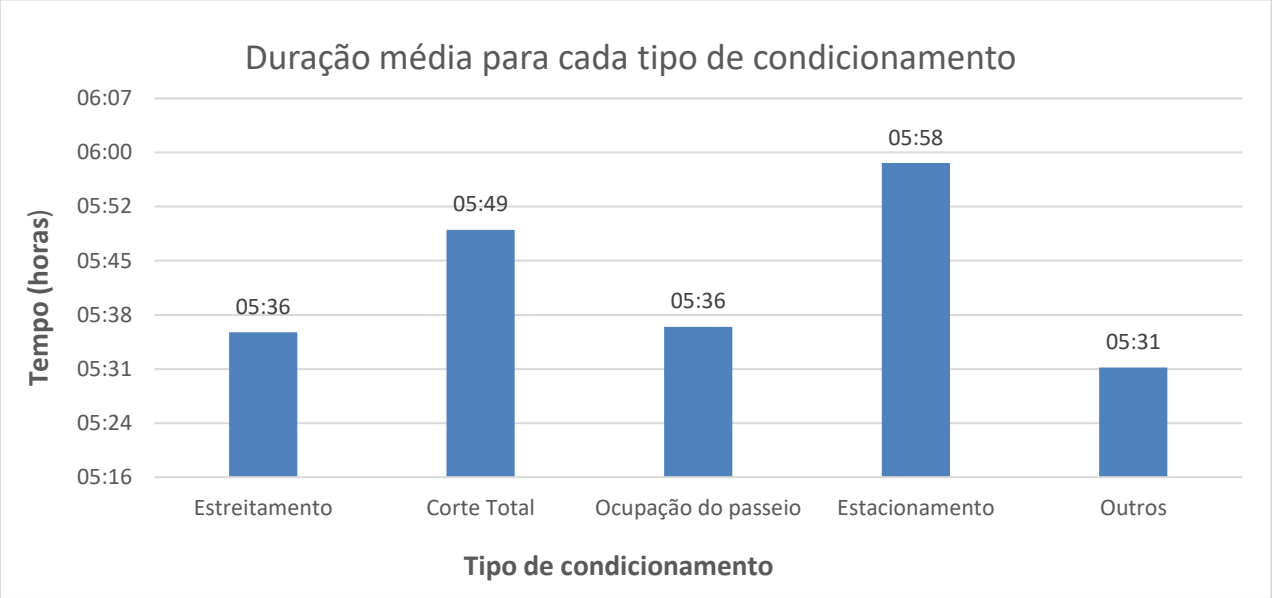


Figura 15 – Duração média de um incidente para cada tipo de condicionamento.

Analisando a duração dos incidentes na sua globalidade, mais de 129 incidentes tiveram uma duração superior a 8 horas como é observado na Tabela 30. Este dado estatístico quando comparado a análise realizada à cidade do Porto é semelhante, e tendo em conta que a amostra para a zona de estudo é menor.

Tabela 30 – Frequência de incidentes por intervalo de duração.

Intervalo de duração	Nº de incidentes
[0:30 min]	50
[30min:1h]	39
[1h:2h]	69
[2h:4h]	87
[4h:6h]	11
[6h:8h]	6
>8h	129
Sem informação	16

A análise comparativa desta zona de estudo com a cidade do Porto, quer dos acidentes quer dos incidentes, exposta na Tabela 31, mostra que a zona de estudo apresenta um número de incidentes muito próximo ao da cidade, embora tendo uma dimensão bastante menor. Já o número de acidentes na zona da Baixa concentra cerca de 9% dos acidentes da cidade. O rácio nº de acidentes com o nº de dias em estudo, da cidade do Porto apresenta um valor superior em relação à zona de estudo tal como seria de esperar dada a dimensão das duas, destacando-se em relação ao rácio nº de incidentes por nº de dias em estudo que neste caso torna-se relativamente próximos nos dois casos.

Tabela 31 – Cidade do Porto vs Zona de estudo.

	Cidade do Porto	Zona de estudo
Nº dados acidentes	14057	1291
Nº dados incidentes	628	407
Nº acidentes/nº de dias	13	1
Nº incidentes/nº de dias	5	3
Período de estudo	Jan 2015-Dez 2017	Nov2019-Fev2020

Esta primeira análise dos dados permite-nos contextualizar a problemática das ocorrências na via pública dando uma nova e ampla visão da situação face a constrangimentos imprevistos e com elevado impacto na circulação do tráfego. Considerando as características de imprevisibilidade e aleatoriedade destas ocorrências torna-se pertinente a realização de uma análise mais robusta e complexa, dando-se assim um passo relevante para a construção de novas ferramentas que possam apoiar e orientar a gestão de ocorrências na cidade do Porto.

2.5. IMPACTO DA PANDEMIA NA MOBILIDADE DA CIDADE DO PORTO

Tendo em conta os acontecimentos recentes relacionados com a pandemia COVID-19 que o mundo atravessa surgiu a curiosidade em perceber o impacto que este acontecimento teve na mobilidade, nomeadamente nos indicadores em foco no presente estudo nomeadamente sinistralidade rodoviária incluindo o número de vítimas mortais bem como o número de acidentes e velocidade comercial do transporte público. No caso da sinistralidade, e com os dados existentes e disponibilizados pela página da internet da ANSR (ASNR, [s.d.]) é possível perceber com uma breve análise o impacto notado a nível de Portugal continental. Atendendo que no dia 19 de março foi declarado estado de emergência, impondo fortes medidas de confinamento que acarretaram significativas reduções no tráfego e na sinistralidade rodoviária, importa compreender a evolução do trimestre até à sua entrada em vigor. Já no primeiro trimestre do ano de 2020 verificou-se uma redução em todos os indicadores de sinistralidade relativamente ao período homólogo de 2019. Segundo a ANSR, o ano de 2019 a nível continental apresentou-se como o ano com os valores mais altos de sinistralidade. Desta forma, no período compreendido entre 1 de janeiro e 18 de março, registaram-se menos 438 acidentes com vítimas (-6,4%), menos 22 mortos (-22%), menos 42 feridos graves (-9,8%) e menos 550 feridos leves (-6,7%) relativamente a idêntico período do ano anterior, reforçando a tendência decrescente verificada nos meses de janeiro e fevereiro de 2020. No que respeita aos dias da semana, sexta-feira foi o dia em que se verificou um maior número de acidentes com vítimas (16,0% do total ocorrido entre janeiro e maio), de vítimas mortais (19,8%) e de feridos leves (15,8%). Já os feridos graves, atingiram valores superiores no domingo, seguido de sexta-feira (20,9% e 16,2% respetivamente). Relativamente ao período homólogo, as reduções mais acentuadas em valor absoluto (gráfico 4) verificaram-se ao sábado: menos 15 mortos (-45,5%) e menos 67 feridos graves (-41,4%).

Já no caso da cidade do Porto, e no período compreendido entre 19 de março de 2020 e 30 de maio de 2020 foram registados 76 acidentes. Dados referentes aos incidentes não programados não foram estudados uma vez que a plataforma usada para o levantamento dessa informação encontrava-se em atualização. Observando a Tabela 32 verifica-se que 18 acidentes dos 76 que corresponde a 23,68% dos acidentes tiveram como natureza "colisão lateral com outro veículo em movimento".

Neste período analisado verificou-se também uma vítima mortal.

Tabela 32 – Dados dos acidentes na cidade do Porto no período de estado de emergência.

Natureza	Nº de acidentes	Nº de vítimas mortais
Atropelamento com fuga	1	
Atropelamento de peões	10	
Colisão choque em cadeia	1	
Colisão com fuga	4	
Colisão com outras situações	15	
Colisão frontal	3	
Colisão lateral com outro veículo em movimento	18	
Colisão traseira com outro veículo em movimento	8	
Despiste com capotamento	1	
Despiste com dispositivo de retenção	2	1
Despiste sem dispositivo de retenção	13	
Total Geral	76	1

Para analisar a velocidade comercial do TP, utilizou-se a base de dados disponibilizada pela CMP e em particular analisou-se dois troços de uma linha de autocarro especifica que circula na zona de estudo já apresentada.

Assim, apresenta-se na Tabela 33 e Tabela 34 valores médios das velocidades comercias da linha 801 para 5 períodos distintos do dia para os meses de março, abril e maio dos anos 2019 e 2020, para comparação. No capítulo 3 é descrito de forma mais pormenorizada esta linha de autocarro bem como os intervalos de tempo associados aos 5 períodos em análise.

Tabela 33 – Valores médios da velocidade comercial da linha 801 no ano de 2019.

Mês	Período_Hora	Velocidade comercial (km/h) – valor médio Troço PRL8-C24A2	Velocidade comercial (km/h) – valor médio Troço PRF2-C24A5
Março	1	13	13
Março	2	10	12
Março	3	8	13
Março	4	13	16
Março	5	13	18
Abril	1	12	13
Abril	2	9	12
Abril	3	8	12
Abril	4	12	16
Abril	5	13	17
Maio	1	12	12
Maio	2	9	12
Maio	3	8	12
Maio	4	12	16
Maio	5	13	17

Tabela 34 – Valores médios da velocidade comercia da linha 801 no ano de 2020.

Mês	Período_Hora	Velocidade comercial (km/h) – valor médio	Velocidade comercial (km/h) – valor médio
		Troço PRL8-C24A2	Troço PRF2-C24A5
Março	1	13	20
Março	2	11	22
Março	3	9	21
Março	4	14	24
Março	5	15	28
Abril	1	15	24
Abril	2	14	24
Abril	3	13	24
Abril	4	16	26
Abril	5	17	27
Maio	1	14	23
Maio	2	11	23
Maio	3	9	22
Maio	4	16	26
Maio	5	16	26

Tendo como suporte a Tabela 33 e Tabela 34 referentes a uma linha em particular, verifica-se que no mesmo período de análise a velocidade comercial aumentou claramente em todos os meses de

2020 analisados em comparação ao de 2019 e nos dois troços apresentados. Estas diferenças resultam da drástica diminuição do tráfego durante o confinamento, o que facilita a circulação dos autocarros e consequentemente um aumento da velocidade comercial.

3
METODOLOGIA

3.1. BASES DE DADOS

Neste capítulo são apresentadas as bases de dados e tratamento de dados necessário para se desenvolver dois estudos específicos de acordo com os objetivos do trabalho: a análise dos fatores que afetam a duração dos incidentes e o impacto dos incidentes e acidentes na velocidade comercial dos autocarros. O primeiro estudo compreende a utilização de uma única base de dados e que corresponde aos registos dos incidentes na cidade do Porto. Esta base de dados com 628 incidentes já foi analisada no capítulo anterior. O estudo da velocidade comercial dos autocarros centrou-se numa zona especifica da cidade que corresponde ao centro histórico também designado de Baixa. Neste estudo foi necessário considerar 3 bases distintas: incidentes, acidentes e velocidades comercial.

O tratamento de dados neste caso, foi direcionado para a criação de duas bases de dados a serem analisadas, resultantes do cruzamento dos dados dos incidentes e velocidade comercial bem como acidentes e velocidade comercial. De notar que as três referidas bases de dados são muito distintas quer em termos dos campos informativos existentes em cada uma, quer em termos de estrutura organizativa, pois cada uma delas foi criada com objetivos muito distintos. Nos dois subcapítulos posteriores, descreve-se como se elaborou as duas bases de dados relativas à velocidade comercial dos autocarros bem como o tratamento de dados necessário para cruzar a informação desta com os acidentes e incidentes. Posteriormente no subcapítulo 3.3, descreve-se a metodologia considerada nos dois estudos tendo como base a aplicação de modelos estatísticos.

Para o estudo da duração dos incidentes, não foi necessário um exaustivo tratamento de dados pois a base de dados disponibilizada já considera as variáveis necessárias para o estudo, sem ser necessário cruzar informação. Por este facto, o presente subcapítulo centra-se apenas no estudo da velocidade comercial com os acidentes e incidentes.

De forma a ser possível cruzar a informação da velocidade comercial com os incidentes e acidentes, foi necessário identificar uma rua que preenchesse os seguintes critérios: de conhecida relevância para a mobilidade da zona da Baixa, com circulação de autocarros não só na rua a selecionar como em ruas envolventes e com um número elevado de incidentes e acidentes.

Atentando aos valores dos incidentes ocorridos nas 71 ruas em estudo da zona da Baixa (ver tabela no Anexo A.1) identificou-se cinco ruas com valores elevados em comparação com as restantes. Destas, destaca-se a rua de Gonçalo Cristóvão que apresenta o valor mais alto do número de incidentes (22). Contudo, optou-se por selecionar a rua Sá da Bandeira com 16 incidentes por melhor corresponder aos critérios acima mencionados. De salientar que esta rua tem uma extensão de cerca de 895 metros (valor aproximado medido no Google Maps), é de sentido único de

circulação e com corredor BUS num troço da rua de 240 metros. Caracteriza-se por ser uma rua com edifícios habitacionais, com serviços, comércio e com pontos turísticos (por exemplo o Mercado do Bolhão) e como tal com uma afluência considerável de veículos, mas também de peões.

Tendo em conta os trajetos das linhas que circulam na zona da Baixa tal como mostra a Figura 16, foi possível identificar as linhas que incluem no seu trajeto a rua de Sá da Bandeira. Adicionalmente, considerou-se a informação contida na base de dados disponibilizada pela Câmara Municipal do Porto relativa aos horários das linhas de transporte público bem como das velocidades comerciais das linhas dos autocarros da STCP (Sociedade de Transportes Coletivos do Porto).

De salientar que na base de dados fornecida, a velocidade comercial de cada linha é apresentada dividida por troços entre paragens específicas, sendo por isso necessário considerar os troços já assim definidos. Igualmente manteve-se a terminologia usada para identificar as paragens e troços a estudar.



Figura 16 – Linhas STCP (Fonte: CMP).

Assim, selecionou-se as seguintes linhas e respetivos troços que se localizam na zona em estudo:

- Linha 801 (ver Figura 17)

Troço Campo 24 de Agosto – Hospital Santo António (via túnel dos Almadas) | C24A5 – HSA1

Troço Praça da Liberdade – Campo 24 de Agosto | PRL8 – C24A2

Tendo como rua de estudo a rua Sá da Bandeira, classificou- se a linha 801 nos seguintes troços como linha principal para o estudo: Cordoaria-S. Pedro da Cova (Campo 24 de Agosto – Hospital Santo António (via túnel dos Almadas) | C24A5 – HSA1; Praça da Liberdade – Campo 24 de Agosto | PRL8 – C24A2). Esta classificou teve em conta o facto destes troços da linha 801 coincidir na sua totalidade ou parcialmente com a rua de Sá da Bandeira.



Figura 17 – Linha 801 Cordoaria- São Pedro da Cova (Fonte: Google Maps).

Para avaliar o impacto dos incidentes na envolvente à rua em estudo, considerou-se ainda a seleção de 4 linhas cujos percursos incluem troços próximos à rua de Sá da Bandeira – 207, 500, 502 e 600.

- Linha 207 (ver Figura 18)

Troço Batalha – Carmo | BTLH1 – CMO

Troço Hospital Santo António – São Bento | HSA – SBNT2



Figura 18 – Linha 207 Campanhã-Mercado da foz (Fonte: Google Maps).

- Linha 500 (ver Figura 19)

Troço São Bento – Ribeira | SBNT – RBRI1

Troço Ribeira – São Bento | RBRI2 – SBNT3



Figura 19 – Linha 500 Praça da liberdade-Matosinhos (Mercado) (Fonte: Google Maps).

- Linha 502 (ver Figura 20)

Troço Firmeza – Carvalhosa | BLFZ1 – CVA1

Troço Cedofeita – Jornal de Notícias | CDF1 – JN4



Figura 20 – Linha 502 Bolhão-Matosinhos (Mercado) (Fonte: Google Maps).

- Linha 600 (ver Figura 21)

Troço Trindade – Lapa | TRD1 – LAPA1

Troço Lapa – Aliados | LAPA2 – AAL1



Figura 21 – Linha 600 Aliados-Maia (Barca) (Fonte: Google Maps).

A base de dados das linhas dos autocarros com a informação da velocidade comercial, considera para cada linha o valor médio da velocidade comercial num determinado mês dividindo por 5 períodos as 24 horas do dia. Os intervalos correspondentes aos 5 períodos de acordo com a definição da STCP apresentam-se descritos na Tabela 35.

Toda a análise inclui exclusivamente os horários diurnos das 5 linhas escolhidas com as suas velocidades comerciais correspondentes, de acordo com a base de dados disponibilizada que não incluía a rede da madrugada que corresponde ao intervalo compreendido entre a 1h da manhã e as 6h da manhã. Embora o período 5 coincide com a rede da madrugada, contudo o intervalo das 21h às 1h da manhã foi estudado fazendo parte ainda do horário diurno das linhas estudadas.

Tabela 35 – Períodos do dia.

Períodos	**Intervalos de Tempo (horas)**
Período 1	[7:30h; 9:30h]
Período 2	[9:30h; 16:30h]
Período 3	[16:30h;19h]
Período4	[19h;21h]; [6h; 7:30h]
Período 5	[21h;6h]

3.2. TRATAMENTO DE DADOS

De forma a cruzar a informação da ocorrência do incidente com a velocidade comercial no período correspondente à duração do incidente, foi necessário analisar caso a caso, a data, hora de início do incidente e sua duração. Desta forma designou-se por período crítico do incidente o período correspondente à duração do incidente deste a hora de início registada até à hora de fim, sendo os restantes períodos do dia designados de não crítico. De notar que os períodos critico e não critico têm ainda em conta a identificação do período do dia e se corresponde ao fim de semana (FS) ou dia da semana (dias úteis – DU), uma vez que os horários da rede de transporte do Porto sofrem um ajustamento ao fim de semana. Numa primeira fase, analisou-se a linha 801 (linha diretamente afetada pelo incidente na Rua de Sá da Bandeira) identificando-se para o período crítico de cada incidente as velocidades comerciais correspondentes aos períodos do dia coincidentes com esse período.

Calculou-se para o período crítico os valores médios e os desvios padrões das velocidades comerciais. Posteriormente, calculou-se para cada um dos 5 períodos do dia, o valor médio e desvio padrão das velocidades comerciais fora do período critico para o mês de ocorrência do incidente. Desta forma, foi possível numa primeira fase realizar uma comparação dos valores médios e desvios padrões com base numa tabela tal como a apresentada no Anexo C.1 para a linha principal. Posteriormente a esta análise de observação e comparação dos valores, os valores médios da velocidade comercial foram utilizados na modelação como variável dependente, tal como descrito mais à frente neste capítulo.

Numa segunda fase, realizou-se o estudo indireto tendo em conta as 4 linhas que circulam na envolvente à mencionada rua. O processo foi idêntico ao do estudo direto, tendo sido criadas tabelas idênticas à apresentada para a linha direta no Anexo C.1. Para a modelação estatística considerou-se apenas 1 linha selecionada aleatoriamente dentro das 4 e que corresponde à linha 502. Esta seleção de apenas uma linha teve como objetivo garantir uma distribuição equitativa entre as linhas direta e indireta. Note-se que pela análise prévia dos valores médios e desvios padrões não se verificou grandes diferenças entre as várias linhas indiretas.

Esta mesma análise foi realizada para os acidentes rodoviários ocorridos na rua de Sá da Bandeira. Contudo, no caso dos acidentes, não há informação da duração, mas apenas a data e hora da ocorrência. Neste caso, considerou-se que a duração do acidente não ultrapassa o tempo correspondente a cada um dos 5 períodos que dividem o dia. Na análise indireta dos acidentes a linha 207 por apresentar lacunas de informação não foi incluída nos cálculos.

No processo de modelação da velocidade comercial para os acidentes, optou-se por se usar para além dos dados da linha principal, os dados de uma só linha indireta tal como no caso dos incidentes.

A Figura 22 uma breve síntese do processo inerente ao tratamento de dados da linha direta e indireta dos acidentes e dos incidentes.

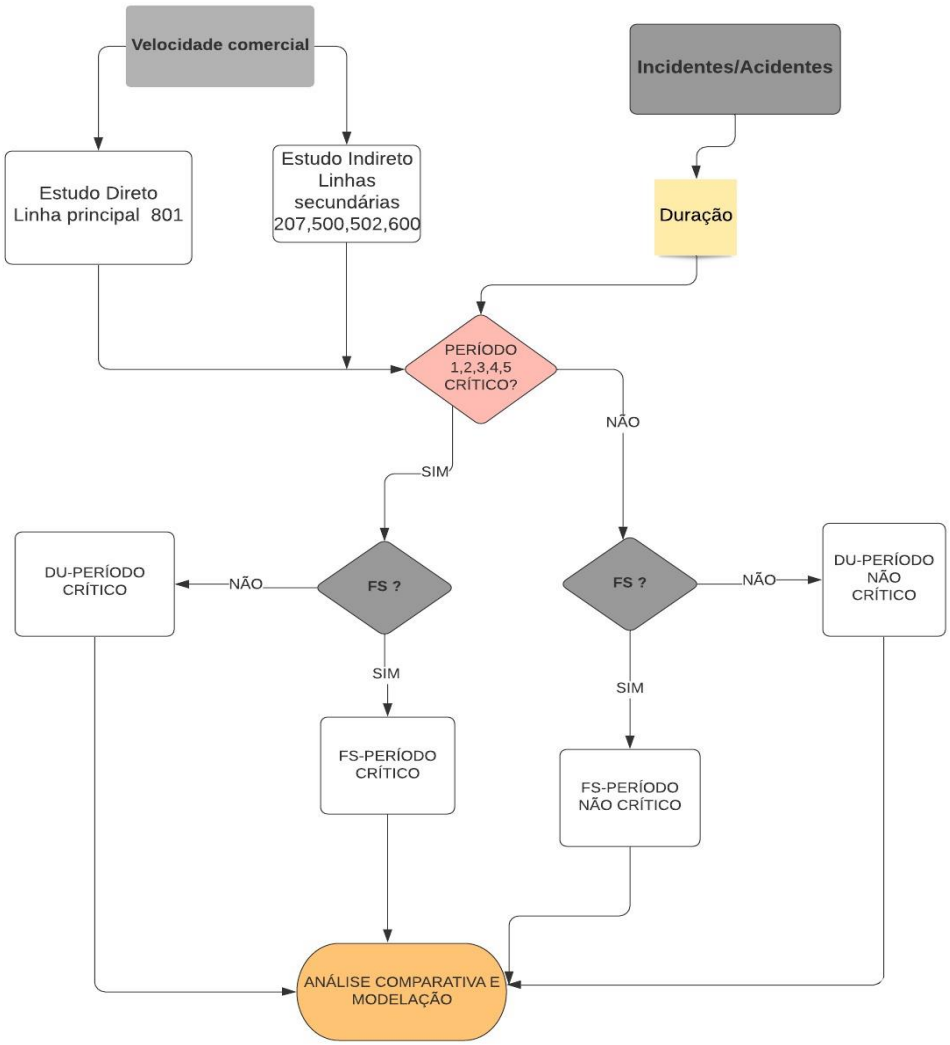


Figura 22 - Fluxograma descritivo do processo de tratamento de dados para o estudo da velocidade comercial.

3.2.1.INCIDENTES

Apresenta-se neste subcapítulo o tratamento de dados relativo aos 16 incidentes localizados na rua Sá da Bandeira. Os 16 incidentes foram descritos de acordo com 7 indicadores e são: a "data de início" (a partir da qual se determinou o mês do ano em que aconteceu o incidente), o "tipo de condicionamento"; o "motivo" do incidente; o "dia da semana"; a "duração do incidente" determinada pela hora de início e hora de fim.

Como se pode ver pela Tabela 36 os incidentes ocorridos na rua de Sá da Bandeira abrangem um intervalo de estudo de dezembro de 2019 a fevereiro de 2020. No ano de 2019 constatou-se que para a rua em estudo ocorreu um único incidente no mês de dezembro.

Tabela 36 – Descrição dos incidentes na rua de Sá da Bandeira.

Incidente	Data de início	Tipo de condicionamento	Motivo	Dia da Semana	Hora de início	Hora de fim	Duração
1	31/12/2019	Estreitamento	Buraco	Terça-feira	00:00:00	19:45:00	19:45
2	07/01/2020	Ocupação do passeio	Avaria de telecomunicações	Terça-feira	04:40:00	05:40:00	01:00
3	16/01/2020	Estreitamento	Avaria de telecomunicações	Quinta-feira	14:00:00	23:15:00	09:15
4	16/01/2020	Estreitamento	Avaria de telecomunicações	Quinta-feira	23:20:00	02:20:00	03:00
5	18/01/2020	Estreitamento	Avaria de telecomunicações	Sábado	14:00:00	00:27:00	10:27
6	23/01/2020	Ocupação do passeio	Outro motivo	Quinta-feira	14:00:00	16:00:00	02:00
7	23/01/2020	Estreitamento	Avaria de telecomunicações	Quinta-feira	19:20:00	22:20:00	03:00
8	05/02/2020	Estreitamento	Avaria de telecomunicações	Quarta-feira	16:00:00	20:00:00	04:00
9	06/02/2020	Ocupação do passeio	Avaria elétrica	Quinta-feira	20:00:00	09:51:00	13:51
10	06/02/2020	Estreitamento	Avaria de telecomunicações	Quinta-feira	16:00:00	20:00:00	04:00
11	18/02/2020	Estreitamento	Avaria de telecomunicações	Terça-feira	16:00:00	20:00:00	04:00
12	20/02/2020	Estreitamento	Avaria de telecomunicações	Quinta-feira	01:20:00	01:54:00	00:34
13	21/02/2020	Estreitamento	Avaria de telecomunicações	Sexta-feira	16:00:00	20:00:00	04:00
14	21/02/2020	Estreitamento	Avaria de telecomunicações	Sexta-feira	18:00:00	18:30:00	00:30
15	26/02/2020	Estreitamento	Outro motivo	Quarta-feira	08:00:00	08:00:00	00:00
16	28/02/2020	Ocupação do passeio	Outro motivo	Sexta-feira	22:00:00	07:00:00	09:00

Nestes 16 incidentes apenas se verificou 2 tipos de condicionamento – estreitamente e ocupação do passeio. O condicionamento por corte total não se verificou, sendo este o condicionante mais impactante na circulação viária.

A Figura 23 mostra que que 75% dos incidentes têm como tipo de condicionamento o estreitamento sendo os restantes 25% de ocupação do passeio.

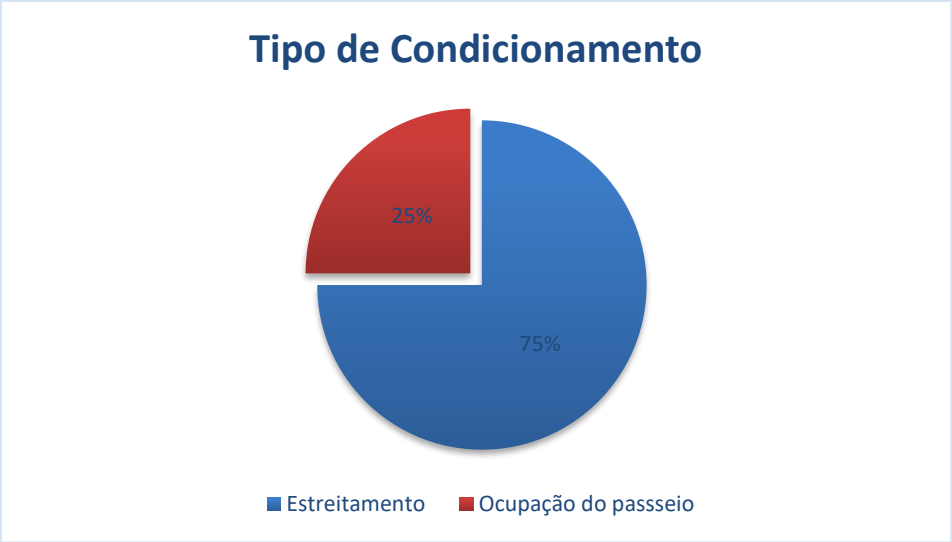


Figura 23 – Tipo de condicionamentos ocorridos na rua de Sá da Bandeira.

Por outro lado, a Figura 24 mostra os diferentes motivos do incidente e sua distribuição por percentagem de ocorrência. Verifica-se que 69% dos incidentes analisados têm como motivo avaria de telecomunicações; buraco e avaria elétrica correspondem cada um a 6% dos casos; os restantes 19% pertencem à categoria outro motivo.



Figura 24 – Motivos dos incidentes ocorridos na rua de Sá da Bandeira.

Com a informação da data e da duração do incidente, através da plataforma *ACCESS* extraiu-se as velocidades comerciais de acordo com o dia em estudo, e em *EXCE*L, filtrou-se o período do dia para assim se obter as respetivas velocidades comerciais correspondentes ao intervalo da duração do incidente definido como período crítico. Note-se que a duração de um incidente pode ultrapassar mais do que um período dos 5 existentes para a velocidade comercial.

Como se pode verificar 3 incidentes ocorreram à noite no período compreendido entre a 1h da manhã e as 6h da manhã. Estes incidentes foram excluídos porque as velocidades comerciais

disponíveis são apenas referentes ao período diurno como já explicado anteriormente não incluindo a rede de madrugada, como tal em análise estiveram os 13 incidentes restantes.

Por outro lado, o incidente 4 tem como hora de início 23:20min, por isso, este incidente está associado só a duas velocidades comerciais em períodos diferentes.

No caso particular do incidente 3, este teve início no correspondente período 2 do dia e devido à longa duração de 9h e 15min (ver Tabela 36), ocupou 4 períodos do dia.

Tendo como suporte a Tabela 36 verifica-se que o incidente 5 teve ativo durante 10horas e 27 minutos, ocupando assim 4 períodos do dia. Este incidente foi o único que ocorreu no fim de semana. Incidentes com menor duração e com hora de início e hora de fim enquadradas no mesmo período do dia como é o caso do incidente 6, no levantamento das velocidades comerciais o seu período crítico corresponde a um único período crítico.

O incidente 7 apesar de apresentar uma duração baixa, comparado a outros incidentes anteriormente descritos, ocorreu na transição de dois períodos do dia o que abrange menos informação, mas dois períodos diferentes. O incidente 8 apresenta uma duração menor comparado outros incidentes em análise, mas ainda assim coincide com 3 períodos do dia diferentes.

O incidente 9 registou hora de início e hora de fim diferentes. As informações das velocidades comerciais relativas ao período noturno da linha em estudo são referentes ao horário compreendido entre a hora de início do incidente e a 1h da manhã. Relativamente ao período diurno as informações das velocidades comerciais são referentes ao período compreendido entre as 7h da manhã e as 13:51h (hora de fim do incidente).

O incidente 10 e o incidente 11 apresentam características iguais quanto ao tipo de condicionamento, motivo do incidente bem como hora de início e hora de fim, contudo ocorreram em dias distintos do mesmo mês. Por este facto, os períodos críticos das velocidades comerciais abrangidos por ambos os incidentes são os mesmos. Contudo, os valores das velocidades comerciais são diferentes o que se justifica pelo dia da semana em que ocorreu cada incidente.

Já o incidente 14, com uma duração de 30 minutos, coincidiu apenas com um período, e que corresponde ao período 3.

O incidente 15 foi excluído da análise por não apresentar duração na medida em que a hora de início coincide com a hora de fim.

Por último, apesar da duração do incidente 16 ser relativamente grande, como a data de início e a data de fim pertencem a dias diferentes quer dizer que parte do incidente esteve ativo no horário noturno da linha estudada. Como já referido anteriormente os dados das velocidades comerciais são exclusivamente do horário diurno.

De lembrar que estas velocidades comerciais correspondem aos dois troços entre paragens da linha 801 de acordo com o descrito anteriormente.

Para o estudo indireto, que incluiu as 4 linhas, e em cada linha dois troços entre paragens de acordo com o descrito anteriormente, considerou-se o mesmo tipo de procedimentos do estudo direto. Ou seja, considerou-se a duração de cada incidente individualmente, cruzou-se este indicador com as informações das velocidades comercias de cada linha a ser tratada obtendo-se as velocidades comerciais para os períodos críticos de cada incidente.

Tal como anteriormente, a duração de alguns incidentes só coincidiu com alguns períodos.

Para o período não crítico, determinou-se valores da velocidade comercial para cada um dos 5 períodos, distinguindo-se ainda o fim de semana, para os diferentes meses em que se registaram

incidentes. Ou seja, para o período não crítico foram calculados 30 valores distintos, para cada um dos troços das 5 linhas, referentes a 5 períodos do dia, para cada um dos 3 meses, distinguindo-se ainda dia da semana ou fim de semana Este período não crítico que inclui FS e DU refere-se aos valores mensais dos meses de dezembro de 2019 e janeiro e fevereiro de 2020. No anexo C.1 encontra-se todos os valores obtidos para as médias e os desvios-padrões das velocidades comerciais dos 13 incidentes em estudo da linha principal.

Através destes dados realizou-se numa primeira fase uma análise de simples comparação dos valores, e posteriormente a aplicação de um modelo estatístico para avaliar o impacto das variáveis descritivas das linhas e do período em análise bem como da presença ou não do incidente na velocidade comercial.

Os dados referentes aos valores das velocidades comerciais da linha principal para o estudo direto nos diferentes períodos analisados individualmente encontram-se em anexo no ANEXO b.1.

3.2.2. ACIDENTES

À semelhança da análise anterior, focada nos incidentes e respetivos períodos críticos para avaliar o impacto que os mesmos podem ter na rede de transporte público, neste subcapítulo pretende-se analisar de igual forma o impacto dos acidentes. Contudo, e ao contrário dos incidentes, o registo dos acidentes compreende apenas a hora de ocorrência do acidente, não sendo por isso possível determinar a duração dos acidentes. Por este facto, considerou-se apenas a hora registada para identificar o respetivo período do dia, assumindo-se que a duração do acidente não ultrapassa esse mesmo período. De referir que os 5 períodos considerados, de acordo com a Tabela 35 anterior, corresponde a intervalos de tempo de 2 horas a 7 horas. Para avaliar o erro associado a este pressuposto, determinou-se quer a média da duração dos acidentes quer o intervalo de duração dos 10 acidentes registados na base de dados dos incidentes.

O valor médio encontrado é de 78 minutos e o valor mínimo é de 6 minutos e o valor máximo de 315 minutos, concluindo-se assim que o eventual erro existente será reduzido uma vez que não se encontra muito longe da realidade da duração do acidente.

A base de dados dos acidentes, tal como referido anteriormente, compreende o período entre janeiro do ano de 2015 e setembro de 2018, sendo 2017 o ano com mais acidentes registados (o ano de 2018 está incompleto) e por essa razão, foi o período selecionado para a análise dos acidentes. Tal como no estudo realizado para os incidentes, o local de estudo é a rua de Sá da Bandeira. Assim, dos 4779 acidentes ocorridos na cidade do Porto no ano 2017, selecionou-se os 18 acidentes ocorridos na rua Sá da Bandeira cujas características estão descritas na Tabela 37.

Tabela 37 – Descrição dos acidentes ocorridos na rua Sá da Bandeira.

Acidente	Data de início	Natureza	Dia da Semana	Hora de início	Período crítico
1	24/03/2017	Colisão outras situações	Sexta-Feira	14:55:00	Período 2
2	27/03/2017	Colisão com fuga	Segunda-Feira	06:35:00	Período 4
3	07/04/2017	Colisão com fuga	Sexta-Feira	15:00:00	Período 2
4	13/04/2017	Colisão lateral com outro veículo em movimento	Quinta-Feira	10:40:00	Período 2
5	25/04/2017	Colisão traseira com outro veículo em movimento	Terça-Feira	18:00:00	Período 3
6	07/05/2017	Colisão lateral com outro veículo em movimento	Domingo	00:30:00	Período 5
7	16/05/2017	Colisão com fuga	Terça-Feira	21:45:00	Período 5
8	19/05/2017	Colisão lateral com outro veículo em movimento	Sexta-Feira	12:20:00	Período 2
9	06/06/2017	Colisão lateral com outro veículo em movimento	Terça-Feira	20:15:00	Período 4
10	07/06/2017	Colisão lateral com outro veículo em movimento	Quarta-Feira	11:20:00	Período 2
11	10/07/2017	Colisão lateral com outro veículo em movimento	Segunda-Feira	09:50:00	Período 2
12	04/09/2017	Despiste sem dispositivo de retenção	Segunda-Feira	01:20:00	Período 5
13	11/09/2017	Despiste sem dispositivo de retenção	Segunda-Feira	04:55:00	Período 5
14	17/09/2017	Colisão outras situações	Domingo	17:25:00	Período 3
15	23/09/2017	Colisão com fuga	Sábado	06:10:00	Período 4
16	02/10/2017	Colisão outras situações	Segunda-Feira	21:15:00	Período 5
17	07/12/2017	Colisão outras situações	Quinta-Feira	22:10:00	Período 5
18	27/12/2017	Colisão lateral com outro veículo em movimento	Quarta-Feira	14:35:00	Período 2

Comparando o número de acidentes com o número de incidentes registados na rua Sá da bandeira, e apesar da base de dados dos acidentes ser relativamente maior que a dos incidentes, a diferença no número de acidentes estudados com o número de incidentes estudados não é muito acentuada (18 acidentes versus 16 incidentes). Dos 18 acidentes em estudo, 39% dos acidentes são do tipo colisão lateral com outro veículo em movimento, tal como mostra a Figura 25 . Este resultado está em consonância com o verificado para toda a cidade do Porto no mesmo ano, em que se registaram 1149 acidentes desta natureza. Salienta-se ainda a percentagem de 22% de acidentes do tipo “Colisão com fuga”.

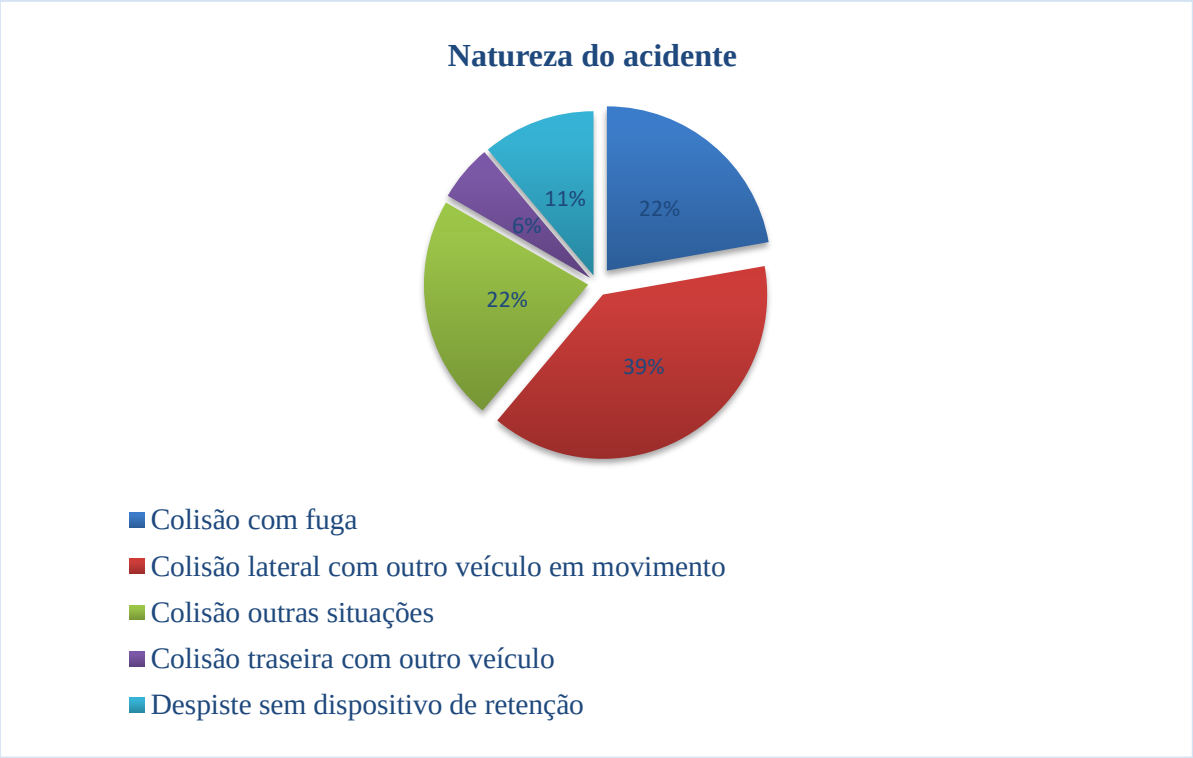


Figura 25 – Natureza dos acidentes ocorridos na rua de Sá da Bandeira.

Seguindo o procedimento usado no tratamento de dados dos incidentes, e de acordo com a Figura 22 a linha diretamente afetada pelos acidentes corresponde à linha 801 - Cordoaria-São Pedro da Cova, mais especificamente aos dois troços entre as paragens já descritas anteriormente.

Na tabela 37 o período critico correspondente a cada acidente está identificado de acordo com um dos 5 períodos existentes para a velocidade comercial. Como anteriormente referido, para o período 5 só foi considerado o intervalo entre as 21h e a 1h da manhã. Para os 18 períodos críticos identificados, calculou-se as médias e os desvios padrões.

Da mesma forma analisou-se as 3 linhas cujos troços identificados correspondem à zona envolvente à rua de Sá da Bandeira, como já referido no estudo dos acidentes retirou-se a linha 207 por falta de informação de dados.

Com base no dia da ocorrência do acidente, fez-se um levantamento de todas as velocidades comercias correspondentes ao período diurno de cada acidente para cada linha. Posteriormente foram calculadas as médias e os desvios padrões referentes aos 5 períodos dos dias correspondentes às 4 linhas em análise para cada sentido, a principal e as 3 secundárias. Sem o indicador "duração", considerou-se mais uma vez um único período critico para cada acidente.

Para calcular a velocidade comercial do período não crítico, que inclui FS e DU, no caso dos acidentes, os valores são determinados separadamente para cada um dos meses coincidentes com a ocorrência dos 18 acidentes e que são: março, abril, maio, junho, julho, setembro, outubro e dezembro do ano de 2017. Ou seja, para o período não crítico foram calculados 80 valores distintos, para cada um dos troços das 5 linhas, referentes a 5 períodos do dia, para cada um dos 8 meses, distinguindo-se ainda dia da semana ou fim de semana.

Com esta informação comparou-se as médias e os desvios padrões calculados para os períodos coincidentes com a ocorrência dos 18 acidentes (período crítico) e para cada linha estudada, com o período não crítico, para se verificar de forma simplificada o impacto na velocidade comercial. Posteriormente, aplicou-se o modelo estatístico descrito a seguir considerando-se diferentes variáveis para melhor aferir o impacto na velocidade comercial.

3.3. MODELOS ESTATÍSTICOS

A duração dos incidentes é um fator importante para aferir da eventual perturbação que os mesmos possam ter na circulação viária de uma rede urbana. Por outro lado, é relevante entender se a duração dos incidentes está relacionada com as características do incidente.

Após uma primeira análise dos valores da duração dos diferentes incidentes, e tendo como suporte uma breve revisão de literatura, avançou-se para a aplicação de um modelo estatístico que possa constituir uma ferramenta útil para analisar a duração dos incidentes e assim dar apoio ao desenvolvimento de procedimentos de gestão de incidentes.

Por outro lado, com o objetivo de avaliar o impacto dos incidentes e acidentes na circulação do transporte público, realizou-se numa primeira fase uma análise comparativa simples entre os valores médios e desvio padrão da velocidade comercial praticada no período coincidente com as ocorrências (período crítico) e no período não crítico, quer na linha coincidente com a rua das ocorrências quer nas 4 linhas que circulam na zona envolvente à rua (ver Anexo C.1 a tabela exemplo da linha direta). Contudo, se em alguns casos as diferenças são relativamente evidentes, na maior parte dos casos é difícil aferir desta forma o impacto. Acresce o facto de não ser possível através desta análise obter quantitativamente a influência não só dos incidentes e acidentes, mas também dos diferentes períodos analisados. Nesse sentido, incluiu-se neste estudo a aplicação de um modelo estatístico que permitisse avaliar de forma mais robusta o impacto na velocidade comercial.

Apresenta-se a seguir os modelos estatísticos aplicados nos dois estudos – duração de incidentes e velocidade comercial.

3.3.1. DURAÇÃO DE INCIDENTES - MODELO DE SOBREVIVÊNCIA

Tendo em conta o impacto da duração dos incidente na circulação viária, vários estudos têm sido realizados para estimar a duração dos incidentes e os fatores que influenciam essa duração (Li, Pereira e Ben-Akiva, 2018). Tal como referido por Li et al (2018), vários centros de controlo de tráfego de grandes cidades e ou vias de elevado tráfego têm um sistema de gestão de incidentes de tráfego, sendo considerado uma ferramenta eficiente para lidar com o impacto dos incidentes nas condições de tráfego. Estes sistemas geram base de dados que permitem facilmente analisar a duração dos incidentes muitas vezes, dividindo a duração total dos incidentes em diferentes fases tais como:

1. Tempo de deteção: tempo entre a ocorrência do acidente e a sua deteção por parte dos agentes de trânsito;
2. Tempo de preparação: período entre o final da fase anterior e a saída dos agentes para o atendimento;
3. Tempo de viagem: tempo de deslocamento dos agentes até o local do acidente;
4. Tempo de atendimento: período necessário para que os agentes libertem a via.

Outros estudos, utilizam variáveis indiretas para determinar a duração dos incidentes, quando não é possível obter este dado por um sistema de registos. As variáveis usadas nesses estudos para determinar a duração dos acidentes são por exemplo: a velocidade média da corrente de tráfego, o fluxo veicular e a densidade. Contudo, estas variáveis foram definidas para determinar a duração de acidentes ocorridos em rodovias de fluxo ininterrupto (por exemplo, vias coletoras, auto-estradas), possivelmente, não sendo adequados para aplicação em acidentes no meio urbano.

Como se pode concluir pelo artigo de revisão de Li et al. (2018), o modelo estatístico mais utilizado para estudar a duração dos incidentes, quer seja nas suas diferentes fases quer seja uma duração estimada, é o modelo de sobrevivência. É o caso também do estudo de (Nam e Mannering, 2000) que aplica este modelo para vários valores de durações correspondentes a diferentes fases do incidente, desde a deteção até ao fim do mesmo.

Contudo, é de salientar que todos estes estudos abordam incidentes de tráfego, isto é, relacionados com veículos - acidentes viários ou avarias de veículos. No presente trabalho, os incidentes não programados incluem também incidentes de tráfego, mas também incidentes relacionados com a via publica, como seja obras ou avarias na sinalização. Apesar desta distinção, trata-se de igual forma do mesmo tipo de variável em estudo, ou seja, duração do incidente. Como tal, selecionou-se o modelo de sobrevivência para o presente estudo.

Este modelo considera a variável dependente como o tempo de duração de determinado evento (valor positivo, contínuo) e correspondente ao período desde que decorreu o início de um evento até ao seu fim. Com este modelo é possível estimar a probabilidade do incidente terminar num determinado no momento e para diferentes cenários.

No presente estudo, a base de dados considerada para a aplicação do modelo, relativa aos 591 incidentes, inclui as variáveis descritas na Tabela 38.

No caso da variável "motivo do incidente", as 591 observações foram agregadas em 7 motivos em vez dos 18 motivos da base de dados original. Esta agregação teve como objetivo reduzir o número de categorias, mas garantindo que estas representassem motivos semelhantes e como tal possam ser analisados e geridos de forma idêntica. As 7 referidas categorias encontram-se detalhadas na Tabela 38 com as respetivas percentagens da distribuição do número de observações bem como a descrição estatística de outras variáveis consideradas no modelo, incluindo a variável dependente – duração dos incidentes.

Tabela 38 - Descrição estatística das variáveis do modelo de sobrevivência para os incidentes.

Variável	Descrição	
Duração incidentes (minutos)	441,3 (média)	366,2 (desvio padrão)
Motivo do incidente	1 – Acidente rodoviário 2 - Aluimento 3 - Anomalias 4 - Avarias 5 - Reparações 6 – Rotura de conduta 7 – Outros motivos	1- 4,91& 2- 7,1% 3- 20% 4- 28,5% 5- 7,8% 6- 9% 7- 22,7%
Tipo de consequência do incidente	1 - Estreitamento 2 -Corte total 3 -Ocupação do passeio 4 -Outros	1- 41,56% 2- 2,23% 3- 33,44% 4- 22,77%
Mês	Novembro 2019 Dezembro 2019 Janeiro 2020 Fevereiro 2020	Novembro de 2019- 18,10% Dezembro 2019- 21,66% Janeiro 2020- 34,01% Fevereiro 2020- 26,23%
Dia da semana	Fim de semana (FS) Dia útil (DU)	7,28% 92,72%
Período do dia	Noite (das 0h às 7h) Dia	27,7 % 72,3 %

No modelo de sobrevivência a variável de duração corresponde ao tempo que decorre até o incidente terminar e é uma variável aleatória contínua T com uma distribuição probabilística contínua f(t), em que t é a realização de T. A probabilidade acumulada é dada pela equação 1:

$$F(t) = \int_0^t f(s)ds = \text{Prob}(T \leq t) \quad (1)$$

A probabilidade de que a variável duração do incidente seja de duração de pelo menos t é dada pela função de sobrevivência:

$$S(t) = 1 - F(t) = Prob(T \geq t) \quad (2)$$

O que leva à função risco condicional:

$$h(t) = \frac{f(t)}{[1 - F(t)]} \quad (3)$$

A fim de incluir os efeitos das variáveis independentes descritas na tabela e que possam afetar a duração, aplicou-se a análise paramétrica de sobrevivência considerando o modelo *accelerated failure time* (AFT). Neste modelo, os efeitos das variáveis independentes anulam a variável duração diretamente na função de sobrevivência de base. A distribuição Weibull foi selecionada

porque pode lidar com valores de risco monotónicas crescentes e decrescentes. Neste tipo de análise, espera-se que a função seja monótona crescente, ou seja, a probabilidade de o fim da duração do evento aumentar ao longo do tempo. A função risco λ(t) é a seguinte (Greene, 2008):

$$\lambda p(\lambda t)^{p-1} \tag{4}$$

Onde λ e p são dois parâmetros conhecidos como o parâmetro de localização e o parâmetro de escala, respetivamente. E a função de sobrevivência S(t) é a seguinte (Greene, 2008):

$$S(t) = \exp(-\lambda t^{p}) \tag{5}$$

Para incorporar a distribuição de Weibull no modelo AFT, a equação de regressão para T é dada por:

$$logT = \beta_0 + \beta X + \sigma\varepsilon \tag{6}$$

onde σ é suposto seguir alguma função de valor extremo tal que T leva à distribuição de Weibull.

3.3.2. Velocidade Comercial - Modelo Linear Generalizado

Através de uma pesquisa bibliográfica realizada na plataforma Scopus da Elsevier, utilizando diferentes palavras chaves relacionadas com transporte público e incidentes, foi possível de verificar que até à data não existem estudos que relacionam o impacto dos incidentes ou acidentes na circulação do transporte público. Na verdade, verificou-se existir estudos que investigam os atrasos do transporte público e outros estudos que analisam incidentes no interior dos autocarros e por isso, de natureza distinta aos incidentes deste trabalho. Assim, dado o caráter inovador do presente estudo, o modelo selecionado baseou-se apenas nas características das variáveis em estudo.

São duas as bases de dados consideradas para o estudo da velocidade comercial – base de dados dos incidentes e dos acidentes. Foi necessário analisar separadamente estes dados, tendo em conta as diferenças nos registos dos incidentes e acidentes gerando por isso, campos muito distintos. A Tabela 39 mostra as variáveis possíveis de considerar neste estudo para o caso da base de dados dos incidentes, com 242 observações.

Tabela 39 - Descrição estatística das variáveis da base de dados velocidade comercial – incidentes.

Variável	Descrição	
Velocidade comercial (km/h)	14,8 (média)	5,0 (desvio padrão)
Mês	Dezembro de 2019 Janeiro de 2020 Fevereiro de 2020	Dezembro de 2019- 23,97% Janeiro de 2020-28,93% Fevereiro de 2020-23,97%
Dia da semana	Fim de semana (FS) Dia útil (DU)	Fim de semana (FS)-27,27% Dia útil (DU)-72,73%
Período do dia	1 2 3 4 5	1- 12,405 2- 22,31% 3- 21,49% 4- 24,79% 5- 19,01%
Zona - Linha e respetivo troço	1 – 801 - PRL8-C24A2 2 – 801 - C24A5-HSA1 3- 502 - BLFZ1-CVA1 4- 502 - CDF1-JN4	1- 25% 2- 25% 3- 25% 4- 25%
Motivo do incidente	1 – Outros 2 – Avarias 3- Sem incidente	1- 12,40% 2- 46,28% 3- 41,32%
Tipo de incidentes	1 – Ocupação do passeio 2 – Estreitamento 3 – Sem incidente	1- 7,44% 2- 51,24% 3- 41,32%

De notar que a variável que identifica a existência ou não de incidente num determinado período (período crítico versus não crítico) é a variável motivo do incidente de forma a incluir não só a presença do incidente, mas também os possíveis efeitos distintos dos diversos motivos. Note-se ainda que neste caso só foram identificados dois motivos dos 7 motivos possíveis, nos incidentes da rua de Sá da Bandeira – avarias e outros.

A base de dados dos acidentes ocorridos na rua de Sá da Bandeira corresponde a 392 observações e cujas variáveis se descrevem na Tabela 40.

Tabela 40 - Descrição estatística das variáveis da base de dados velocidade comercial – acidentes.

Variável	Descrição	
Velocidade comercial (km/h)	16,6 (média)	5,2 (desvio padrão)
Mês	Março de 2017 Abril de 2017 Maio de 2017 Junho de 2017 Julho de 2017 Setembro de 2017 Outubro de 2017 Dezembro de 2017	Março de 2017- 12,24% Abril de 2017- 13,27% Maio de 2017- 13,27% Junho de 2017- 12,24% Julho de 2017- 11,22% Setembro de 2017-14,29% Outubro de 2017-11,22% Dezembro de 2017 -12,24%
Dia da semana	Fim de semana (FS) Dia útil (DU)	43,88% 56,12%
Período do dia	1 2 3 4 5	1- 16,33% 2- 23,47% 3- 18,37% 4- 19,39% 5- 22,45%
Zona- Linha e respetivo troço	1 – 801 - PRL8-C24A2 2 – 801 - C24A5-HSA1 3- 502 - BLFZ1-CVA1 4- 502 - CDF1-JN4	1- 25% 2- 25% 3- 25% 4- 25%
Natureza do acidente	1-Colisão traseira com outro veículo 2-Despiste sem dispositivo de retenção 3-Colisão outras situações 4-Colisão com fuga 5-Colisão lateral com outro veículo em movimento 6-Sem acidente	1- 1,02% 2- 2,04% 3- 4,08% 4- 4,08% 5- 7,14% 6- 81,63%

Neste caso, a variável Natureza do acidente permite distinguir a ocorrência ou não de acidente no período (critico ou não critico, respetivamente) bem como, no caso de ocorrer acidente, o tipo de natureza do mesmo.

Considerando a velocidade comercial como variável dependente e que esta corresponde a valores positivos e contínuos, diferente de zero, selecionou-se o modelo linear generalizado (MLG) com função de ligação logarítmica e distribuição gama cuja relação logarítmica pode ser descrita pela seguinte equação:

$$ln(E(y|x)) = x\beta \text{ or } E(y|x) = exp(x\beta) = \mu(x;\beta) \quad (7)$$

em que E(y|x) corresponde ao valor esperado para um conjunto de variáveis independentes *x*; β é o vetor estimado dos parâmetros e μ é o valor médio das variáveis. Na modelação MLG, a média e a função variância para a variável observada y, condicionada x com a seguinte estrutura geral:

$$var(y|x) = \sigma^2 \upsilon(x) \quad (8)$$

em que para o caso da estrutura gama considera-se $\upsilon(y|x)=k(\mu(x))^2$, e $k>0$; em que σ é o desvio padrão e é proporcional à média $\mu(x;\beta)$. Os parâmetros β são estimados utilizando o método de estimação de máxima verosimilhança.

Este modelo permite analisar o efeito das variáveis independentes na variável dependente assumindo uma relação não linear. De referir que os resultados obtidos por este modelo, e apresentados no capítulo seguinte, foram também comparados com os resultados de um modelo de regressão linear tendo-se verificado que os resultados dos dois modelos remetem para a mesma tendência de efeito das variáveis independentes na velocidade comercial

4
RESULTADOS

4.1. DURAÇÃO DOS INCIDENTES NA CIDADE DO PORTO

A análise da duração dos incidentes com base na modelação estatística permite avaliar os fatores que afetam a duração do incidente, e em particular o motivo que gerou o incidente e o tipo de interferência do incidente na via pública.

Dos 628 incidentes registados na cidade do Porto no período compreendido entre novembro de 2019 e fevereiro de 2020, foram analisados 591 incidentes no modelo de sobrevivência. A redução do número de observações justifica-se devido à falta de informação na caracterização de alguns incidentes, o que os tornou inválidos para análise. Neste modelo, a variável dependente é a duração do incidente e as variáveis explicativas são as descritas anteriormente na Tabela 38 Considerando que as variáveis explicativas são todas categóricas, estas foram transformadas em variáveis binárias (0/1), tendo sido selecionada para cada variável uma categoria de referência, a partir da qual se analisa a influência das restantes categorias.

A categoria de referência selecionada para a aplicação do modelo foi a correspondente à categoria 4 por apresentar um número de observações mais elevado.

Considerando o modelo de sobrevivência apresentado no capítulo 3 e aplicado à referida base de dados dos incidentes na cidade do Porto através do software NLOGIT 5, obteve-se os resultados que constam na Tabela 41.

Tabela 41 – Resultados do modelo de sobrevivência para duração dos incidentes

Variável	Coeficiente estimado	Desvio-padrão	P[Z>z]
Constante	5,39324	0,0530	0,0000
Motivo01	-0,97753	0,14581	0,0000
Motivo02	1,14302	0,31121	0,0002
Motivo03	0,26996	0,07267	0,0002
Motivo05	1,27602	0,42455	0,0027
Motivo06	1,20364	0,41924	0,0041
Motivo07	1,12273	0,17147	0,0000
Sigma (parâmetro auxiliar)	0,87736	0,02569	0,0000
P	1,13979	0,03338	-
Log likelihood function = -849,90213			
Inf.Cr.AIC = 1715,8			

As variáveis que caracterizam os incidentes quanto ao período de ocorrência, mais precisamente, mês, dia da semana e período diurno ou noturno, não apresentaram significância estatística, pelo que foram excluídas do modelo final. Este resultado pode dever-se ao facto de os meses em análise serem próximos e sem grande variação no número de observações. Acresce que,93% e 72% dos incidentes ocorre durante a semana e de dia, respetivamente, não havendo como tal variação nas observações destas variáveis. Por outro lado, e após analisar a matriz de correlações entre as variáveis, verificou-se a existência de valor elevado (acima de 0,5) entre duas categorias das variáveis "tipo de incidente" e "motivo" do incidente. De facto, a presença das duas variáveis no modelo afeta o resultado dessas categorias em relação ao valor obtido separando as variáveis em dois modelos distintos. Neste caso, optou-se por incluir a variável "motivo" por ser a variável que identifica o fator a montante do incidente ao contrário do "tipo de incidente" que descreve a consequência na ocupação da via (a jusante do incidente). Acresce o facto de que apenas a categoria "outros" para a variável "tipo de incidente" mostrou significância estatística, não sendo por isso um resultado muito informativo.

Assim, apenas a variável motivo do incidente foi analisada, considerando-se como categoria de referência o motivo 4, com maior número de observações.

Note-se que o valor estimado para o parâmetro P é positivo representando uma função crescente monotónica, indicando que quanto maior a duração do incidente maior a probabilidade de o incidente terminar mais rapidamente.

Relativamente às diferentes categorias da variável "motivo" e que se revelaram estatisticamente significantes para um nível de confiança de 99%, pode-se aferir o seguinte:

- O motivo 1 (acidente rodoviário) é o único que apresenta um valor negativo do coeficiente estimado, concluindo-se assim que o incidente resultante de um acidente rodoviário reduz a duração do incidente relativamente ao motivo 4 (avarias).
- O motivo 2 (aluimento) e o motivo 7 (outros) apresentam valores estimados positivos e muito semelhantes indicando uma tendência para aumentar a duração do incidente relativamente ao motivo 4 (avarias).

- O motivo 5 (reparações) e o motivo 6 (rotura conduta) apresentam valores estimados positivos e com valores muito semelhantes, indicando a mesma tendência para aumentar a duração do incidente relativamente ao motivo de referência (avarias).
- O motivo 3 (anomalia) apresenta um valor estimado positivo, mas inferior aos valores positivos acima referidos, mantendo a tendência de aumentar a duração em relação ao motivo 4.

Para melhor se aferir da magnitude de cada motivo na probabilidade de duração do incidente apresenta-se a seguir o gráfico da Figura 26. Como se pode verificar, o motivo 1 (acidente rodoviário) apresenta uma clara tendência para diminuir a duração do incidente sendo praticamente nula a probabilidade de ocorrer uma duração acima dos 180 minutos aproximadamente. Os motivos 2, 5, 6 e 7 apresentam probabilidades ao longo do tempo muito idênticas e os motivos 3 e 4 têm probabilidades mais baixas para valores elevados de duração dos incidentes sendo a probabilidade quase nula para valores acima dos 720 e 550 minutos, respetivamente (valores aproximados).

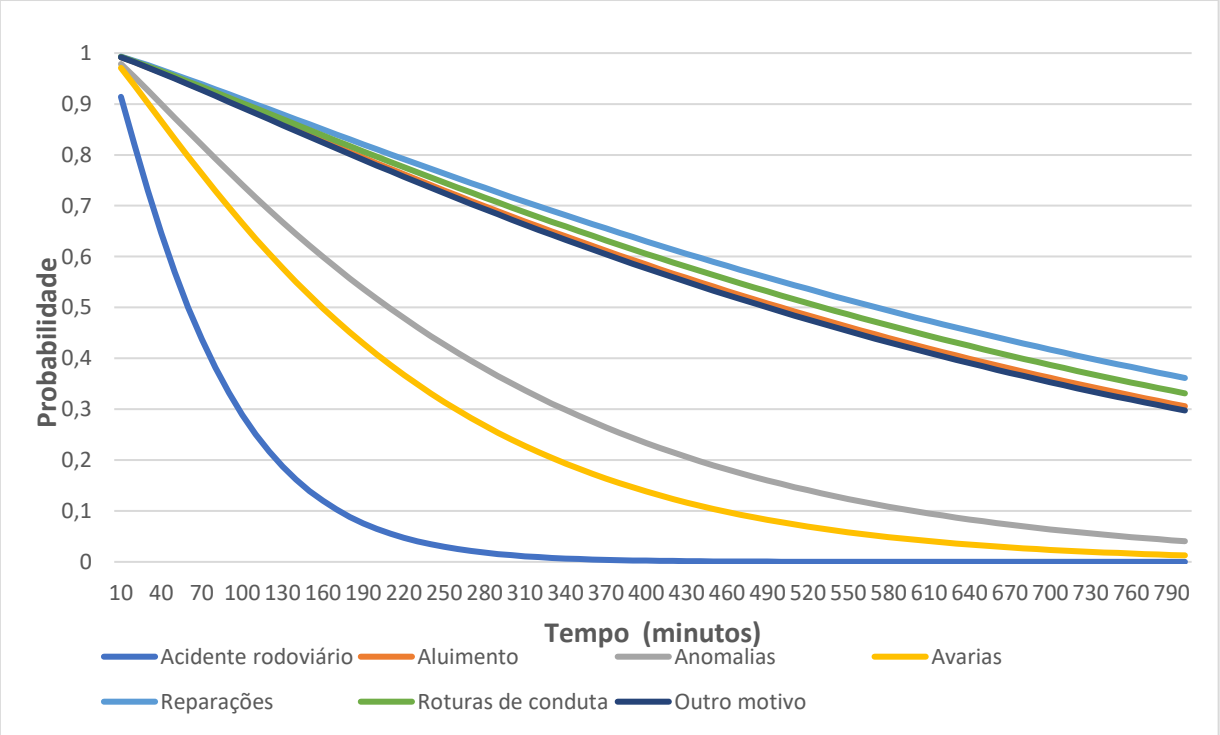


Figura 26 – Probabilidade da duração do incidente ao longo do tempo.

4.2. VELOCIDADE COMERCIAL NA RUA DE SÁ DA BANDEIRA

4.2.1. VELOCIDADE COMERCIAL E OS INCIDENTES

Tendo como base a análise realizada aos incidentes registados na rua Sá da Bandeira, aplicou-se o modelo linear generalizado (MLG) para se analisar o efeito de diferentes varáveis na velocidade comercial das linhas de autocarro em estudo. O foco principal é avaliar o efeito na velocidade comercial da ocorrência de um incidente. Os dados usados são referentes às médias calculados

para dois troços da linha 801, cujo trajeto inclui a rua de Sá da Bandeira e para dois troços da linha 502 que circula na envolvente à mesma rua. A base de dados contém 242 observações, e cuja variável dependente é a velocidade comercial incluindo 5 variáveis explicativas: "mês"; "período do dia"; "dia da semana"; "zona"; "motivo" e "tipo" de incidente ou não incidente. Estas variáveis estão descritas na Tabela 39 no capítulo anterior.

Os resultados obtidos do MLG através do software NLOGIT 5, encontram-se expostos na Tabela 42.

Tabela 42 – Resultados do MLG da velocidade comercial - incidentes.

Variável	Coeficiente estimado	Desvio-padrão	P[Z>z]
Constante	9,18746	0,54723	0,0000
FS (fim de semana)	4,01551	0,60951	0,0000
Período2	-3,26304	0,60827	0,0000
Período3	-4,44247	0,59981	0,0000
Período4	-0,48938	0,63613	0,4417
Período5	1,44327	0,81354	0,0761
Zona02	4,91628	0,49854	0,0000
Zona03	5,46656	0,46110	0,0000
Zona04	8,13560	0,51101	0,0000
Motivo01	3,76084	0,68615	0,0000
Motivo02	1,54366	0,37490	0,0000
Sigma (variância distribuição lognormal)	0,20982	0,01143	0,0000
Função log verosimilhança – 37,11444			
N=242			

Tendo em conta que as variáveis explicativas são todas categóricas, isto é que descrevem diferentes classes de categorias, estas foram transformadas em variáveis binárias (0/1). Posteriormente definiu-se para cada variável categórica uma categoria de referência a partir do qual se compara os valores estimados para as restantes categorias. A categoria de referência selecionada para o motivo do incidente foi o motivo 3 "sem incidente", por apresentar um maior número de observações. Para as restantes variáveis considerou-se a primeira categoria como de referência, porque nestes casos a distribuição dos números de observações é mais homogénea ou até igual. Assim, para o período do dia foi escolhida como categoria de referência o "período 1" que tem como intervalo de duração das 7:30h até as 9:30h da manhã. Para a variável zona selecionou-se a "zona 1" que diz respeito à linha 801 ao troço Praça da liberdade – Campo 24 de Agosto.

Já a variável "mês", que inicialmente foi também incluída no modelo, não apresentou significância estatística e por isso foi excluída do modelo final. Por outro lado, e após analisar a matriz de correlações entre variáveis, verificou-se a existência de valores elevados (acima de 0,5) entre categorias das variáveis "tipo de incidente" e "motivo" do incidente. De facto, a presença das duas variáveis no modelo resulta em valores muito distintos relativamente ao modelo na presença de uma delas, indiciando uma dependência entre as mesmas. Neste caso, optou-se por

incluir a variável "motivo" por ser a variável que identifica o fator a montante do incidente ao contrário do "tipo de incidente" que descreve a consequência na ocupação da via (a jusante do incidente).

Os coeficientes estimados para as variáveis indicadas na Tabela 42 apresentam significância estatística com nível de confiança de 99%, exceto o "período 5" com nível de confiança de 90% e "período 4" que não tem significância estatística.

Observando a tabela com os resultados obtidos é possível aferir do efeito tendencial das variáveis na velocidade comercial:

- A velocidade comercial tende a aumentar ao fim de semana; este resultado era expectável uma vez o que tráfego tem uma redução significativa ao fim de semana;
- Os períodos 2 e 3 apresentam coeficientes estimados negativos, indicando uma tendência decrescente da velocidade comercial nestes períodos relativamente ao período 1; O período 3 apresenta o maior valor estimado negativo , indicando que este período corresponde ao de menores velocidades, o que poderá se justificar pelo período que representa [16:30h ;19h]- período normalmente associado à hora de ponta o que resultará numa diminuição da velocidade comercial esperada; pelo contrário o período 5, que representa o intervalo das 19h à 1h neste estudo , corresponde a um aumento da velocidade comercial em relação ao período 1, o que seria de esperar já que se trata do período noturno associado a pouco tráfego.
- As 3 zonas em análise apresentam valores positivos para dos coeficientes estimados, indicando que no troço/linha que coincide em maior extensão com a rua de Sá da Bandeira (zona 1) os autocarros circulam a menor velocidade do que nas restantes zonas; A "zona 4", que representa o troço Cedofeita - Jornal de Notícias da linha 502, apresenta o valor mais alto do coeficiente estimado, eventualmente porque corresponde à zona mais a periférica à rua estudada;
- Analisando a categoria "motivo", em que o motivo 1 ("outros motivos") e o motivo 2 ("avarias") representam a ocorrência de incidentes relativamente ao motivo 3 "sem incidente", verifica-se valores positivos dos coeficientes estimados; estes resultados apontam para uma tendência crescente da velocidade comercial dos autocarros na presença de um incidente, com destaque para o maior valor associado ao motivo 1.

Os resultados obtidos estão em linha com as expectativas em relação às variáveis de tempo (período da semana e do dia) e espaço (zona de circulação) que caracterizam a velocidade comercial. Contudo, contrariando a hipótese de investigação que orientou este trabalho, a presença de incidentes na rua de Sá da Bandeira afeta a velocidade comercial, mas no sentido contrário, ou seja, aumenta a velocidade comercial.

Este resultado surpreendente pode advir de diversos fatores tais como, características da rua nomeadamente a presença de corredor BUS, sentido único de circulação, efeito dos incidentes no tráfego cuja perturbação favorece a circulação do tráfego para outras vias diminuindo o tráfego na rua Sá da Bandeira.

É de salientar que os resultados obtidos não tiveram em conta a diminuição do corredor Bus consequência das obras existentes no Mercado do Bolhão.

Por outro lado, o facto das zonas estudadas corresponderem a troços de linha muito longos (por exemplo, na zona 1 estão incluídas 5 paragens e na zona 2, 6 paragens), poderá não captar o efeito isolado da presença do incidente, sendo muito difícil, neste caso, aferir que tipos de situações poderiam contribuir para o resultado obtido.

Torna-se assim relevante o estudo a seguir apresentado, considerando o mesmo modelo aplicado à base de dados da velocidade comercial e os acidentes para o mesmo local, mas para um período temporal distinto, para aferir da robustez dos resultados apresentados.

4.2.2. VELOCIDADE COMERCIAL E OS ACIDENTES

Considerando a ocorrência de acidentes na rua Sá da Bandeira, aplicou-se o MLG para se analisar o efeito de diferentes varáveis na velocidade comercial de duas linhas de autocarro. Mais uma vez, o foco principal é avaliar o efeito na velocidade comercial da ocorrência de um acidente. Os dados usados são referentes às médias calculados para dois troços da linha 801, cujo trajeto inclui a rua de Sá da Bandeira e para dois troços da linha 502 que circula na envolvente à mesma rua. A base de dados contém 392 observações, e cuja variável dependente é a velocidade comercial incluindo 5 variáveis explicativas: "mês"; "período do dia"; "dia da semana"; "zona"; "natureza do acidente" que descreve a ocorrência de acidentes de diversas naturezas ou a não ocorrência. Estas variáveis estão descritas na Tabela 40 do capítulo anterior.

Os resultados obtidos do MLG, através do software NLOGIT 5, são apresentados na Tabela 43.

Tabela 43 – Resultados do MLG da velocidade comercial - acidentes.

Variável	Coeficiente estimado	Desvio-padrão	P[Z>z]
Constante	11,1540	0,20360	0,0000
FS	2,14420	0,15740	0,0000
Período2	-2,33013	0,27415	0,0000
Período3	-3,55756	0,20596	0,0000
Período4	0,39933	0, 31286	0,2018
Período5	1,93417	0,2670	0,0000
Zona02	2,04037	0,16185	0,0000
Zona03	7,87076	0,24783	0,0000
Zona04	10,5969	0,52477	0,0000
Natureza01	1,57232	0,66226	0,0176
Natureza02	2,45144	0,72458	0,0007
Natureza03	0,97291	0,35114	0,0056
Natureza04	0,40911	0,50012	0,4133
Natureza05	-0,70536	0,27651	0,0107
Sigma (variância distribuição lognormal)	0,10736	0,00427	0,000
Log likelihood function – 319,66848; N= 392			

Como já referido anteriormente, as variáveis categóricas foram transformadas em variáveis binárias (0/1), tendo-se selecionado uma categoria de referência para cada variável, a partir do qual se compara os valores estimados para as restantes categorias. Para a variável "zona", a

categoria de referência selecionada foi a "zona 1" que pertence à linha 801 e que abrange o troço Praça da liberdade-Campo 24 de Agosto e para o período do dia, a categoria "período 1" (7:30h até as 9:30h). No caso da "natureza do acidente", a natureza 6 (sem acidente) foi considerada como categoria de referência por apresentar maior número de observações.

A variável "mês" foi inicialmente incluída no modelo, mas como não apresentou significância estatística foi excluída do modelo final. Os coeficientes estimados para as variáveis indicadas na Tabela 43 , apresentam significância estatística com nível de confiança de 99%, exceto "natureza 1" com nível de confiança de 95% e "natureza 4" e "período 4" que não têm significância estatística.

Pela análise da tabela é possível aferir do efeito tendencial das variáveis na velocidade comercial:

- O valor positivo estimado para o coeficiente da variável do dia da semana indica um aumento da velocidade comercial durante o período de FS;
- Dos períodos do dia analisados, os períodos 2 e 3 apresentaram coeficientes estimados negativos, o que indica uma tendência decrescente da velocidade comercial em relação ao período 1, sendo que o período 3 apresenta um valor negativo maior indicando o período de menores velocidades; pelo contrário o período 5 (das 19h à 1h,) apresenta um valor positivo do coeficiente estimado indicando um aumento da velocidade comercial em relação ao período 1, o que seria de esperar já que se trata do período noturno associado a pouco tráfego.
- Na análise da influência da zona de estudo e tendo como categoria de referência a "zona 1", verifica-se que as 3 zonas em estudo apresentam coeficientes positivos o que revela uma tendência crescente da velocidade comercial, sendo que a "zona 4" [linha 502 troço Cedofeita-Jornal de Notícias] apresenta o coeficiente mais elevado o que poderá justificar-se uma vez mais por se tratar de uma linha localizada na periferia da rua de Sá da Bandeira;
- Por último, analisando as diferentes naturezas envolvidas nos acidentes, e tendo como referência a não ocorrência de acidente, a "natureza 5" -acidentes por colisão lateral" apresenta um coeficiente negativo o que representa uma diminuição da velocidade comercial quando ocorre um acidente desta natureza; contudo, todas as restantes categorias da natureza dos acidentes apresentam valores estimados positivos indicando uma tendência crescente da velocidade comercial na presença de acidente destas naturezas;

Os resultados obtidos estão em consonância com os obtidos na análise anterior relativa aos incidentes, pelo menos no que diz respeito às variáveis em comum, ou seja, aquelas que caracterizam a velocidade comercial no espaço e no tempo. Quanto à presença do acidente em determinado período do dia, apenas quando ocorre acidentes por colisão lateral, verifica-se um impacto negativo na velocidade comercial. A ocorrência dos acidentes de outras naturezas, e tal como nos incidentes, estão associados a um aumento da velocidade comercial dos autocarros, contrariando mais uma vez as expectativas.

De notar que a aplicação de outros modelos estatísticos, nomeadamente de regressão linear, apresentaram a mesma tendência crescente das velocidades comerciais.

À semelhança dos incidentes, estes resultados podem-se justificar devido ao facto de se estar a analisar uma rua com uma via Bus e de sentido único, o que poderá facilitar a circulação do transporte coletivo, com elevada presença de movimento pedonal. Por outro lado, os troços das

linhas analisadas são bastante longos o que poderá captar outros efeitos adicionais à ocorrência de acidentes e incidentes que enviesem uma análise do tipo aqui apresentada.

Em suma, as duas bases de dados, que reportam ocorrências distintas e em períodos diferentes, apresentaram resultados muito consistentes para todas as variáveis em análise. Contudo, é relevante que esta análise seja alargada a outras zonas eventualmente com características distintas do local aqui estudado, para se aferir da possibilidade de existir características especificas que influenciem os resultados obtidos. No caso particular dos incidentes, o período temporal analisado deverá também ser alargado. Contudo, é de esperar que a analise dos efeitos destas ocorrências no volume de tráfego a circular na zona em estudo poderá mostrar outro tipo de efeito contrário à velocidade comercial que possa ajudar a compreender o fenómeno.

5
CONCLUSÕES E INVESTIGAÇÕES FUTURAS

A presente dissertação teve como objetivo perceber o impacto das ocorrências na circulação viária da rede da cidade do Porto. Este tipo de estudos é de extrema importância para melhor se gerir as ocorrências e consequentemente garantir uma melhor qualidade nos vários indicadores de mobilidade.

A cidade do Porto como se concluiu está em constante crescimento e desenvolvimento, apresentando valores de sinistralidade preocupantes. Por outro lado, e apesar do período de tempo em analise ser reduzido, o número de incidentes não programados é elevado.

Neste estudo, e tendo em conta o objetivo principal, considerou-se duas análises principais nomeadamente, o estudo da duração dos incidentes e o efeito dos acidentes e incidentes não programados no transporte coletivo mais especificamente na velocidade comercial.

A duração dos incidentes teve como área de estudo toda a rede da cidade do Porto. Desta análise, baseada na aplicação do modelo estatístico sobrevivência, concluiu-se que quando analisada as variáveis que caracterizam os incidentes referentes ao período de ocorrência, mais precisamente, mês, dia da semana e período diurno ou noturno, não apresentaram significância estatística o que levou a não ser estudado no modelo final. Foram analisados 7 motivos variados onde se conclui que o motivo 1 (acidente rodoviário) apresentou uma clara tendência para diminuir a duração do incidente tendo-se mesmo verificado que é quase nula a probabilidade de ocorrer uma duração acima dos 180 minutos aproximadamente. No que se refere aos motivos 2 (aluimento), 5 (reparações), 6 (rotura de conduta) e 7 (outros motivos) estes apresentaram probabilidades ao longo do tempo bastante semelhantes e os motivos 3 (anomalias) e 4 (avarias) têm probabilidades mais baixas para valores elevados de duração dos incidentes sendo a probabilidade quase nula para valores acima dos 720 e 550 minutos, respetivamente (valores aproximados).

O impacto dos acidentes e incidentes no transporte publico centrou-se na rua de Sá da Bandeira situada na zona histórica da cidade, onde se verificou uma elevada concentração deste tipo de ocorrências a par de um elevado número de linhas de autocarro a circular. Considerou-se a análise de duas linhas de autocarro, uma que circula na rua em estudo (linha direta) e outra que circula nas imediações (linha indireta). Na análise dos resultados do impacto que estas ocorrências têm na velocidade comercial do transporte público, realizada através do modelo linear generalizado, conclui-se que em ambas o fator "fim de semana" levou a um aumento deste indicador tal como seria de esperar; na análise dos períodos dos dias verificou-se também que o período 3 apresentou o maior valor estimado negativo, indicando que este período corresponde menores velocidades, o que poderá se justificar pelo período que representa [16:30h ;19h] - período normalmente associado à hora de ponta o que resultará numa diminuição da velocidade comercial esperada. Nos restantes indicadores estudados, para o indicador "zona" os resultados apresentam

coeficientes estimados positivos o que mostra que nas zonas periféricas na ocorrência de um acidente ou incidente a velocidade comercial tende a aumentar , para o indicador "motivo" os resultados não foram os esperados uma vez que todos os tipos de motivos de incidentes apresentaram coeficientes positivos o que revela uma tendência crescente da velocidade comercial na presença do incidente.

Na análise do impacto dos acidentes estudou-se ainda a "natureza" do acidente e qual o efeito que tem junto da velocidade comercial concluindo-se que a "natureza 5" -acidentes por colisão lateral" apresenta um coeficiente negativo, o que representa uma diminuição da velocidade comercial quando ocorre um acidente desta natureza; contudo, todas as restantes categorias da natureza dos acidentes apresentam valores estimados positivos indicando uma tendência crescente da velocidade comercial na presença de acidente destas naturezas.

Como se pode concluir, os resultados obtidos não são os esperados uma vez que apresentam valores que levam a afirmar que na existência de um acidente bem como de um incidente é de esperar que a velocidade comercial aumente. Estes resultados podem ser explicados pelo facto de na rua Sá da Bandeira existir corredor Bus, o que por si permite maior fluidez na circulação, e eventualmente as ocorrências localizarem-se fora deste corredor. Outro ponto importante a referir é que no estudo realizado não foi incluído a análise do volume de tráfego. O estudo deste indicador de mobilidade pode de facto mostrar que embora o transporte publico não é afetado, o transporte individual fica condicionado.

Estudos neste âmbito são muito relevantes e como tal, dar uma continuidade a este estudo ou estudos semelhantes trazem imensas vantagens para a Cidade do Porto, bem como para outro tipo de Cidades.

Numa futura continuação deste trabalho sugere-se alargar a análise para outras zonas em particular zonas com ruas sem corredor Bus. Será necessário escolher uma rua com mais do que uma linha principal e com uma boa cobertura de rede de transporte público na periferia.

Por outro lado, incluir o tráfego pedonal bem como o volume de tráfego aumenta o número de variáveis em estudo o que pode ser deveras vantajoso.

A janela de estudo fixou-se no ano de 2017 para os acidentes e no mês de novembro de 2019 até fevereiro de 2020 para os incidentes o que significou uma base de estudo relativamente pequena para a análise de uma rua. Sugere-se por isso, aumentar o tempo de estudo.

Finalmente, o estudo da duração dos incidentes na rede da cidade deve ser alargado também a um período de tempo maior e eventualmente, incluir uma variável que caracterize o local da ocorrência (por exemplo, a classificação viária). Esta análise é relevante para apoiar a gestão de incidentes bem como alimentar informação nos estudos de tráfego por exemplo, através de modelos de simulação.

Atualmente, é cada vez mais fácil aceder a informação pormenorizada e de qualidade. A informação aliada a programas com este tipo de capacidades, permite a recriação ao mais alto detalhe de situações reais de tráfego. Através disso, é possível obter estudos e análises muito interessantes. O estudo de tráfego é uma ferramenta poderosa e cada vez mais crucial no planeamento da mobilidade de uma cidade, pelo que é aqui que reside o futuro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASNR - Relatório Março 2020

GREENE, William - Econometric Analysis. Macmillan Publishing Company. 7:2008).

JORGE, Beatriz - Turismo: Porto e Norte bate recorde de turistas em 2019 [Em linha], atual. 2020. [Consult. 29 jul. 2020]. Disponível em WWW:<URL:https://jpn.up.pt/2020/02/20/turismo-porto-e-norte-bate-recorde-de-turistas-em-2019/>.

LI, Ruimin; PEREIRA, Francisco C.; BEN-AKIVA, Moshe E. - Overview of traffic incident duration analysis and prediction. European Transport Research Review. . ISSN 18668887. 10:2 (2018) 1–13. doi: 10.1186/s12544-018-0300-1.

NAM, Doohee; MANNERING, Fred - An exploratory hazard-based analysis of highway incident duration. Transportation Research Part A: Policy and Practice. . ISSN 09658564. 34:2 (2000) 85–102. doi: 10.1016/S0965-8564(98)00065-2.

PIRES DA COSTA, Américo Henrique - Manual do Planeamento de Acessibilidades e Transportes: Transportes Públicos. 2008).

PORTO., News - Porto elected European City of the Year by The Urbanism Awards 2020 [Em linha], atual. 2019. [Consult. 27 jul. 2020]. Disponível em WWW:<URL:http://www.porto.pt/noticias/the-urbanism-awards-2020-announce-porto-as-european-city-of-the-year>.

PORTO., O. Portal De Notícias Do - NÚMEROS HISTÓRICOS Porto voltou em 2017 a ganhar residentes após 40 anos de perdas que levaram 100 mil a deixar a cidade [Em linha] Disponível em WWW:<URL:http://www.porto.pt/noticias/numeros-historicos-porto-voltou-em-2017-a-ganhar-residentes-apos-40-anos-de-perdas-que-levaram-100-mil-a-deixar-a-cidade>.

PORTO., O. Portal De Notícias Do - Porto foi eleita a cidade da Europa mais interessante para visitar em 2019 [Em linha], atual. 2018. [Consult. 29 jul. 2020]. Disponível em WWW:<URL:http://www.porto.pt/noticias/porto-foi-eleita-a-cidade-da-europa-mais-interessante-para-visitar-em-2019>.

PÚBLICO - Porto eleito melhor destino europeu de 2017 [Em linha], atual. 2017. [Consult. 29 jul. 2020]. Disponível em WWW:<URL:https://www.publico.pt/2017/02/10/local/noticia/porto-eleito-melhor-destino-eurupeu-de-2017-1761590>.

RODOVIÁRIA, Autoridade Nacional Segurança - Vítimas a 24h distrito do Porto Dez 2017

RODOVIÁRIA, Autoridade Nacional Segurança - Vítimas a 30 dias distrito do Porto dez 2017

RODOVIÁRIA, Autoridade Nacional Segurança - Vítimas a 30 dias distrito Porto dez2018

RODOVIÁRIA, Autoridade Nacional Segurança - Vítimas a 24h distrito do Porto dez2018

STCP - Relatório e contas STCP. [s.d.]).

Greene, W. H. (2008). Econometric Analysis (Sixth Edition ed.). New Jersey: Pearson International Edition.

ANEXOS

ANEXO A.1 ARRUAMENTOS

Tabela 44 – Arruamentos.

	Arruamentos	**Nº de incidentes**
1	Avenida dos Aliados	7
2	Bairro Herculano	1
3	Becos de Passos Manuel	3
4	Largo de Mompilher	1
5	Largo dos Lóios	1
6	Praça da Batalha	9
7	Praça da Liberdade	4
8	Praça da República	6
9	Praça de Almeida Garrett	3
10	Praça de Carlos Alberto	4
11	Praça de D, Filipa de Lencastre	3
12	Praça de D, João I	1
13	Praça de Gomes Teixeira	4
14	Praça de Guilherme Gomes Fernandes	2
15	Praça de Parada Leitão	1
16	Praça dos Poveiros	3
17	Rua da Alegria	6
18	Rua da Conceição	2
19	Rua da Fábrica	7
20	Rua da Firmeza	3
21	Rua da Madeira	2
22	Rua da Picaria	1
23	Rua da Trindade	1
24	Rua da Vitória	1
25	Rua das Carmelitas	3
26	Rua das Carvalheiras	1
27	Rua das Flores	2
28	Rua de 31 de Janeiro	6
29	Rua de Alexandre Herculano	5

30	Rua de Alferes Malheiro	1
31	Rua de Álvares Cabral	2
32	Rua de Camões	4
33	Rua de Cândido dos Reis	3
34	Rua de Cedofeita	1
35	Rua de Ceuta	2
36	Rua de Cimo de Vila	1
37	Rua de Elísio de Melo	3
38	Rua de Entreparedes	6
39	Rua de Fernandes Tomás	9
40	Rua de Gonçalo Cristóvão	22
41	Rua de Guedes de Azevedo	1
42	Rua de José Falcão	1
43	Rua de Mouzinho da Silveira	1
44	Rua de Passos Manuel	15
45	Rua de Ramalho Ortigão	3
46	Rua de Rodrigues Sampaio	1
47	Rua de Sá da Bandeira	16
48	Rua de Sampaio Bruno	1
49	Rua de Santa Catarina	15
50	Rua de Santa Teresa	1
51	Rua de Santo Ildefonso	6
52	Rua de Trás	2
53	Rua do Almada	9
54	Rua do Ateneu Comercial do Porto	3
55	Rua do Bolhão	3
56	Rua do Bonjardim	16
57	Rua do Campinho	2
58	Rua do Carmo	1
59	Rua do Cativo	2
60	Rua do Clube dos Fenianos	1
61	Rua do Conde de Vizela	1

62	Rua do Dr, Alfredo de Magalhães	1
63	Rua do Dr, António de Sousa Macedo	1
64	Rua do Dr, Artur de Magalhães Basto	2
65	Rua do Dr, Ricardo Jorge	2
66	Rua do Duque de Loulé	4
67	Rua do Estevão	1
68	Rua do General Silveira	1
69	Rua do Loureiro	3
70	Rua dos Bragas	1
71	Rua dos Clérigos	3
72	Rua dos Mártires da Liberdade	4
73	Rua Formosa	7
74	Travessa de Cimo de Vila	1
75	Outros	128
		407

ANEXO B.1 ESTUDO DIRETO-VELOCIDADES COMERCIAIS

Linha 801-Cordoaria-São Pedro da cova

Tabela 45 - Velocidades comerciais no período crítico do incidente 1 [km/h].

Incidente 1	PRL8-C24A2	C24A5-HSA1	Período
	17,19		4
	14,6		4
		19,05	4
	20,65		4
		16,15	4
	15,58		4
		14,46	4
	19,55		4
		18,57	1
	16,32		1
		15,21	1
	15,16		1
		15,02	1
		14,88	1
	10,71		1
	10,98		1
		13,32	1
	10,89		2
		14,61	2
	10,56		2
		14,13	2
	10,47		2
		13,13	2
	6,8		2
		9,27	2
		12,3	2
	6,47		2
	11,48		2
		9,74	2
		12,12	2
	4,79		2
	6,11		2
		11,92	2
		14,67	2
	7,74		2
	7,81		2
		12,76	2
	11,08		2
		14,31	2
		15,86	2
	8,36		2

8,79		2
	13,94	2
9,57		2
	11,89	2
	10,6	2
6,32		2
6,83		2
	12,1	2
	14,16	2
6,17		2
7,6		3
	12,21	3
	14,67	3
5,52		3
	16,34	3
	17,61	3
8,89		3
	19,89	4
11,06		4
	19,23	4
9,5		4

Tabela 46 – Velocidades comerciais no período crítico do incidente 3 [km/h].

Incidente 3	**PRL8-C24A2**	**C24A5-HSA1**	**Período**
		14,11	2
	8,71		2
		11,97	2
	11,4		2
		13,07	2
	8,21		2
		10,69	2
		11,63	2
	5,48		2
		13	2
	5,78		2
		11,37	2
	6,81		2
		12,06	3
	6,51		3
		12,84	3

7,88		3
	13,7	3
5,61		3
	13,37	3
6,07		3
	11,83	3
	13,73	3
5,98		3
	14,33	3
6,51		3
6,85		3
	12,6	3
	11,12	3
5,25		3
5,71		3
	16,24	3
7,82		4
	17,57	4
	15,33	4
7,56		4
10,64		4
	14,28	4
9,1		4
	15,21	4
15,97		4
	18	4
10,51		4
	21,12	4
10,41		4
11,1		5
	14,75	5
	18,62	5
12,85		5
	16,41	5
11,9		5
	17,24	5
12,01		5

Tabela 47 - Velocidades comerciais no período crítico do incidente 4 [km/h].

Incidente 4	PRL8-C24A2	C24A5-HSA1	Período
		18,74	5
	11,48		5
		13,77	1
	16,01		1

Tabela 48 - Velocidades comerciais no período crítico do incidente 5 [km/h].

Incidente 5	PRL8-C24A2	C24A5-HSA1	Período
	11,63		2
		13,3	2
	11,58		2
		12,82	2
		15,54	2
	8,54		2
		16,15	2
	10,14		2
		13,24	2
	7,75		2
		11,92	2
		12,39	3
	7,18		3
	9,3		3
		14,43	3
	11,1		3
		12,32	3
	10,24		3
		11,29	3
		9,98	3
	7,75		3
	8,79		3
		11,53	4
		17,92	4
	10,14		4
	15,67		4
		16,51	4
	11,06		4
		14,53	4
	10,22		4
		12,17	4
		15,38	5
	11,42		5

	14,56	5
14,4		5
	17,39	5
11,35		5
	18,49	5
11,96		5
	15,62	5
12,69		5
	15,93	5

Tabela 49 - Velocidades comerciais no período crítico do incidente 6 [km/h].

Incidente 6	PRL8-C24A2	C24A5-HSA1	Período
	8,74		2
		13,28	2
	8,63		2
		13,96	2
	6,94		2
		12,24	2
		14,18	2
	7,86		2
		11,75	2

Tabela 50 - Velocidades comerciais no período crítico do incidente 7 [km/h].

Incidente 7	PRL8-C24A2	C24A5-HSA1	Período
		16,18	4
	6,77		4
		18,34	4
	8,58		4
		14,85	4
	9,11		4
	7,5		4
		19,89	4
	12,69		4
	12,88		5
		16,95	5
		16,78	5
	10,49		5
		20,28	5

Tabela 51 - Velocidades comerciais no período crítico do incidente 8 [km/h].

Incidente 8	PRL8-C24A2	C24A5-HSA1	Período
	7,92		2
		11,87	2
	6,81		2
	7,92		3
		12,26	3
	6,43		3
		13,24	3
	6,06		3
	5,37		3
		11,65	3
	5,68		3
		13,13	3
	6,43		3
		15,47	3
	7,14		3
		13,54	3
		13,26	3
	5,47		3
	6,08		3
		13,91	3
	6,29		3
		11,94	3
		16,74	4
	7,58		4
		15,8	4
	5,61		4
	6,83		4
		20,7	4
		13,64	4
	8,65		4

Tabela 52 - Velocidades comerciais no período crítico do incidente 9 [km/h].

Incidente 9	PRL8-C24A2	C24A5-HSA1	Período
		12,6	4
	10,78		4
		18,74	4
	11,37		4
		22,34	4
	14,12		4
		20,8	5
	12,01		5
		24,41	5
	18,49		5
		17,06	5
	12,21		5
		17,54	5
	13,53		5
		14,36	5
	13,01		5
		14,75	5
	15,12		5
	16,37		4
	17,49		4
		18,83	4
	21,6		4
		16,57	4
		18,83	4
	18,29		4
		15,18	4
	14,69		4
		14,11	1
	16,69		1
		13,64	1
	12,63		1
		14,67	1
	11,25		1
		11,85	1
	12,3		1
		13,52	1
	13,15		1
		12,37	1
	11,1		1
		12,01	1
		12,56	1
		12,66	1

10,3		1
	12,69	1
	15,36	1
10,1		1

Tabela 53 - Velocidades comerciais no período crítico do incidente 10 [km/h].

Incidente 10	PRL8-C24A2	C24A5-HSA1	Período
	7,87		2
		12,08	2
		12,06	3
	6,36		3
	6,04		3
		15,68	3
	8,54		3
		13,28	3
	5,48		3
	5,79		3
		9,88	3
		9,11	3
		8,87	3
	5,67		3
		13,22	3
		15,36	3
	5,81		3
	7,16		3
	5,78		3
	7,85		4
		12,96	4
		14,43	4
		15,38	4
		15,5	4
	8,94		4
	6,7		4
	9,31		4
		15,24	4
	7,73		4

Tabela 54 - Velocidades comerciais no período crítico do incidente 11 [km/h].

Incidente 11	PRL8-C24A2	C24A5-HSA1	Período
	7,08		2
		14,96	2
	5,19		2
	6,31		3
		11,48	3
	5,9		3
	5,63		3
		13,94	3
		11,11	3
		13,07	3
	5,33		3
	5,25		3
		9,12	3
	6,98		3
		15,33	3
		15,74	3
	6,25		3
	4,45		3
		12,17	3
	4,51		3
		14,83	3
	4,73		3
		12,1	4
	5,63		4
	5,38		4
	5,8		4
		4,29	4
	12,36		4

Tabela 55 - Velocidades comerciais no período crítico do incidente 13 [km/h].

Incidente 13	PRL8-C24A2	C24A5-HSA1	Período
	6,23		2
		13,13	2
	5,41		2
		11,34	3
	6,52		3
		11,19	3
	7,84		3
		10,77	3
	5,32		3
		12,3	3

	13,11	3
3,61		3
	10,63	3
4,12		3
	11,29	3
3,37		3
	10,23	3
	10,13	4
	11,73	4
3,5		4
4,84		4
4,21		4
	15,77	4
4,64		4
5,19		4
	15,44	4

Tabela 56 - Velocidades comerciais no período crítico do incidente 14 [km/h].

Incidente 14	PRL8-C24A2	C24A5-HSA1	Período
		13,11	3
	3,61		3
		10,63	3

Tabela 57 - Velocidades comerciais no período crítico do incidente 16[km/h].

Incidente 16	PRL8-C24A2	C24A5-HSA1	Período
		15,83	5
	12,04		5
		12,98	5
	11,63		5
		12,94	5
	8,73		5
		12,86	5
	9,98		5
	11,63		5
	15,48		4
		16,15	4

ANEXO C.1 ESTUDO DIRETO- MÉDIAS E DESVIOS PADRÕES

Linha 801-Cordoaria-São Pedro da cova

Tabela 58 – Médias e desvios padrões das velocidades comerciais do incidente 1.

Incidente 1	**Período Crítico**	**Média PRL8-C24A2**	**Desvio Padrão PRL8-C24A2**	**Média C24A5-HSA1**	**Desvio Padrão C24A5-HSA1**		
	Período 1	13,2925	2,867651478	15,4	1,925240245		
	Período 2	8,249411765	2,092628343	12,79470588	1,818554088		
	Período 3	7,336666667	1,700362706	15,2075	2,332986284		
	Período 4	15,44714286	4,128993882	17,756	2,33687398		
	Período 5	0	0	0	0		
	Período Não Crítico FS	**MédiaDePRL8-C24A2**	**DesvPDePRL8-C24A2**	**ContarDePRL8-C24A2**	**MédiaDeC24A5-HSA1**	**DesvPDeC24A5-HSA1**	**ContarDeC24A5-HSA1**
	Período 1	14,98744186	2,643905925	43	16,3445	2,635592621	40
	Período 2	9,239512195	3,558714737	123	13,23867188	3,146093033	128
	Período 3	6,328787879	2,698820063	33	9,766216216	4,569941254	37
	Período 4	11,12677966	4,521465066	59	13,82595745	4,01893489	47
	Período 5	12,07423077	2,731037543	52	16,35782609	3,586027151	46
	Período Não Crítico DU	**MédiaDePRL8-C24A2**	**DesvPDePRL8-C24A2**	**ContarDePRL8-C24A2**	**MédiaDeC24A5-HSA1**	**DesvPDeC24A5-HSA1**	**ContarDeC24A5-HSA1**
	Período 1	12,31	2,307022251	121	13,4293865	1,976688118	163
	Período 2	7,537192429	2,34158215	317	11,89460606	2,08041716	330
	Período 3	5,299591837	1,763917215	147	11,52593103	2,194549908	145
	Período 4	11,70685345	5,108422043	232	15,58125683	2,575553297	183
	Período 5	11,98317757	2,617432343	107	16,87307692	2,91488849	104

Tabela 59 - Médias e desvios padrões das velocidades comerciais do incidente 3.

Incidente 3	**Período Crítico**	**Média PRL8-C24A2**	**Desvio Padrão PRL8-C24A2**	**Média C24A5-HSA1**	**Desvio Padrão C24A5-HSA1**		
	Período 1	0		0			
	Período 2	7,51		11,8			
	Período 3	6,07		13,105			
	Período 4	10,41		16,45			
	Período 5	11,955		16,825			
	Período Não Crítico FS	**MédiaDePRL8-C24A2**	**DesvPDePRL8-C24A2**	**ContarDePRL8-C24A2**	**MédiaDeC24A5-HSA1**	**DesvPDeC24A5-HSA1**	**ContarDeC24A5-HSA1**
	Período 1	15,64424242	3,041938147	33	16,4478125	2,090137724	32
	Período 2	11,37293651	2,735907621	126	14,60106061	2,222110014	132
	Período 3	8,641914894	2,252629998	47	13,3344898	2,580260857	49
	Período 4	13,27833333	3,486321925	54	16,24254902	2,586547385	51
	Período 5	12,79117647	2,148691366	51	16,59612245	2,659846343	49
	Período Não Crítico DU	**MédiaDePRL8-C24A2**	**DesvPDePRL8-C24A2**	**ContarDePRL8-C24A2**	**MédiaDeC24A5-HSA1**	**DesvPDeC24A5-HSA1**	**ContarDeC24A5-HSA1**
	Período 1	12,00546099	2,027332334	141	13,16026882	1,995670566	186
	Período 2	8,815419162	1,814801581	334	12,48751351	1,880687553	370
	Período 3	6,357190476	1,275538056	210	13,08472637	1,921571765	201
	Período 4	12,05283525	4,496298778	261	15,72586667	2,434534144	225
	Período 5	13,18062992	2,289956937	127	17,01789916	2,583900899	119

Tabela 60 - Médias e desvios padrões das velocidades comerciais do incidente 4.

Incidente 4	**Período Crítico**	**Média PRL8-C24A2**	**Desvio Padrão PRL8-C24A2**	**Média C24A5-HSA1**	**Desvio Padrão C24A5-HSA1**		
	Período 1	16,01	0	13,77	0		
	Período 2	0	0	0	0		
	Período 3	0	0	0	0		
	Período 4	0	0	0	0		
	Período 5	11,48	0	18,74	0		
	Período Não Crítico FS	**MédiaDePRL8-C24A2**	**DesvPDePRL8-C24A2**	**ContarDePRL8-C24A2**	**MédiaDeC24A5-HSA1**	**DesvPDeC24A5-HSA1**	**ContarDeC24A5-HSA1**
	Período 1	15,64424242	3,041938147	33	16,4478125	2,090137724	32
	Período 2	11,37293651	2,735907621	126	14,60106061	2,222110014	132
	Período 3	8,641914894	2,252629998	47	13,3344898	2,580260857	49
	Período 4	13,27833333	3,486321925	54	16,24254902	2,586547385	51
	Período 5	12,79117647	2,148691366	51	16,59612245	2,659846343	49
	Período Não Crítico DU	**MédiaDePRL8-C24A2**	**DesvPDePRL8-C24A2**	**ContarDePRL8-C24A2**	**MédiaDeC24A5-HSA1**	**DesvPDeC24A5-HSA1**	**ContarDeC24A5-HSA1**
	Período 1	12,00546099	2,027332334	141	13,16026882	1,995670566	186
	Período 2	8,815419162	1,814801581	334	12,48751351	1,880687553	370
	Período 3	6,357190476	1,275538056	210	13,08472637	1,921571765	201
	Período 4	12,05283525	4,496298778	261	15,72586667	2,434534144	225
	Período 5	13,18062992	2,289956937	127	17,01789916	2,583900899	119

Tabela 61 - Médias e desvios padrões das velocidades comerciais do incidente 5.

Incidente 5	**Período Crítico**	**Média PRL8-C24A2**	**Desvio Padrão PRL8-C24A2**	**Média C24A5-HSA1**	**Desvio Padrão C24A5-HSA1**		
	Período 1	0	0	0	0		
	Período 2	9,928	1,756493666	13,82833333	1,64946557		
	Período 3	9,06	1,478850905	12,082	1,636328207		
	Período 4	11,7725	2,631442887	15,1225	2,737794733		
	Período 5	12,364	1,258383884	16,22833333	1,444069481		
	Período Não Crítico FS	**MédiaDePRL8-C24A2**	**DesvPDePRL8-C24A2**	**ContarDePRL8-C24A2**	**MédiaDeC24A5-HSA1**	**DesvPDeC24A5-HSA1**	**ContarDeC24A5-HSA1**
	Período 1	15,64424242	3,041938147	33	16,4478125	2,090137724	32
	Período 2	11,37293651	2,735907621	126	14,60106061	2,222110014	132
	Período 3	8,641914894	2,252629998	47	13,3344898	2,580260857	49
	Período 4	13,27833333	3,486321925	54	16,24254902	2,586547385	51
	Período 5	12,79117647	2,148691366	51	16,59612245	2,659846343	49
	Período Não Crítico DU	**MédiaDePRL8-C24A2**	**DesvPDePRL8-C24A2**	**ContarDePRL8-C24A2**	**MédiaDeC24A5-HSA1**	**DesvPDeC24A5-HSA1**	**ContarDeC24A5-HSA1**
	Período 1	12,00546099	2,027332334	141	13,16026882	1,995670566	186
	Período 2	8,815419162	1,814801581	334	12,48751351	1,880687553	370
	Período 3	6,357190476	1,275538056	210	13,08472637	1,921571765	201
	Período 4	12,05283525	4,496298778	261	15,72586667	2,434534144	225
	Período 5	13,18062992	2,289956937	127	17,01789916	2,583900899	119

Tabela 62 - Médias e desvios padrões das velocidades comerciais do incidente 6.

Incidente 6	**Período Crítico**	**Média PRL8-C24A2**	**Desvio Padrão PRL8-C24A2**	**Média C24A5-HSA1**	**Desvio Padrão C24A5-HSA1**		
	Período 1	0	0	0	0		
	Período 2	8,0425	0,83276147	13,082	1,06052817		
	Período 3	0	0	0	0		
	Período 4	0		0			
	Período 5	0		0			
	Período Não Crítico FS	**MédiaDePRL8-C24A2**	**DesvPDePRL8-C24A2**	**ContarDePRL8-C24A2**	**MédiaDeC24A5-HSA1**	**DesvPDeC24A5-HSA1**	**ContarDeC24A5-HSA1**
	Período 1	15,64424242	3,041938147	33	16,4478125	2,090137724	32
	Período 2	11,37293651	2,735907621	126	14,60106061	2,222110014	132
	Período 3	8,641914894	2,252629998	47	13,3344898	2,580260857	49
	Período 4	13,27833333	3,486321925	54	16,24254902	2,586547385	51
	Período 5	12,79117647	2,148691366	51	16,59612245	2,659846343	49
	Período Não Crítico DU	**MédiaDePRL8-C24A2**	**DesvPDePRL8-C24A2**	**ContarDePRL8-C24A2**	**MédiaDeC24A5-HSA1**	**DesvPDeC24A5-HSA1**	**ContarDeC24A5-HSA1**
	Período 1	12,00546099	2,027332334	141	13,16026882	1,995670566	186
	Período 2	8,815419162	1,814801581	334	12,48751351	1,880687553	370
	Período 3	6,357190476	1,275538056	210	13,08472637	1,921571765	201
	Período 4	12,05283525	4,496298778	261	15,72586667	2,434534144	225
	Período 5	13,18062992	2,289956937	127	17,01789916	2,583900899	119

Tabela 63 - Médias e desvios padrões das velocidades comerciais do incidente 7.

Incidente 7	**Período Crítico**	**Média PRL8-C24A2**	**Desvio Padrão PRL8-C24A2**	**Média C24A5-HSA1**	**Desvio Padrão C24A5-HSA1**		
	Período 1	0	0	0	0		
	Período 2	0	0	0	0		
	Período 3	0	0	0	0		
	Período 4	8,93	2,291451505	17,315	2,239471664		
	Período 5	11,685	1,689985207	18,00333333	1,973482539		
	Período Não Crítico FS	**MédiaDePRL8-C24A2**	**DesvPDePRL8-C24A2**	**ContarDePRL8-C24A2**	**MédiaDeC24A5-HSA1**	**DesvPDeC24A5-HSA1**	**ContarDeC24A5-HSA1**
	Período 1	15,64424242	3,041938147	33	16,4478125	2,090137724	32
	Período 2	11,37293651	2,735907621	126	14,60106061	2,222110014	132
	Período 3	8,641914894	2,252629998	47	13,3344898	2,580260857	49
	Período 4	13,27833333	3,486321925	54	16,24254902	2,586547385	51
	Período 5	12,79117647	2,148691366	51	16,59612245	2,659846343	49
	Período Não Crítico DU	**MédiaDePRL8-C24A2**	**DesvPDePRL8-C24A2**	**ContarDePRL8-C24A2**	**MédiaDeC24A5-HSA1**	**DesvPDeC24A5-HSA1**	**ContarDeC24A5-HSA1**
	Período 1	12,00546099	2,027332334	141	13,16026882	1,995670566	186
	Período 2	8,815419162	1,814801581	334	12,48751351	1,880687553	370
	Período 3	6,357190476	1,275538056	210	13,08472637	1,921571765	201
	Período 4	12,05283525	4,496298778	261	15,72586667	2,434534144	225
	Período 5	13,18062992	2,289956937	127	17,01789916	2,583900899	119

Tabela 64 - Médias e desvios padrões das velocidades comerciais do incidente 8.

Incidente 8	**Período Crítico**	**Média PRL8-C24A2**	**Desvio Padrão PRL8-C24A2**	**Média C24A5-HSA1**	**Desvio Padrão C24A5-HSA1**		
	Período 1	0	0	0	0		
	Período 2	7,365	0,784888527	5,361871166	0		
	Período 3	6,287	0,77505627	13,15555556	1,153181589		
	Período 4	7,1675	1,279019807	16,72	2,953732102		
	Período 5	0	0	0	0		
	Período Não Crítico FS	**MédiaDePRL8-C24A2**	**DesvPDePRL8-C24A2**	**ContarDePRL8-C24A2**	**MédiaDeC24A5-HSA1**	**DesvPDeC24A5-HSA1**	**ContarDeC24A5-HSA1**
	Período 1	13,95804878	2,137844966	41	15,93425	1,628853439	40
	Período 2	10,20094891	2,429997847	137	13,99112676	2,00885137	142
	Período 3	8,660178571	1,697047159	56	13,98947368	2,114887215	57
	Período 4	12,91485714	4,258803582	70	15,94762712	2,360972432	59
	Período 5	12,33126984	2,439809281	63	17,1985	3,706938901	60
	Período Não Crítico DU	**MédiaDePRL8-C24A2**	**DesvPDePRL8-C24A2**	**ContarDePRL8-C24A2**	**MédiaDeC24A5-HSA1**	**DesvPDeC24A5-HSA1**	**ContarDeC24A5-HSA1**
	Período 1	11,92157025	2,103659117	121	12,935625	1,816506318	160
	Período 2	8,192871972	1,834461505	289	12,41996805	1,567165598	313
	Período 3	5,597345679	1,213183684	162	12,41157233	1,900983934	159
	Período 4	11,1591342	5,225385705	231	15,66360825	2,564970961	194
	Período 5	12,78727273	2,212317026	110	17,05209524	2,800762841	105

Tabela 65 - Médias e desvios padrões do incidente 9.

Incidente 9	**Período Crítico**	**Média PRL8-C24A2**	**Desvio Padrão PRL8-C24A2**	**Média C24A5-HSA1**	**Desvio Padrão C24A5-HSA1**		
	Período 1	12,19	2,117586227	13,22181818	1,132879677		
	Período 2	0	0	0	0		
	Período 3	0	0	0	0		
	Período 4	15,58875	3,616310027	17,58428571	3,128060406		
	Período 5	14,06166667	2,439544356	18,15333333	3,839123164		
	Período Não Crítico FS	**MédiaDePRL8-C24A2**	**DesvPDePRL8-C24A2**	**ContarDePRL8-C24A2**	**MédiaDeC24A5-HSA1**	**DesvPDeC24A5-HSA1**	**ContarDeC24A5-HSA1**
	Período 1	13,95804878	2,137844966	41	15,93425	1,628853439	40
	Período 2	10,20094891	2,429997847	137	13,99112676	2,00885137	142
	Período 3	8,660178571	1,697047159	56	13,98947368	2,114887215	57
	Período 4	12,91485714	4,258803582	70	15,94762712	2,360972432	59
	Período 5	12,33126984	2,439809281	63	17,1985	3,706938901	60
	Período Não Crítico DU	**MédiaDePRL8-C24A2**	**DesvPDePRL8-C24A2**	**ContarDePRL8-C24A2**	**MédiaDeC24A5-HSA1**	**DesvPDeC24A5-HSA1**	**ContarDeC24A5-HSA1**
	Período 1	11,92157025	2,103659117	121	12,935625	1,816506318	160
	Período 2	8,192871972	1,834461505	289	12,41996805	1,567165598	313
	Período 3	5,597345679	1,213183684	162	12,41157233	1,900983934	159
	Período 4	11,1591342	5,225385705	231	15,66360825	2,564970961	194
	Período 5	12,78727273	2,212317026	110	17,05209524	2,800762841	105

Tabela 66 - Médias e desvios padrões do incidente 10.

Incidente 10	**Período Crítico**	**Média PRL8-C24A2**	**Desvio Padrão PRL8-C24A2**	**Média C24A5-HSA1**	**Desvio Padrão C24A5-HSA1**		
	Período 1	0	0	0	0		
	Período 2	7,365	0	11,87	0		
	Período 3	6,287	0,979014527	13,15555556	2,681666593		
	Período 4	7,1675	1,040302841	16,72	1,060009434		
	Período 5	0	0	0	0		
	Período Não Crítico FS	**MédiaDePRL8-C24A2**	**DesvPDePRL8-C24A2**	**ContarDePRL8-C24A2**	**MédiaDeC24A5-HSA1**	**DesvPDeC24A5-HSA1**	**ContarDeC24A5-HSA1**
	Período 1	13,95804878	2,137844966	41	15,93425	1,628853439	40
	Período 2	10,20094891	2,429997847	137	13,99112676	2,00885137	142
	Período 3	8,660178571	1,697047159	56	13,98947368	2,114887215	57
	Período 4	12,91485714	4,258803582	70	15,94762712	2,360972432	59
	Período 5	12,33126984	2,439809281	63	17,1985	3,706938901	60
	Período Não Crítico DU	**MédiaDePRL8-C24A2**	**DesvPDePRL8-C24A2**	**ContarDePRL8-C24A2**	**MédiaDeC24A5-HSA1**	**DesvPDeC24A5-HSA1**	**ContarDeC24A5-HSA1**
	Período 1	11,92157025	2,103659117	121	12,935625	1,816506318	160
	Período 2	8,192871972	1,834461505	289	12,41996805	1,567165598	313
	Período 3	5,597345679	1,213183684	162	12,41157233	1,900983934	159
	Período 4	11,1591342	5,225385705	231	15,66360825	2,564970961	194
	Período 5	12,78727273	2,212317026	110	17,05209524	2,800762841	105

Tabela 67 - Médias e desvios padrões do incidente 11.

Incidente 11	**Período Crítico**	**Média PRL8-C24A2**	**Desvio Padrão PRL8-C24A2**	**Média C24A5-HSA1**	**Desvio Padrão C24A5-HSA1**		
	Período 1	0	0	0	0		
	Período 2	6,135	1,336431816	14,96	0		
	Período 3	5,534	0,839393961	12,97666667	2,202123975		
	Período 4	7,2925	3,382734348	8,195	5,522503961		
	Período 5	0	0	0	0		
	Período Não Crítico FS	**MédiaDePRL8-C24A2**	**DesvPDePRL8-C24A2**	**ContarDePRL8-C24A2**	**MédiaDeC24A5-HSA1**	**DesvPDeC24A5-HSA1**	**ContarDeC24A5-HSA1**
	Período 1	13,95804878	2,137844966	41	15,93425	1,628853439	40
	Período 2	10,20094891	2,429997847	137	13,99112676	2,00885137	142
	Período 3	8,660178571	1,697047159	56	13,98947368	2,114887215	57
	Período 4	12,91485714	4,258803582	70	15,94762712	2,360972432	59
	Período 5	12,33126984	2,439809281	63	17,1985	3,706938901	60
	Período Não Crítico DU	**MédiaDePRL8-C24A2**	**DesvPDePRL8-C24A2**	**ContarDePRL8-C24A2**	**MédiaDeC24A5-HSA1**	**DesvPDeC24A5-HSA1**	**ContarDeC24A5-HSA1**
	Período 1	11,92157025	2,103659117	121	12,935625	1,816506318	160
	Período 2	8,192871972	1,834461505	289	12,41996805	1,567165598	313
	Período 3	5,597345679	1,213183684	162	12,41157233	1,900983934	159
	Período 4	11,1591342	5,225385705	231	15,66360825	2,564970961	194
	Período 5	12,78727273	2,212317026	110	17,05209524	2,800762841	105

Tabela 68 - Médias e desvios padrões do incidente 13.

Incidente 13	**Período Crítico**	**Média PRL8-C24A2**	**Desvio Padrão PRL8-C24A2**	**Média C24A5-HSA1**	**Desvio Padrão C24A5-HSA1**		
	Período 1	0		0	0		
	Período 2	5,82	0,579827561	13,13	0		
	Período 3	6,292222222	1,774282954	12,1825	0,936417947		
	Período 4	4,476	0,650484435	14,702	2,780292251		
	Período 5	0	0	0			
	Período Não Crítico FS	**MédiaDePRL8-C24A2**	**DesvPDePRL8-C24A2**	**ContarDePRL8-C24A2**	**MédiaDeC24A5-HSA1**	**DesvPDeC24A5-HSA1**	**ContarDeC24A5-HSA1**
	Período 1	13,95804878	2,137844966	41	15,93425	1,628853439	40
	Período 2	10,20094891	2,429997847	137	13,99112676	2,00885137	142
	Período 3	8,660178571	1,697047159	56	13,98947368	2,114887215	57
	Período 4	12,91485714	4,258803582	70	15,94762712	2,360972432	59
	Período 5	12,33126984	2,439809281	63	17,1985	3,706938901	60
	Período Não Crítico DU	**MédiaDePRL8-C24A2**	**DesvPDePRL8-C24A2**	**ContarDePRL8-C24A2**	**MédiaDeC24A5-HSA1**	**DesvPDeC24A5-HSA1**	**ContarDeC24A5-HSA1**
	Período 1	11,92157025	2,103659117	121	12,935625	1,816506318	160
	Período 2	8,192871972	1,834461505	289	12,41996805	1,567165598	313
	Período 3	5,597345679	1,213183684	162	12,41157233	1,900983934	159
	Período 4	11,1591342	5,225385705	231	15,66360825	2,564970961	194
	Período 5	12,78727273	2,212317026	110	17,05209524	2,800762841	105

Tabela 69 - Médias e desvios padrões do incidente 14.

Incidente 14	**Período Crítico**	**Média PRL8-C24A2**	**Desvio Padrão PRL8-C24A2**	**Média C24A5-HSA1**	**Desvio Padrão C24A5-HSA1**		
	Período 1	0	0	0	0		
	Período 2	0	0	0	0		
	Período 3	3,61	0	11,87	1,753624817		
	Período 4	0	0	0	0		
	Período 5	0	0	0	0		
	Período Não Crítico FS	**MédiaDePRL8-C24A2**	**DesvPDePRL8-C24A2**	**ContarDePRL8-C24A2**	**MédiaDeC24A5-HSA1**	**DesvPDeC24A5-HSA1**	**ContarDeC24A5-HSA1**
	Período 1	13,95804878	2,137844966	41	15,93425	1,628853439	40
	Período 2	10,20094891	2,429997847	137	13,99112676	2,00885137	142
	Período 3	8,660178571	1,697047159	56	13,98947368	2,114887215	57
	Período 4	12,91485714	4,258803582	70	15,94762712	2,360972432	59
	Período 5	12,33126984	2,439809281	63	17,1985	3,706938901	60
	Período Não Crítico DU	**MédiaDePRL8-C24A2**	**DesvPDePRL8-C24A2**	**ContarDePRL8-C24A2**	**MédiaDeC24A5-HSA1**	**DesvPDeC24A5-HSA1**	**ContarDeC24A5-HSA1**
	Período 1	11,92157025	2,103659117	121	12,935625	1,816506318	160
	Período 2	8,192871972	1,834461505	289	12,41996805	1,567165598	313
	Período 3	5,597345679	1,213183684	162	12,41157233	1,900983934	159
	Período 4	11,1591342	5,225385705	231	15,66360825	2,564970961	194
	Período 5	12,78727273	2,212317026	110	17,05209524	2,800762841	105

Tabela 70 - Médias e desvios padrões do incidente16.

Incidente 16	**Período Crítico**	**Média PRL8-C24A2**	**Desvio Padrão PRL8-C24A2**	**Média C24A5-HSA1**	**Desvio Padrão C24A5-HSA1**		
	Período 1	0	0	0	0		
	Período 2	0	0	0	0		
	Período 3	0	0	0	0		
	Período 4	15,48	0	16,15	0		
	Período 5	10,802	1,402914823	13,6525	1,452523666		
	Período Não Crítico FS	**MédiaDePRL8-C24A2**	**DesvPDePRL8-C24A2**	**ContarDePRL8-C24A2**	**MédiaDeC24A5-HSA1**	**DesvPDeC24A5-HSA1**	**ContarDeC24A5-HSA1**
	Período 1	13,95804878	2,137844966	41	15,93425	1,628853439	40
	Período 2	10,20094891	2,429997847	137	13,99112676	2,00885137	142
	Período 3	8,660178571	1,697047159	56	13,98947368	2,114887215	57
	Período 4	12,91485714	4,258803582	70	15,94762712	2,360972432	59
	Período 5	12,33126984	2,439809281	63	17,1985	3,706938901	60
	Período Não Crítico DU	**MédiaDePRL8-C24A2**	**DesvPDePRL8-C24A2**	**ContarDePRL8-C24A2**	**MédiaDeC24A5-HSA1**	**DesvPDeC24A5-HSA1**	**ContarDeC24A5-HSA1**
	Período 1	11,92157025	2,103659117	121	12,935625	1,816506318	160
	Período 2	8,192871972	1,834461505	289	12,41996805	1,567165598	313
	Período 3	5,597345679	1,213183684	162	12,41157233	1,900983934	159
	Período 4	11,1591342	5,225385705	231	15,66360825	2,564970961	194
	Período 5	12,78727273	2,212317026	110	17,05209524	2,800762841	105