U.PORTO

2ºCICLO
ECONOMIA E GESTÂO DO AMBIENTE

AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL DO TRANSPORTE FERROVIÁRIO: CÁLCULO DA PEGADA DE CARBONO

Paulo João Ferreira do Nascimento

M

2020

U.PORTO

FEP FACULDADE DE ECONOMIA UNIVERSIDADE DO PORTO

Avaliação da Sustentabilidade Ambiental do Transporte Ferroviário: Cálculo da Pegada de Carbono

Paulo João Ferreira do Nascimento

Dissertação

Mestrado em Economia e Gestão do Ambiente

Orientado por

António José Guerner Dias

Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

2020

Agradecimentos

Ao Professor António Guerner Dias pela orientação e conhecimento partilhado, tal como todo a perseverança para que eu nunca desistisse, elevando a minha autoestima quando muitas vezes parecia perdido. Um bem-haja.

À minha filha que sempre me apoiou nos momentos mais difíceis. Já que me vê como um exemplo de perseverança. Um ciclo acaba outro começa.

À minha família que me apoiou em todo este processo.

Aos meus colegas que me seguiram no meu percurso académico.

A toda a equipa da CP que tornou possível a recolha de dados.

Resumo

O crescimento do tecido urbano potenciou o aumento dos fluxos de pessoas e bens, em particular nos grandes centros urbanos que, inevitavelmente, culminou com um crescente consumo de energia, bem como um aumento de emissões de gases com efeito estufa (GEE), em particular o dióxido de carbono (CO_2).

A sociedade tem vindo, cada vez mais, a procurar medidas ambientalmente mais sustentáveis, pelo que o desenvolvimento sustentável adquiriu uma preponderância de grande relevo, estando este assente nos seus três grandes pilares: o ambiental, o económico e o social.

A presente dissertação tem como principal objetivo avaliar a Pegada Carbónica dos comboios urbanos do Porto, que viajam no trajeto Porto-Penafiel-Porto em horas de ponta pré-definidas. Ao mesmo tempo avalia-se a pegada carbónica dos utentes de transporte individual para a mesma origem e destino, discriminando-se as emissões de CO_2 produzidas em vários cenários de ocupação. Desta forma, com os resultados obtidos para o real e para os cenários foi possível comparar as diferenças entre as pegadas carbónicas quando é usado transporte ferroviário ou transporte individual.

Assim, como seria de esperar, o uso de automóvel individual, para efetuar o transporte dos mesmos passageiros estudados nos comboios urbanos versus o cenário por ocupação automóvel, corresponde a uma pegada carbónica muito elevada.

De salientar que as emissões individuais de CO_2 para os passageiros que utilizam o comboio urbano, são 200% inferiores às dos utilizadores dos automóveis.

Em suma, o uso dos comboios urbanos do Porto, por parte das populações da envolvente da linha ferroviária, favorece em grande medida uma redução das emissões de CO_2.

Palavras-Chave: Mobilidade urbana sustentável, emissões de dióxido de carbono, eficiência energética.

Abstract

The growth of the urban fabric has led to an increase in the flow of people and goods, particularly in large urban centers, inevitably culminating in an increasing consumption of energy, as well as an increase in the demand for greenhouse gases (GHG), in particular carbon dioxide (CO_2).

Society has been increasingly looking for more environmentally sustainable measures, which is why sustainable development has acquired a great importance, based on its three pillars: the environmental, the economic and the social.

The main goal of this dissertation is to assess the carbon footprint of passengers on urban trains in Porto, who travel on the Porto-Penafiel-Porto route at pre-defined peak hours. At the same time, a carbon footprint of individual transport users is assessed for the same source of destination, discriminated against as loaded with CO_2 produced in various occupation scenarios. In this way with the results obtained in real settings, it was possible to compare the differences of the carbon footprints of the passengers by transportation facillities.

As expected, the use of an individual car to transport the same passengers studied in urban trains versus the scenario by car occupation is very high.

It should be noted that as individual CO_2 dependents for train passengers, they are 200% lower than car users.

In short, the use of urban trains in Porto by the population greatly favors a reduction in CO_2.

Key words: Sustainable urban mobility, carbon dioxide emissions, energy efficiency.

Índice

Agradecimentos i

Resumo ii

Abstract iii

Índice iv

Índice de Figuras 1

Lista de Abreviaturas 5

1. ESTADO DA ARTE 6

1.1 Alterações Climáticas 6

1.2 Emissões de Gases de Efeito Estufa 7

2. PEGADA DE CARBONO (DEFINIÇÃO, CONCEITOS E PRINCÍPIOS) 8

3. MOBILIDADE URBANA SUSTENTÁVEL 11

4. CASO DE ESTUDO: CP URBANOS DO PORTO 15

5. CP- URBANOS DO PORTO 23

6. METODOLOGIA 29

7. RESULTADOS 40

8. CONCLUSÃO 53

Índice de Figuras

Figura 1-representação dos três pilares da sutentabilidade(https://www.eesc.europa.eu/pt/tags/espaco-economico-europeu) 12
Figura 2-Comboio quilómetro por tipo de tração (dados do Relatório Sustentabilidade 2019). 18
Figura 3 - Consumo de energia elétrica para tração dos comboios. Fonte Relatório de Sustentabilidade 2019. 19
Figura 4 - Intensidade dos consumos (GJ), CKm (comboios-quilometro), PKm (passageiro-quilómetro) (fonte: CP,2020). 20
Figura 5 - mix-energético da Endesa, dados do 3º trimestre 2019 (fonte: fatura Endesa). 21
Figura 6 - Emissões de CO2 anual expressa em tCO2 (fonte: CP 2020). 22
Figura 7 - Mapa da Rede Ferroviária Urbana do Porto (Fonte: CP 2020). 23
Figura 8 - Trajeto realizado pelo comboio com o tempo médio de 45 min (fonte: google maps 2020). 30
Figura 9 - Trajeto realizado em viatura própria, considerando percursos alternativos para o trajeto Penafiel - Porto, com o tempo médio e distância percorrida (fonte: google maps 2020). 31
Figura 10 - Distribuição dos picos máximos médios de passageiros em cada comboio. ... 41
Figura 11 - Média dos picos máximos ascendentes e descendentes de passageiros para os 3 anos e maior pico atingido em cada ano por sentido de deslocação 42
Figura 12 - Média da energia consumida, absorvida e recuperada por unidade motora e trajeto selecionado. 43
Figura 13 - Pegada Carbónica passageiro/km para o trajeto Porto - Penafiel, nos 12 meses e média anual por comboio. Valores expressos em gCO_2. 45
Figura 14 - Pegada Carbónica passageiro/km para o trajeto Porto - Penafiel, nos 12 meses, e média anual por comboio. Valores expressos em gCo2. 45
Figura 15 - Pegada Carbónica Passageiro/Comboio para o trajeto Penafiel - Porto, nos 12 meses, e média anual por comboio. Valores expressos em gCO_2. 46
Figura 16 - Pegada Carbónica Passageiro/Comboio para o trajeto Porto - Penafiel, nos 12 meses, e média anual por comboio. Valores expressos em gCO_2. 47
Figura 17 - Pegada Carbónica Comboio para o trajeto Penafiel - Porto, nos 12 meses, e média anual por comboio. Valores expressos em gCO_2. 48

Figura 18 - Pegada Carbónica Comboio para o trajeto Porto- Penafiel, nos 12 meses, e média anual por comboio. Valores expressos em gCO_2. 48
Figura 19 - Emissões de CO2 relativas ao uso de automóvel em cinco lotações, para o trajeto Porto- Penafiel (ida e volta). 49
Figura 20 - Quantidade de CO2 emitido por tipo de transporte nas deslocações dia (ida e volta). 50
Figura 21 - Emissões relativas a um cenário de ocupação máxima, dos comboios estudados versus a distribuição desses mesmos ocupantes em automóvel. 52

Índice de tabelas

Tabela 1- Capacidade das unidades motoras utilizadas nos comboios Urbanos do porto (fonte: CP, 2020). 25
Tabela 2- Média do consumo de energia por comboio no sentido Penafiel - Porto São Bento 26
Tabela 3- Média dos picos de transporte de passageiros no sentido Penafiel - Porto para o ano 2017 (fonte: CP,2020). 32
Tabela 4- Média dos picos de transporte de passageiros sentido Porto - Penafiel para o ano de 2017 (fonte: CP,2020) 32
Tabela 5- Média dos picos de trsnporte de passageiros no sentido Penafiel - Porto para o ano 2018 (fonte: CP, 2020). 32
Tabela 6 Média dos picos de transporte de passageiros no sentido Porto - Penafiel para o ano 2018 (fonte: CP, 2020). 33
Tabela 7-- Média dos picos de transporte de passageiros no sentido Penafiel - Porto para o ano 2019 (fonte: CP, 2020). 33
Tabela 8- Média dos picos de transporte de passageiros no sentido Porto- Penafiel para o ano 2019 (fonte: CP, 2020). 33
Tabela 9- Média dos consumos energéticos para os comboios no sentido Penafiel - Porto para o ano de 2017 (fonte: CP, 2020). 34
Tabela 10- Média dos consumos energéticos para os comboios no sentido Porto - Penafiel para o ano 2017 (fonte: CP, 2020). 34
Tabela 11- Média dos consumos energéticos para os comboios no sentido Penafiel - Porto para o ano 2018 (fonte: CP, 2020) 34
Tabela 12- Média dos consumos energéticos para os comboios no sentido Penafiel - Porto para o ano 2018 (fonte: CP, 2020) 35
Tabela 13-Média dos consumos energéticos para os comboios no sentido Penafiel - Porto para o ano 2019 (fonte: CP, 2020) 35
Tabela 14- Média dos consumos energéticos para os comboios no sentido Porto - Penafiel para o ano 2019 (fonte: CP, 2020). 35

Tabela 15 Fatores de emissão para automóveis e a energia de alta tensão Endesa (fonte: Endesa, 2020 e IMT, 2019). 36
Tabela 16- Oferta da CP no período selecionado, e a sua ocupação média diária..... 40
Tabela 17 Pegada carbónica Passageiro/km para o trajeto Penafiel - Porto, nos 12 meses, e média anual por comboio. Valores expressos em gCO2e. 43
Tabela 18 - Pegada Carbónica Passageiro/km para o trajeto Porto - Penafiel, nos 12 meses, e média anual por comboio. Valores expressos em gCO2. 44
Tabela 19- Emissões de CO2, por passageiro, para viagem por dia (ida e volta), mês e ano..... 49
Tabela 20-representa a lotação máxima real para os comboios estudados em contexto real para os comboios CP..... 51

Lista de Abreviaturas

CO_2 – Dióxido de carbono

CO_{2eq} – Dióxido de carbono equivalente

CP – Comboios de Portugal E.P

IP – Infraestruturas de Portugal

PAX/km – Passageiro Quilometro

GEE – Gases de Efeito Estufa

PC – Pegada Carbónica

T – Tonelada

UME – Unidade múltipla elétrica

1. ESTADO DA ARTE

A problemática das questões ambientais tem sido amplamente debatida e estudada por forma a tentar encontrar soluções, como novos procedimentos e tecnologias, que permitam minimizar os impactes ambientais da sociedade no nosso planeta. Assim, a questão das emissões dos gases de efeito de estufa é um ponto fulcral, uma vez que é importante não só reduzir as emissões, como estudar alternativas mais limpas que permitam a continuidade do desenvolvimento económico em equilíbrio com o meio ambiente.

Os transportes são um *player* importante quando falamos das emissões de gases de efeito estufa, uma vez que são grandes contribuidores deste problema. É importante mensurar o seu impacte, permitindo comparar meios de transporte e tecnologias utilizadas na cadeia de produção, distribuição e utilização, que possibilitem traçar uma rede de transportes mais ecológica e sustentável.

É neste seguimento que surge a preocupação pelo desenvolvimento sustentável, avaliando a relação entre o Homem e o ecossistema, estabelecendo o equilíbrio entre o ambiente, a economia e a sociedade (WCED, 1987).

1.1 Alterações Climáticas

Um dos desafios que o nosso planeta tem enfrentado são as alterações climáticas, que se caracterizam pela alteração do clima ao longo do tempo, resultado de causas naturais e antropogénicas. Estas mudanças refletem-se nos padrões de temperatura, precipitação, ocorrência de fenómenos extremos, entre outros (IPCC, 2014).

As alterações climáticas sempre ocorreram ao longo do tempo, no entanto, desde a Revolução Industrial até à atualidade, assistimos a um aumento das emissões de

gases de efeito estufa, principalmente de dióxido de carbono e metano, resultantes das emissões dos combustíveis fósseis e responsáveis pelo aumento da temperatura e aceleramento das alterações climáticas no planeta (Riebeek, 2010).

1.2 Emissões de Gases de Efeito Estufa

Existe hoje em dia um consenso generalizado da influência da atividade humana no aquecimento global, resultantes das emissões de gases de efeito estufa. Estes gases são caracterizados por ter um elevado potencial de aquecimento global, em 100 anos – GWP_{100} . Este indicador, utilizado no Protocolo de Quioto, define o potencial de aquecimento global, comparando a capacidade de retenção de calor de 1 kg de determinado gás, em relação à mesma quantidade de dióxido de carbono (Borrego et al., 2009).

Uma vez que a maior parte dos gases de efeito estufa é resultante da queima de combustíveis fósseis e da produção de resíduos sólidos, o dióxido de carbono, como produto resultante, é o gás que mais contribui para as emissões de GEE. No entanto também o metano e o óxido nitroso são responsáveis pela fatia maior das emissões. O metano é um gás essencialmente libertado aquando da queima de gás natural e, por outro lado, o óxido nitroso resulta da atividade agrícola e da queima de combustíveis fósseis (EPA, 2014).

Portugal registou um aumento de 19,5%, no período entre 1990 e 2019, sendo que em 2017, os setores da energia e dos transportes foram os principais contribuidores com cerca de 50% para as emissões (REA, 2020).

2. PEGADA DE CARBONO (DEFINIÇÃO, CONCEITOS E PRINCÍPIOS)

Nos dias que correm, com o consumo exacerbado de recursos extraídos do nosso planeta, é importante mensurar o impacte humano no meio ambiente, por forma a criar parâmetros que permitam o equilíbrio entre o ambiente, a sociedade e a economia (Pereira, 2008). Este equilíbrio é importante por forma a avaliar a sustentabilidade do consumo de um recurso, sendo idealmente caracterizado pela igualdade entre a taxa de consumo e a taxa de renovação (Wackernagel e Rees, 1996).

Um dos grandes problemas da atualidade está relacionado com as emissões de CO_2 e o impacte que isso tem no ambiente. Desta forma é relevante o aprofundar dos estudos da pegada de carbono como um indicador de sustentabilidade das emissões de gases de efeito estufa.

2.1 Pressupostos da Pegada de Carbono

A Pegada de Carbono é um indicador importante para avaliar os impactes da emissão de gases de efeito estufa, no entanto ainda não existe um consenso na definição deste indicador. Assim, a Pegada de Carbono pretende medir as emissões de dióxido de carbono e outros gases de efeito estufa resultantes de atividades operativas das empresas e organizações, sendo expressa em kg CO_2 (Wiedmann et al., 2007).

Este indicador permite identificar atividades e processos que mais contribuem para as emissões de gases de efeito estufa e, consequentemente, mais poluem. Isto permite que as empresas e organizações possam tomar decisões que permitam reduzir a sua pegada de carbono, aumentando consequentemente a sua eficiência energética e melhorando a sua performance económica, um vez que permitirá reduzir custos (Matthews et al., 2008). A Pegada de Carbono também poderá ser aplicada a um produto, sendo, neste caso, possível em três situações:

- Cradle to grave – indicador que avalia todas as etapas desde a extração da matéria-prima até ao fim de vida;
- Cradle to gate – indicador que avalia as etapas desde a extração da matéria-prima até à entrega ao cliente final;
- Gate to gate – indicador que avalia etapas da cadeia de valor do produto, avaliando o ciclo de vida do produto, desde a extração da matéria-prima até ao cliente final (cradle to grave) ou ao fim de vida (cradle to gate) (APIMRU, 2011).

Aquando da avaliação da Pegada de Carbono, é importante que se tenha em consideração que o método e dados devem ser relevantes, abrangendo todos os fluxos que contribuem para as emissões de gases de efeito de estufa, para que os dados tenham consistência, precisão e transparência, de forma a que possam ser comparados com o maior rigor possível (EC, 2013).

2.2 Fatores de emissão utilizados em consumos da frota automóvel

Para cálculo dos fatores de emissão, recorreu-se à informação disponibilizada pelo PNAC, neste caso concreto PNAC – Transportes. Assim, tomaram-se como referência os valores disponíveis neste relatório para automóveis ligeiros, assumindo que se trata de valores representativos para o caso em análise. Obtiveram-se, assim, as emissões específicas de GEE, em kgCO2eq por veículo*quilómetro (v.km), bem como os consumos específicos em gramas equivalentes de petróleo [geq] por veículo*quilómetro (v.km). O fator de emissão do combustível, foi obtido recorrendo à densidade de cada um dos combustíveis e à conversão entre grama equivalente de petróleo e grama de combustível. O fator de emissão pode então ser obtido pela utilização de diferentes expressões, que utilizam distintos fatores, tais como o tipo de combustível, a sua densidade, as e,missões específicas que lhe estão associadas, entre outras.

Os fatores de emissão utilizados para cálculo das emissões associadas a consumos de energia elétrica, tiveram como base a informação disponibilizada pelo grupo Eletricidade de Portugal (EDP) para eletricidade com origem em gás natural, carvão, fuelóleo e importações (Combined Cycle Gas Turbine – CCGT). No caso de eletricidade com origem hídrica, eólica, fotovoltaica e biomassa, não se verificando a existência de informação disponível, a nível nacional, quanto aos fatores de emissão a utilizar, recorreu-se ao relatório do Parliament Office of Science and Technology (Reino Unido). Em relação ao gasóleo, foi utilizado o fator de emissão disponibilizado por diferentes companhias de refinação e distribuição de produtos petrolíferos. Para efeitos de cálculo, nos casos em que a fonte utilizada refere um intervalo de valores, utilizou-se um valor intermédio.

3. MOBILIDADE URBANA SUSTENTÁVEL

As soluções de forma estruturada às questões ambientais e os seus malefícios para o ambiente e a nossa vida, começaram apenas a ser questionadas após a o Relatório da Comissão Mundial para o Ambiente e Desenvolvimento sob denominação de "Our Common Future" (WCED,1987), ou relatório de Brundtland, ser publicado. No Relatório referido anteriormente foi declarado e explanado o conceito de desenvolvimento sustentável, que ajuda a abordar os problemas urgentes da vida quotidiana, mais explicitamente os problemas entre o Homem e a natureza numa escala mundial. Este conceito pode ser dividido em duas perspetivas, a nível mundial e ao nível local. Os grandes pilares da sustentabilidade são bases muito importantes para conseguir um equilíbrio, sendo eles: o ambiental, o económico e o social. É fundamental que estes pilares estejam em perfeita harmonia, são também eles que determinam o quão sustentável é uma empresa, é igualmente possível identificar se uma certa empresa está ou não próxima de ser sustentável.

Tendo presente o conceito de desenvolvimento sustentável, a pergunta que se coloca é quando será possível estabelecer um equilíbrio entre as preocupações ambientais e as indispensabilidades de um crescimento económico equitativo. É também inquirida a capacidade de evolução e adaptação do ser humano e das instituições uma vez que deveríamos de ter uma perspetiva mais humanista de solidária para com o ambiente e não tanto uma perspetiva apenas de valores. O desafio colocado é a capacidade de saber articular proporcionalmente e eficientemente os três pilares que se conecta diretamente com o conceito de desenvolvimento sustentável (Castells,2004).



Figura 1 – Representação dos três pilares da sustentabilidade (https://www.eesc.europa.eu/pt/tags/espaco-economico-europeu).

Sendo assim a questão da mobilidade urbana enquadra-se no conceito de desenvolvimento sustentável e é notável que na sociedade de hoje a mobilidade de pessoas e bens é inevitável. Neste momento, com a utilização da internet a mobilidade é muito mais facilitada do que, por exemplo, na idade média. Esta questão tem uma natureza mais qualitativa do que quantitativa, o problema não é a necessidade de haver mais ou menos mobilidade, mas sim a o modo que é exercida hoje em dia. Mesmo com a facilidade de comunicação de hoje, a mobilidade exercida cresceu de forma espantosa e os seus padrões alteraram-se de forma substancial nas últimas décadas, principalmente em zonas urbanas devido progresso económico e social. Fruto da difusão residencial e da dispersão de atividades e serviços, a mobilidade dos espaços metropolitanos hoje é uma realidade complexa, marcada pela crescente preferência por transportes individuais, havendo assim consequências a nível de ruido, poluição e o deterioramento das condições de sustentabilidade energética (BCSD Portugal, 2005).

A mobilidade urbana sustentável, acarretou uma nova propedêutica, alterando o paradigma da maneira como olhamos os transportes e os seus impactes no ambiente. De uma forma generalista olha-se a mobilidade urbana como a periodicidade como que nos movimentamos de forma a suprir as nossas

necessidades, das mais básicas que refletem os trajetos casa trabalho ou casa escola, que são designados por muitos autores de movimentos pendulares, aos opcionais, que não são mais do que todos os que não são obrigatórios e repetitivos. Nos dias de hoje, não assumir que a mobilidade não é um bem essencial não é opção. A estes novos direitos, são associados custos ambientais, sociais e económicos. O aumento dos movimentos pendulares em especial em grandes aglomerados populacionais, veio trazer grandes engarrafamentos e consequentemente aumento de emissões de GEE. (BCSD Portugal, 2005).
A mobilidade urbana surge-nos, hoje em dia, como um paradigma se, por um lado, permite satisfazer as necessidades da mobilidade, por outro deve garantir que as mesmas sejam feitas de modo sustentável, tanto económica, social e ambiental. O aumento das deslocações, que aumentaram exponencialmente, provocou uma crescente utilização dos recursos energéticos e um consequente aumento de GEE (Banister, 2011a).

Um dos desafios com que mais se preocupa a humanidade atual são as alterações climáticas, que põe por terra o tão procurado desenvolvimento sustentável. Na procura de uma resposta a este problema, vários países (195), reconheceram o problema e, em 2015, na Conferência das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas de 2011 (COP21), foi alcançado um acordo, o Acordo de Paris, que prevê, entre muitos outros pontos, a limitação do aumento da temperatura mundial a 2ºC, por via da redução das emissões de GEE (UNFCCC,2015).

Por forma a atingir uma taxa reduzida de emissões de CO2, as grandes cidades em particular, têm promovido políticas com o intuito de promover o uso de transportes mais amigos do ambiente, tais como os transportes públicos bem como todos os que usem energias renováveis (Carvalho 2010).

Atendendo a que a mobilidade urbana é bastante complexa e heterogénea, é no setor dos transportes que se verifica uma maior taxa de emissões de CO2, proveniente da utilização de combustíveis fosseis. Perante tal, várias medidas são

ponderadas, tais como aplicação de taxas, ou mesmo vedar o acesso aos veículos mais poluidores (BCSD Portugal 2005).

Assim, promover uma mobilidade sustentável, não é mais que promover que as pessoas possam satisfazer as suas deslocações, com recurso a meios de transporte energeticamente mais eficientes e mais amigos do ambiente, promovendo a utilização de modos mais suaves (Rosa, 2004).

4. CASO DE ESTUDO: CP URBANOS DO PORTO

A CP E.P.E., iniciou a sua atividade em 28 de outubro de 1856 é uma empresa de transporte ferroviário, pelo que na altura veio revolucionar o modo de mobilidade tanto de bens como de pessoas. A empresa, atualmente, é uma empresa de capital 100% público, opera numa rede de cerca de 2179 Km, tendo transportado, em 2018, cerca de 126 milhões de passageiros. É a maior empresa de transporte terrestre a operar em Portugal. A CP tem por isso um papel de extrema importância tanto no desenvolvimento económico como no social (CP,2020).

A CP atualmente esta organizada em três áreas de negócio, que visa satisfazer determinadas frangas de negócio: Urbanos, Longo Curso e Inter-regionais e Regionais.

- Urbanos – Porto, Coimbra e Lisboa;
- Longo Curso - Alfa pendular, Intercidades e Internacional;
- Regional e inter-regional.

Cada uma das áreas tem um alvo específico, pelo que o Regional e Inter-regional visa o transporte entre regiões, já o longo curso tem especificações de transportes de grandes distâncias com uma maior rapidez e comodidade. Por último temos aquele que será o nosso caso de estudo os Urbanos, em específico os Urbanos do Porto, que tem como objetivo o transporte de grandes quantidades de passageiros dentro de áreas urbanas, ou mesmo interurbanas.

A CP instituiu uma Política Ambiental de forma voluntária, implementando o seu próprio Sistema de Gestão Ambiental (SGA). Desta forma a empresa criou

ferramentas próprias com vista a mudança, no intuito de garantir o cumprimento da legislação bem como aumentar a sua eficiência energética, criando para tal um "Manual de boas práticas ambientais".

O Referido manual foi criado de acordo com a norma NP EN ISO 14001, com o intuito de melhorar o desempenho tanto dos seus colaboradores, bem como dos seus fornecedores, promovendo desta forma práticas e regras bem definidas e que sejam adotadas por todos (CP, 2020).

Com o intuito de reduzir a sua pegada ecológica, a CP introduziu na sua política de transporte duas visões, uma de desenvolvimento e uma de racionalidade. Desta forma quando usamos o comboio estamos a:

- ✓ Diminuir o consumo energético individual;
- ✓ Diminuir as emissões de GEE comparativamente a outros meios de transportes concorrentes;
- ✓ Fazer um uso económico do espaço (relação de capacidade de transporte por solo usado);
- ✓ Viajar com elevados níveis de segurança (elevados níveis de redundância, cumprimento escrupuloso, nas regras e manutenção).

Com o intuito de uma maior eficiência energética, bem como uma acentuada redução de emissões gasosas, a empresa tem vindo a dotar medidas mitigadoras, das quais sobressaem as seguintes (CP, 2020):

- ✓ Redefinir a aerodinâmica do material circulante;
- ✓ Aplicar novas técnicas de condução (mais eficientes);
- ✓ Otimizar a utilização do material (diminuir a relação consumo por indivíduo);
- ✓ Aumentar a utilização dos veículos de tração elétrica;

- ✓ Implementar limites de emissões aos de tração diesel (remodelados ou novos);
- ✓ Implementar métodos de frenagem para uma recuperação de energia, um método novo de produção de energia que resulta de um aproveitamento da frenagem para produzir energia. Sistema em uso desde 1992.

A CP como principal operadora de transporte ferroviário de Portugal, tem um papel de grande relevo, na redução de impactes ambientais, resultantes do transporte de passageiros. Segundo uma nota de impressa, de 06 de março 2020, a operadora transportou 145 milhões de passageiros no ano de 2019, um crescimento de mais de 19 milhões de passageiros face a 2018, o que representa um aumento de 15%.

As unidades Urbanas de Lisboa e Porto foram as que obtiveram maior crescimento, obtendo para o referido ano de 2019, 103 milhões passageiros o que representa um acréscimo de 18,4% face a 2018, sendo 24 milhões para os Urbanos do Porto com mais 7,7%, de crescimento, tendo o serviço de longo curso ficado com 6,7 milhões de passageiros , o que corresponde a um acréscimo de 4,9% e, por fim o regional que conseguiu arrecadar 11 milhões de passageiros, o que corresponde a um acréscimo de 5,2% (CP,2020).

Em termos de consumos, podemos dizer que a pegada carbónica da CP assenta, fundamentalmente, no consumo de energia elétrica e de combustíveis derivados do petróleo.

Segundo o Relatório de Sustentabilidade de 2019, a CP tem vindo, desde 2016, a reduzir o consumo de recursos naturais não renováveis bem como de energia e, consequentemente, reduziu as suas emissões de GEE.

Na CP, o consumo energético para locomoção dos comboios assenta em duas fontes: o gasóleo, para os motores a diesel e a energia elétrica em alta tensão, para os motores de tração elétrica. Na figura 2 mostra-se o percentual de cada fonte de energia

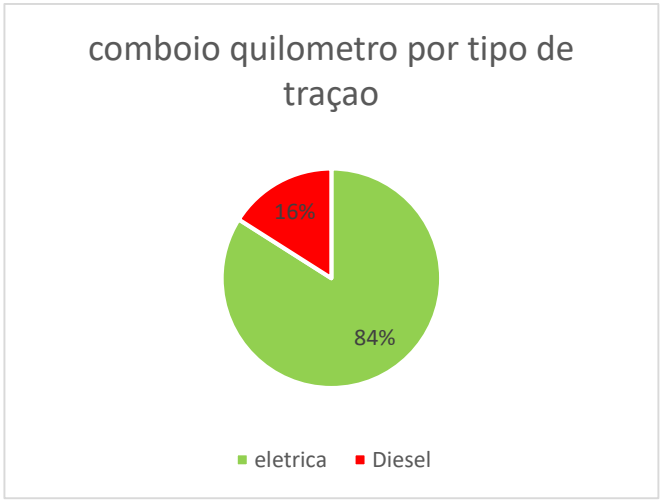


Figura 2-Comboio quilómetro por tipo de tração (dados do Relatório Sustentabilidade 2019).

A tração elétrica dos comboios é o principal consumidor de energia na empresa, no entanto a maior parte das unidades dispõem de mecanismos de recuperação ou mais concretamente de produção de energia.

Na figura 3 foi elaborado um gráfico recorrendo aos dados contantes do Relatório de Sustentabilidade 2019, onde figuram os consumos de energia por tração elétrica para os anos de 2016 a 2018. De salientar que de toda a energia absorvida, cerca de 25% é devolvida à catenária (CP,2019).

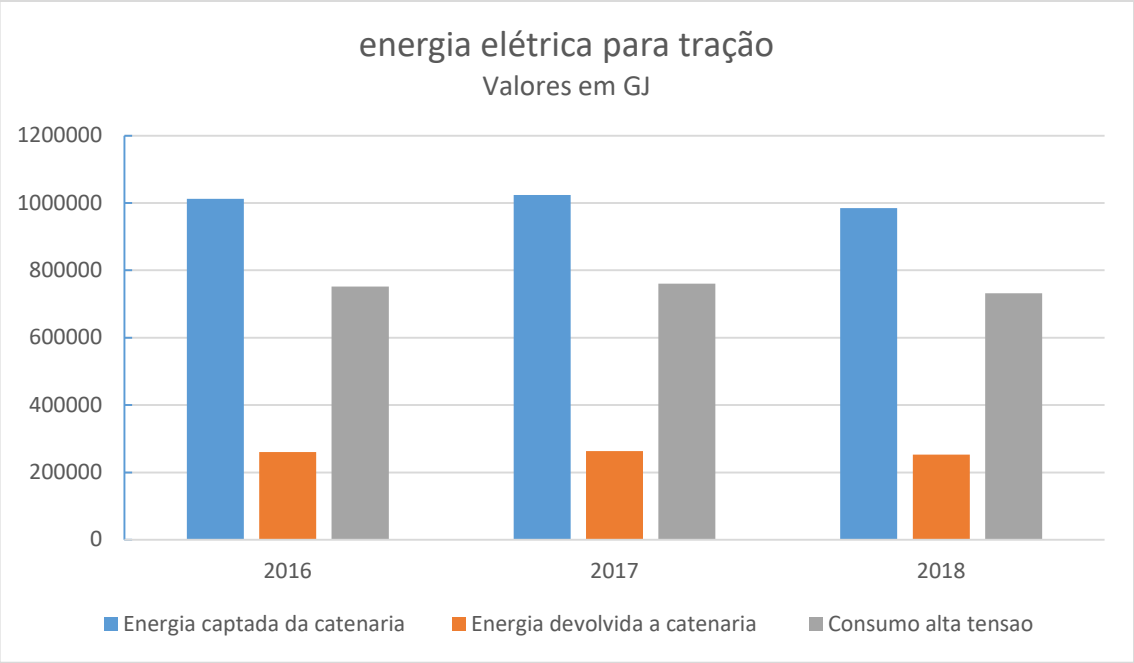


Figura 3 – Consumo de energia elétrica para tração dos comboios. Fonte Relatório de Sustentabilidade 2019.

De facto, verificamos valores extremamente altos de consumos de energia elétrica, tendo em 2018 existido uma diminuição e 3.7% face a 2017.

Na figura 4 apresenta-se os valores dos consumos por CK (comboio-quilómetro) bem como o PK (passageiro-quilómetro) foram bastantes baixos, denotando uma grande eficiência energética por parte do transporte ferroviário (CP,2020).

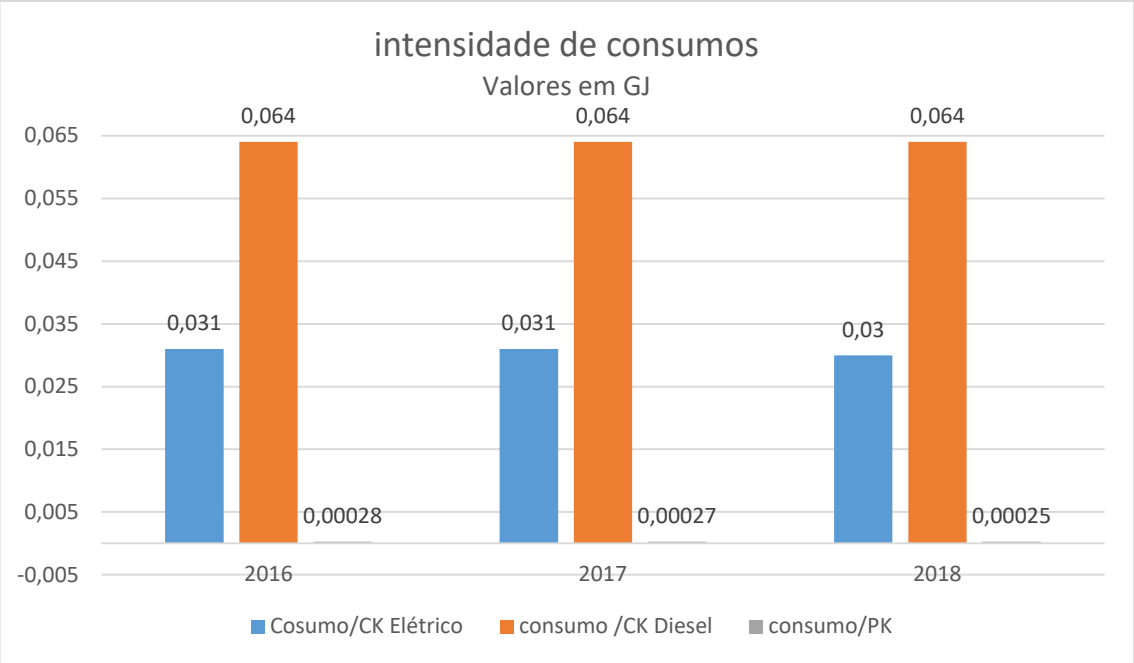


Figura 4 – Intensidade dos consumos (GJ), Ckm (comboios-quilometro), Pkm (passageiro-quilómetro) (fonte: CP,2020).

A CP tem vindo a adotar uma política de utilização preferencial de material movido a energia elétrica, sempre que as condições de exploração assim o permitam.

Segundo o Relatório de Sustentabilidade de 2019, a empresa lançou um concurso, no intuito de otimizar a utilização da energia elétrica, para a aquisição de automotoras bi-modo, utilizando os dois tipos de energia.

O uso de energia de origem fóssil é bastante reduzido, atingindo cerca de 1% a utilizada nos veículos de apoio, utilizando a maioria energia elétrica (CP,2020).

Em 2018, toda a energia elétrica de alta tensão utilizada na tração dos comboios foi adquirida a Endesa, tendo sido consumidos 731838,5 GJ.

Com o intuito de determinar a origem e os impactes no ambiente, decorrente do consumo da energia elétrica proveniente da Endesa, encontramos discriminada as emissões específicas por tecnologias usadas, conforme nos ilustra a figura 5. De

referir que, muito importantes, são as emissões específicas, que para este período se situaram em 284,83 g/kWh (Fatura Endesa 2019).

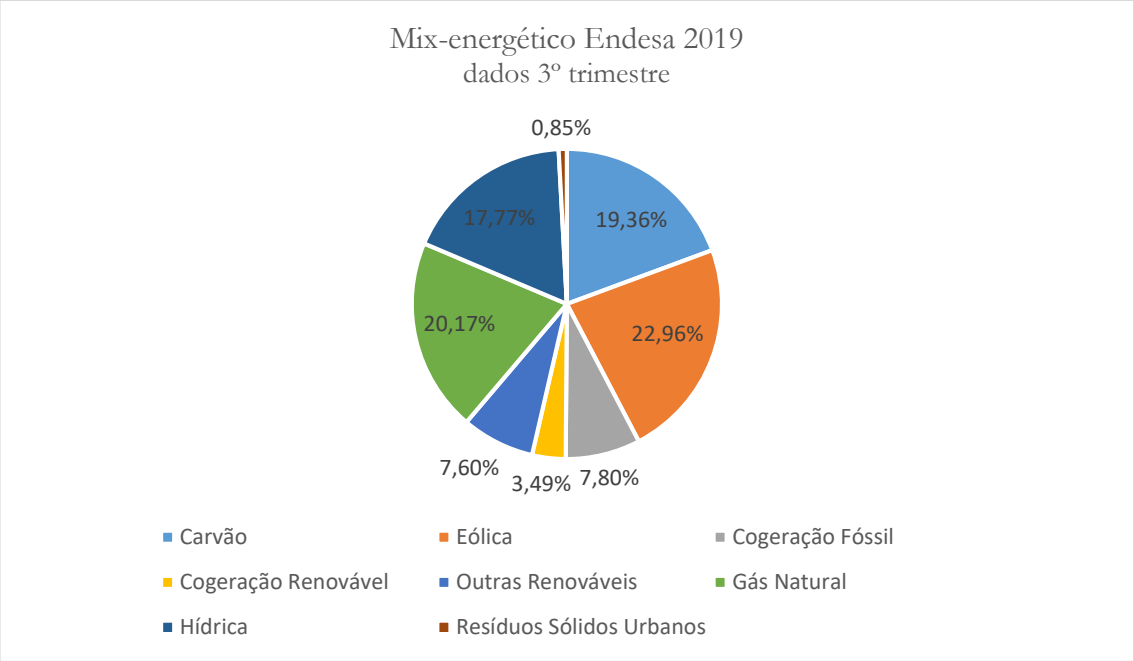


Figura 5 - Mix-energético da Endesa, dados do 3º trimestre 2019 (fonte: fatura Endesa).

Em 2018, a CP reduziu em 20% as suas emissões de CO_{2eq} decorrentes do consumo de energia elétrica, passando de106991,3 tCO_{2eq} para 85693,6 tCO_{2e}. Para tal, existiu uma redução do número de comboios, bem como a alteração do mix-energético do fornecedor (CP,2020).

A Pegada de Carbono da CP, em 2018, teve uma redução de 17% face a 2017, essencialmente por via da energia de alta tensão. Na figura 6 mostramos as emissões de CO_{2eq} da empresa.

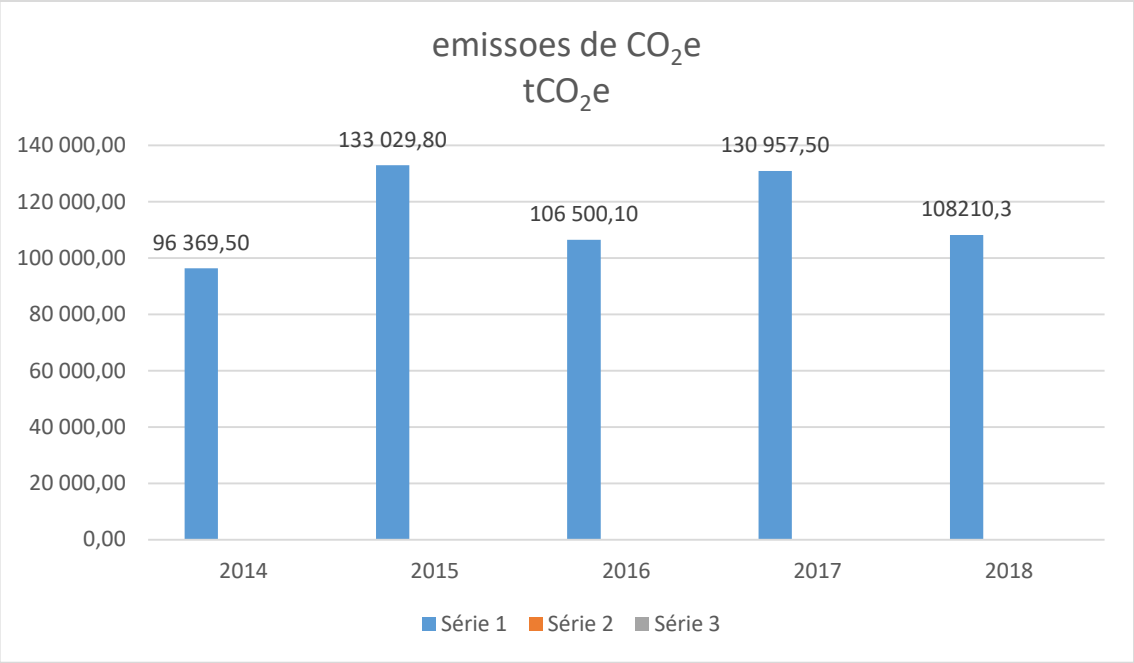


Figura 6 - Emissões de CO2 anual expressa em tCO2 (fonte: CP 2020).

5. CP- URBANOS DO PORTO

A CP Urbanos do Porto serve, atualmente, oitenta e duas estações, que englobam os distritos do Porto, Braga e Aveiro num raio de sessenta quilómetros, estando estas distribuídas por quatro linhas:

- Porto-Braga;
- Porto-Guimarães;
- Porto-Marco Canaveses;
- Porto-Aveiro.

O tempo médio dos percursos é de cerca de uma hora, fazendo interface multimodal com vários operadores dos quais se destaca o Metro do Porto (MP) os Serviços Transportes Coletivos do Porto (STCP).

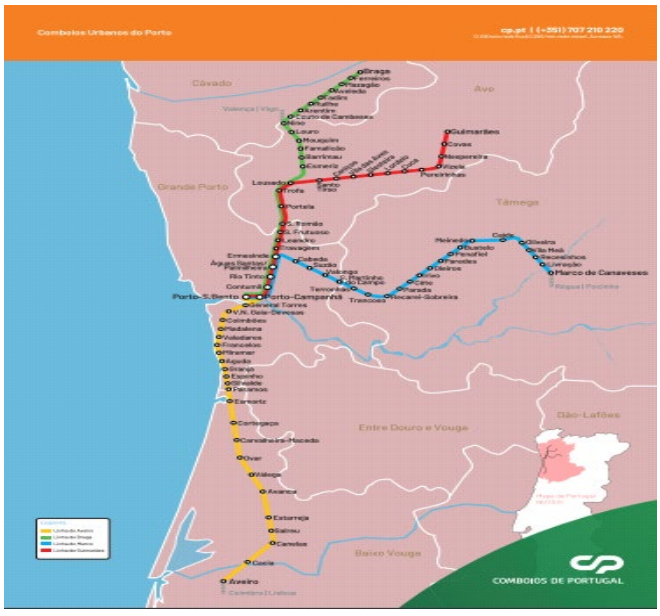


Figura 7 - Mapa da Rede Ferroviária Urbana do Porto (Fonte: CP 2020).

O fluxo de passageiros direciona-se para a cidade do Porto, na parte da manhã e no sentido oposto na parte de tarde.

5.1. Frota

Atualmente a CP Urbanos do Porto dispõe de um Frota de 34 unidades motoras da série 3400, denominadas UME´S 3400, que entraram ao serviço em 2002, com uma velocidade máximo de 140 km/h, e 55 unidades da série 2200 que entraram ao serviço em 2003 (após modernização), com uma velocidade máxima de 120 km/h e efetuam serviço urbano no Porto bem como em outras unidades.

Ambas as unidades são de tração elétrica de 25 kV e 50 Hz de motores trifásicos assíncronos.

A UME`S 3400, que será a unidade que vai estar no epicentro do trabalho, possui 6 motores de tração de potência nominal de 250 kW cada. Estas unidades têm um comprimento total de 66800 mm e uma tara de 118,7 t podendo, em sobrecarga, atingir 169 t por/ UME que dispõe de 4 veículos, cada veículo possui 4 portas, 2 de cada lado, perfazendo um total de 16 portas, 8 de cada lado, permitindo um fácil e rápido fluxo de passageiros no embarque e desembarque. Cada veículo tem uma lotação máxima de 750 indivíduos, estando equipado com dispositivos de rampas para pessoas de mobilidade reduzida que pretendam viajar de cadeira de rodas, bem como locais para bicicletas e outros utensílios. Estas unidades podem ser acopladas em dupla aumentando a sua capacidade para o dobro. Por questões de segurança e conforto a taxa de ocupação para carga máxima de 615 lugares, distribuídos por 180 sentados e 435 de pé conforme tabela 7(CP,2020).

Tabela 1- Capacidade das unidades motoras utilizadas nos comboios Urbanos do porto (fonte: CP, 2020).

Tipo de material	Material Motor	Carga Normal (3 passageiros em pé/m2)			Carga Máxima (5 passageiros em pé/m2)			Sobrecarga (5 passageiros em pé/m2 corredores + 7 passageiros em pé/m2)		
		Lugares sentados	Lugares de pé	TOTAL	Lugares sentados	Lugares de pé	TOTAL	Lugares sentados	Lugares de pé	TOTAL
1	UME 3400	189	253	442	180	435	615	180	536	716
2	UTE 2240	264	163	427	264	272	536	264	308	572

5.2. Consumos

A CP Urbanos do Porto, atualmente, tem a sua pegada ecológica centrada basicamente no consumo de energia das unidades motoras da serie 3400.

É, assim, extremamente importante avaliar os consumos destas unidades e estudar de que maneira os mesmos podem ser reduzidos, bem como se o seu uso está a sê-lo de uma forma eficaz face ao uso de outros tipos de energia.

As unidades UME 3400 tem um sistema de tração elétrica que absorve energia da catenária, do IP (Infraestruturas de Portugal), utilizando para a tração da unidade (energia absorvida) e, em simultâneo, aquando das frenagens devolve à catenária energia produzida dessa maneira (energia recuperada), e assim, desta diferença, resulta a energia consumida pela unidade (energia consumida).

Desta forma, foram recolhidos dados através de um programa da CP que monitoriza os consumos de cada comboio em contexto real, de forma a criar uma tabela de dados em que se discrimina os comboios nas horas selecionadas,

detalhando-os por comboio, mês, média anual, o valor da energia absorvida, da energia recuperada e da energia consumida conforme se representa na tabela 2.

Tabela 2- Média do consumo de energia por comboio no sentido Penafiel - Porto São Bento

	Origem		Destino				Média do consumo de energia por comboio- Dias Úteis													
Num.	O.	H.Part	D.	H.Ch	T.Mat	Q.Mat	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	$\bar{X}$Cons.	Abs.	Rec.
15402	PEN.	07:07	P.S.B.	8:00	1	2	166	159	146	144	130	137	147	147	146	145	170	173	151	308	154
15404	PEN.	07:27	P.S.B.	8:20	1	2	176	168	183	161	168	169	144	139	180	156	168	177	166	322	157
15406	PEN.	08:07	P.S.B.	9:00	1	2	154	149	159	146	145	127	147	150	146	144	136	153	147	306	160
15408	PEN.	09:07	P.S.B.	10:00	1	1	155	145	138	119	139	134	138	128	137	134	147	148	139	308	154
15410	PEN.	10:07	P.S.B.	11:00	1	1	154	153	140	147	150	141	157	165	171	162	161		155	308	154
															Média da família				151,22	310,56	155,54

É, assim, preponderante realizar uma monitorização detalhada entre o consumo energético e o fluxo de passageiros por comboio, em particular nas horas de ponta, já que é nesta altura que há maior fluxo de passageiros. Esta avaliação é de extrema importância para calcular a pegada carbónica dos comboios Urbanos do Porto.

5.3. Variáveis

De modo a responder à questão levantada *" comparação da pegada carbónica do comboio versus automóvel e a pegada por passageiro por Km "*, que neste estudo é compreendido como o consumo de energia por quilómetro, foram utilizadas as seguintes variáveis explicativas:

- número de comboios (COMB);

- veículo (V);

- número de passageiros (PAX).

O Consumo energético no transporte ferroviário pode ser mensurado de várias formas:

i) Pelo número de lugares por quilómetro (LUG/km);

ii) Por veículo quilómetro (V*km);

iii) Peso quilómetro (P*Km);

iv) Automóvel quilómetro (AUT*km);

v) Bem como pela taxa de ocupação quilometro (OCUP*km).

A energia usada no transporte ferroviário esta relacionado pela ocupação e pelos quilómetros percorridos. Pelo presente, podemos afirmar que toda a energia que é utilizada nos veículos advém da energia que é usada na tração, bem como nos sistemas auxiliares para a sua operação, desde iluminação, ar condicionado bem como sistemas de controlo, sendo a energia usada na tração a que mais expressão tem no consumo elétrico (Gong e Chang (2005)).

Segundo Wang e Racha (2007), os veículos ferroviários movidos a tração elétrica são bastante complexos, pelo que possuem sistemas de tração com várias dinâmicas e frenagens dinâmicas que implicam um grande consumo energético. A quantidade de energia necessária para iniciar a marcha não vai ser a mesma para manter a velocidade. A energia usada para reduzir a velocidade não vai ser a mesma que a usada para inicializar a marcha, bem como a ocupação também influencia o consumo energético, um maior peso determina um maior consumo, em determinada altura do ano potencia-se um maior consumo por parte da necessidade de ligar o ar condicionado.

Assim, é de extrema importância avaliar os fatores principais que influenciam o consumo de energia. Desde:

i) Taxa de ocupação (peso);

ii) Número de paragens;

iii) Morfologia da linha;

iv) Número de veículos;

v) Bem como a altura do ano.

O número de paragens assume uma grande importância no consumo energético, já que quantas mais paragens se efetuarem, mais energia irá ser utilizada para o arranque da composição.

6. METODOLOGIA

Este estudo foi elaborado com o intuito de avaliar a sustentabilidade do transporte ferroviário, quantificando a sua pegada carbónica, em comparação com a do transporte individual (automóvel particular), recorrendo para isso a um troço específico dos comboios urbanos do Porto.

Para tal foi selecionada a linha do Douro, no trajeto Porto-Penafiel -Porto, para os utentes que habitam na área geográfica que é servida pela rede ferroviária CP, ilustrada na figura 8,

O referido estudo será dividido em duas fases, uma primeira num contexto "REAL" e uma segunda fase, num "CENÁRIO" hipotético, mas seguramente próximo do real. Na primeira fase foi calculada a pegada carbónica real dos utentes da CP para o trajeto proposto no estudo. Na segunda fase, foram criados vários cenários para o mesmo trajeto, comparando o desempenho dos utentes dos comboios versus o desempenho dos utentes quando utilizam de viatura própria.

A recolha de dados atrás descritos, foi efetuada recorrendo a dados disponibilizados pela CP, bem como dados obtidos na Internet, que permitiram a viabilização do estudo.

Assim, neste estudo foi recolhida uma amostra de 13 comboios distribuídos pelo trajeto Urbano da Linha do Douro referentes à família Porto São Bento - Penafiel - Porto São Bento, no período de maior fluxo (7h30- 11h30) no sentido Porto e também no período de maior fluxo mas em sentido contrário (16h30-20h30) ou seja no sentido Penafiel, tendo como referência a estação de Porto S. Bento , para o ano 2019. Assim, foram avaliados um total de 13 comboios, sendo 5 no sentido Penafiel-Porto e 8 no sentido Porto Penafiel.

Desta forma, foi avaliada a distância a percorrer pelos utentes, definindo vários cenários de pegadas carbónicas. Foram definidos para o presente estudo os valores constantes na Infraestruturas de Portugal (IP). Sendo a distância Porto – Penafiel de 40,6 Km ida (CP 2020a)e de 45Km ida para o percurso de automóvel como referenciado na figura 8.

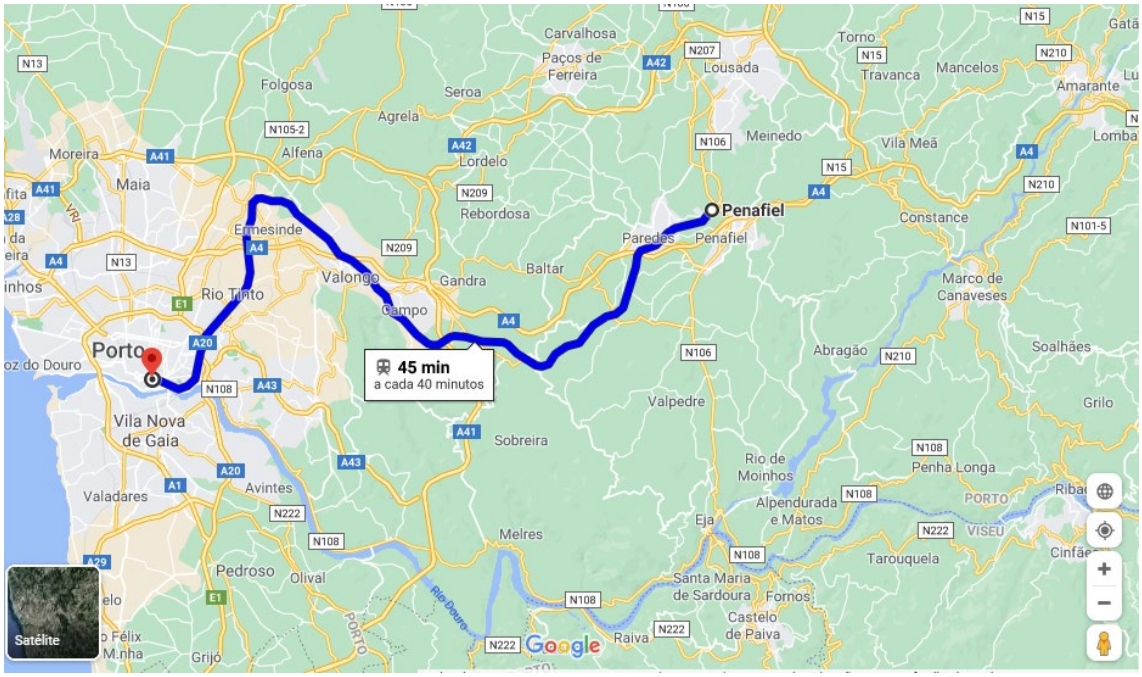


Figura 8 - Trajeto realizado pelo comboio com o tempo médio de 45 min (fonte: google maps 2020).

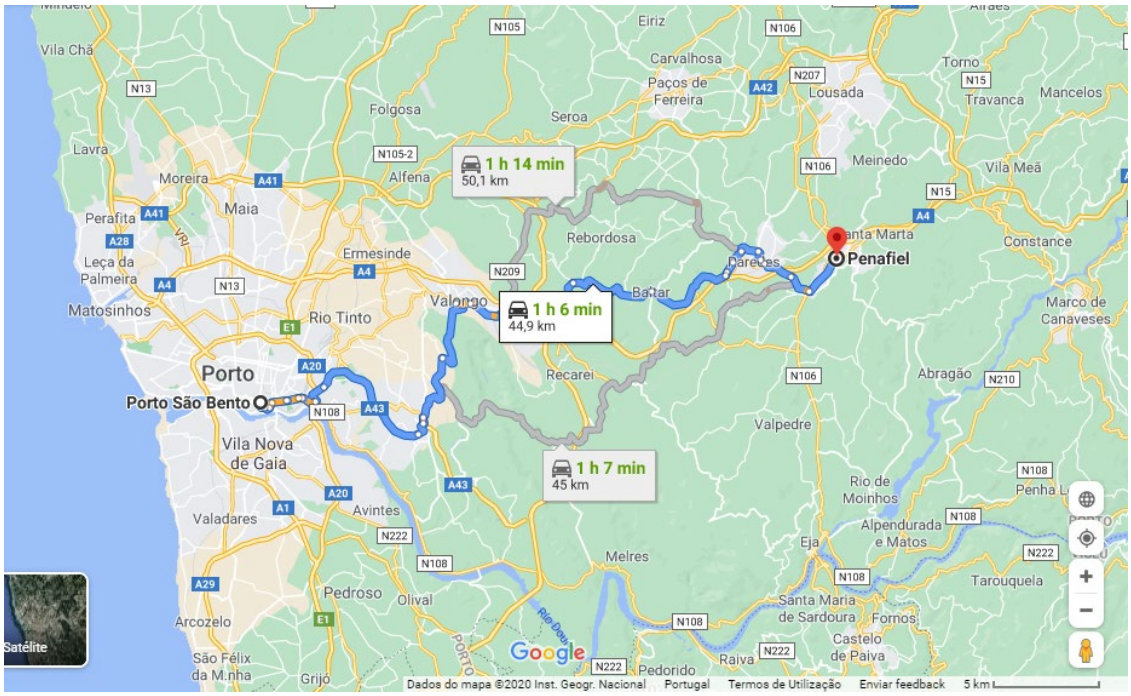


Figura 9 - Trajeto realizado em viatura própria, considerando percursos alternativos para o trajeto Penafiel - Porto, com o tempo médio e distância percorrida (fonte: google maps 2020).

6.1. Contexto Real

Para realização do estudo em contexto real, foram recolhidas amostras dos picos de transportes de passageiros atrás discriminados e criadas tabelas referentes aos 3 anos em análise. Embora o estudo incida somente no ano de 2019, será importante verificar as tendências dos fluxos de passageiros e os consumos anuais para o percurso selecionado.

1 Recolha de dados.

Pico de passageiros por comboio
Consumo energético por unidade motora

2 Criação de Tabelas consumos

Consumos energéticos por unidade/dia/mês/ano

Criação de tabelas picos máximos de passageiros

Picos máximos passageiros por comboio/ dia/mês/ano

3 Comparação entre os consumos médios e os picos máximos de passageiros.

2017

Tabela 3- Média dos picos de transporte de passageiros no sentido Penafiel - Porto para o ano 2017 (fonte: CP,2020).

	Origem		Destino				Média dos Picos Máximos - Dias Úteis													
Num.	O.	H.Part	D.	H.Cheg	T.Mat	Q.Mat	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	X̄ ano	Max
15404	PEN.	6:57	P.S.B.	7:50	1	1	286	312	317	270	303	265	221	147	309	366	349	253	283	366
15406	PEN.	7:07	P.S.B.	8:00	1	2	452	433	493	369	419	356	285	158	411	585	544	389	408	585
15408	PEN.	7:31	P.S.B.	8:20	2	2	365	179	365	318	428	180	160	178	228	571	550	514	336	571
15410	PEN.	8:07	P.S.B.	9:00	1	2	500	503	546	489	531	500	453	326	427	535	548	485	487	548
15412	PEN.	9:07	P.S.B.	10:00	1	1	215	222	243	230	244	235			212	230	235	247	231	247
															Média da família				**349,08**	

Tabela 4- Média dos picos de transporte de passageiros sentido Porto - Penafiel para o ano de 2017 (fonte: CP,2020).

	Origem		Destino				Média dos Picos Máximos - Dias Úteis													
Num.	O.	H.Part	D.	H.Cheg	T.Mat	Q.Mat	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	X̄ ano	Max
15417	P.S.B.	16:35	PEN.	17:29	1	1	86	81	88	71	70	73	54	28	74	75	83	72	71	88
15419	P.S.B.	17:00	PEN.	17:53	1	1	364	369	376	339	352	317	257	191	330	384	396	309	332	396
15421	P.S.B.	17:25	PEN.	18:07	2	2					371	314				485	400		393	485
15423	P.S.B.	18:00	PEN.	18:53	1	2	502	479	488	394	469	395	323	240	429	552	582	456	442	582
15425	P.S.B.	18:25	PEN.	19:07	1	1	324	324	342	334	326	296			312	362	364	330	331	364
15427	P.S.B.	18:35	PEN.	19:29	1	1	185	184	193	186	178	180	170	127	165	198	182	164	176	198
15429	P.S.B.	19:00	PEN.	19:53	1	1	299	336	338	295	328	299	273	237	300	333	349	293	307	349
15431	P.S.B.	20:00	PEN.	20:53	1	1	119	158	178	176	181	174	158	129	157	193	177	159	163	193
															Média da família				**276,92**	

2018

Tabela 5- Média dos picos de trsnporte de passageiros no sentido Penafiel - Porto para o ano 2018 (fonte: CP, 2020).

	Origem		Destino				Média dos Picos Máximos - Dias Úteis													
Num.	O.	H.Part	D.	H.Cheg	T.Mat	Q.Mat	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	X̄ ano	Max
15404	PEN.	6:57	P.S.B.	7:50	1	1	311	299	298	313	308	266	216	179	381	467	436	320	316	467
15406	PEN.	7:07	P.S.B.	8:00	1	2	481	491	494	466	517	415	310	187	456	604	621	374	451	621
15408	PEN.	07:29	P.S.B.	8:20	1	2	529		469	458	518	426	279	223	438	621	593	405	451	621
15410	PEN.	8:07	P.S.B.	9:00	1	2	532	533	556	556	568	533	480	326	475	560	605	446	514	605
15412	PEN.	9:07	P.S.B.	10:00	1	1	224	229	243	246	255	231	250		235	262	251	252	243	262
															Média da família				**395,15**	

Tabela 6 Média dos picos de transporte de passageiros no sentido Porto - Penafiel para o ano 2018 (fonte: CP, 2020).

	Origem		Destino				Média dos Picos Máximos - Dias Úteis													
Num.	O.	H.Part	D.	H.Cheg	T.Mat	Q.Mat	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	$\bar{x}$ ano	Max
15417	P.S.B.	16:35	PEN.	17:29	1	1	74	72	74	86	66	63	65	80	69	79	76	63	72	86
15419	P.S.B.	17:00	PEN.	17:53	1	1	363	348	352	361	349	328	246	176	297	335	364	306	319	364
15421	P.S.B.	17:25	PEN.	18:07	1	2	506		465	450	507	446	439	266	461	542	540	413	458	542
15423	P.S.B.	18:00	PEN.	18:53	1	2	483	493	479	442	468	396	339	245	480	577	569	453	452	577
15425	P.S.B.	18:25	PEN.	19:08	1	1	348	341	352	327	360	332	314		365	374	383	339	349	383
15427	P.S.B.	18:35	PEN.	19:29	1	1	181	186	189	219	215	189	186	98	143	186	198	173	180	219
15429	P.S.B.	19:00	PEN.	19:53	1	2	328	354	353	330	344	295	314	261	342	364	378	336	333	378
15431	P.S.B.	20:00	PEN.	20:53	1	1	156	160	155	178	198	156	151	131	176	180	182	171	166	198
															Média da família				291,09	

2019

Tabela 7-- Média dos picos de transporte de passageiros no sentido Penafiel - Porto para o ano 2019 (fonte: CP, 2020).

	Origem		Destino				Média dos Picos Máximos - Dias Úteis													
Num.	O.	H.Part	D.	H.Cheg	T.Mat	Q.Mat	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	$\bar{x}$ ano	Max
15402	PEN.	07:07	P.S.B.	8:00	1	2	122	136	134	132	138	131	302	318	747	915	880	561	376	915
15404	PEN.	07:27	P.S.B.	8:20	1	2	403	424	400	348	403	349	352	199	465	639	632	451	422	639
15406	PEN.	08:07	P.S.B.	9:00	1	2	498	518	534	429	515	453	424	359	549	637	633	543	508	637
15408	PEN.	09:07	P.S.B.	10:00	1	1	589	529	572	430	510	466	365		273	304	299	299	421	589
15410	PEN.	10:07	P.S.B.	11:00	1	1	522	550	557	576	562	534	290	175	130	135	145	139	360	576
																	dia da fam		417,38	

Tabela 8- Média dos picos de transporte de passageiros no sentido Porto- Penafiel para o ano 2019 (fonte: CP, 2020).

	Origem		Destino				Média dos Picos Máximos - Dias Úteis													
Num.	O.	H.Part	D.	H.Cheg	T.Mat	Q.Mat	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	$\bar{x}$ ano	Max
15419	P.S.B.	17:00	PEN.	17:53	1	1	347	350	351	333	336	319	305	250	390	452	458	387	356	458
15421	P.S.B.	17:35	PEN.	18:28	1	1	487	491	483	488	479	468	271	108	187	247	260	242	351	491
15423	P.S.B.	18:00	PEN.	18:53	1	2	519	552	562	492	539	449	321	197	338	328	425	299	418	562
15425	P.S.B.	18:20	PEN.	19:02	1	1	375	377	392	384	395	362	357	301	371	419	432	358	377	432
15427	P.S.B.	18:35	PEN.	19:28	1	1	185	185	192	200	211	206	175		181	229	234	193	199	234
15429	P.S.B.	19:00	PEN.	19:53	1	1	344	386	381	347	414	355	414	357	433	481	454	420	399	481
15431	P.S.B.	19:35	PEN.	20:28	1	1	160	185	193	187	226	202	128	54	57	79	64	75	134	226
15433	P.S.B.	20:00	PEN.	20:53	1	1	57	61	72	58	91	77	164	170	156	188	159	136	116	188
															Média da família				293,84	

De igual modo, para poder efetuar o cálculo da pegada carbónica, foram elaboradas tabelas referente aos consumos energéticos dos mesmos comboios no mesmo

período. Além das médias correspondentes, podemos analisar a eficiência energética das unidades da CP Urbanos, bem como a evolução dos consumos nos 3 anos considerados.

2017

Tabela 9- Média dos consumos energéticos para os comboios no sentido Penafiel - Porto para o ano de 2017 (fonte: CP, 2020).

	Origem		Destino				Média do consumo de energia por comboio- Dias Úteis													
Num.	O	H.Part	D	H.Ch	T.Mat	Q.Mat	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	$\bar{x}$Cons.	Abs.	Rec.
15404	PEN.	6:57	P.S.B.	7:50	1	1	165	167	166	151	154	145	152	137	154	158	158	167	156	307	151
15406	PEN.	7:07	P.S.B.	8:00	1	2	160	160	139	139	152	135	143	137	144	144	150	154	146	295	148
15408	PEN.	7:31	P.S.B.	8:20	2	2	155	145	138	119	139	134	138	128	137	134	147	148	139	284	145
15410	PEN.	8:07	P.S.B.	9:00	1	2	152	145	143	141	148	136	138	139	161	143	176	152	148	309	161
15412	PEN.	9:07	P.S.B.	10:00	1	1	131	147	146	150	140	147	145	134	156	137			143	294	151
															Média da família				146	298	151

Tabela 10- Média dos consumos energéticos para os comboios no sentido Porto - Penafiel para o ano 2017 (fonte: CP, 2020).

	Origem		Destino				Média do consumo de energia por comboio- Dias Úteis													
Num.	O	H.Part	D	H.Ch	T.Mat	Q.Mat	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	$\bar{x}$Cons.	Abs.	Rec.
15417	P.S.B.	16:35	PEN.	17:29	1	1	206	214	210	190	197	208	203	201	199	187	202	203	202	337	136
15419	P.S.B.	17:00	PEN.	17:53	1	1	215	226	214	233	224	222	208	204	224	222	213	198	217	369	152
15421	P.S.B.	17:25	PEN.	18:07	2	2					194	191				190	200		194	297	104
15423	P.S.B.	18:00	PEN.	18:53	1	2	199	203	216	199	217	210	207	200	203	208	202	192	205	351	146
15425	P.S.B.	18:25	PEN.	19:07	1	1	198	213	214	192	203	198			204	210	211	204	204	307	103
15427	P.S.B.	18:35	PEN.	19:29	1	1	197	181	195	202	206	200	201	196	199	218	182	201	198	333	135
15429	P.S.B.	19:00	PEN.	19:53	1	1	210	196	199	221	212	208	208	208	201	200	196	190	204	350	145
15431	P.S.B.	20:00	PEN.	20:53	1	1	200	197	203	197	202	193	198	206	203	200	199	200	200	336	136
															Média da família				203	335	132

2018

Tabela 11- *Média dos consumos energéticos para os comboios no sentido Penafiel - Porto para o ano 2018 (fonte: CP, 2020)*

	Origem		Destino				Média do consumo de energia por comboio- Dias Úteis													
Num.	O	H.Part	D	H.Ch	T.Mat	Q.Mat	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	$\bar{x}$Cons.	Abs.	Rec.
15404	PEN.	6:57	P.S.B.	7:50	1	1	180	179	160	150	146	142	139	123	159	145	159	150	153	310	157
15406	PEN.	7:07	P.S.B.	8:00	1	2	155	157	155	154	141	142	145	135	145	152	135	148	147	299	152
15408	PEN.	07:29	P.S.B.	8:20	1	2	165	137	161	146	146	140	135	168	134	148	146	147	148	294	147
15410	PEN.	8:07	P.S.B.	9:00	1	2	140	147	146	135	146	145	143	139	148	142	155	143	144	308	164
15412	PEN.	9:07	P.S.B.	10:00	1	1	156	143	129	135	128	127	128	137	134	128			134	289	154
															Média da família				145	300	155

Tabela 12- Média dos consumos energéticos para os comboios no sentido Penafiel - Porto para o ano 2018 (fonte: CP, 2020)

	Origem		Destino				Média do consumo de energia por comboio- Dias Úteis													
Num.	O	H.Part	D	H.Ch	T.Mat	Q.Mat	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	$\bar{X}$Cons.	Abs.	Rec.
15417	P.S.B.	16:35	PEN.	17:29	1	1	195	192	197	195	191	227	206	195	213	207	190		201	337	136
15419	P.S.B.	17:00	PEN.	17:53	1	1	216	213	228	211	234	208	209	208	223	207	222	202	215	362	147
15421	P.S.B.	17:25	PEN.	18:07	1	2			193	199	208	207	210	199	207	205	200	184	201	305	103
15423	P.S.B.	18:00	PEN.	18:53	1	2	189	207	202	221	223	204	198	198	205	194	214	190	204	352	148
15425	P.S.B.	18:25	PEN.	19:08	1	1	202	211	197	217	215	212	291		224	212	206	208	218	323	106
15427	P.S.B.	18:35	PEN.	19:29	1	1	195	192	189	178	210	195	195	221	187	221	198	193	198	332	134
15429	P.S.B.	19:00	PEN.	19:53	1	2	200	200	211	207	215	206	202	206	204	207	208	206	206	354	148
15431	P.S.B.	20:00	PEN.	20:53	1	1	199	187	212	192	198	206	201	199	201	200	206	196	200	336	136
															Média da família				**205**	**338**	**132**

2019

Tabela 13-Média dos consumos energéticos para os comboios no sentido Penafiel - Porto para o ano 2019 (fonte: CP, 2020).

	Origem		Destino				Média do consumo de energia por comboio- Dias Úteis													
Num.	O.	H.Part	D.	H.Ch	T.Mat	Q.Mat	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	$\bar{X}$Cons.	Abs.	Rec.
15402	PEN.	07:07	P.S.B.	8:00	1	2	166	159	146	144	130	137	147	147	146	145	170	173	151	308	154
15404	PEN.	07:27	P.S.B.	8:20	1	2	176	168	183	161	168	169	144	139	180	156	168	177	166	322	157
15406	PEN.	08:07	P.S.B.	9:00	1	2	154	149	159	146	145	127	147	150	146	144	136	153	147	306	160
15408	PEN.	09:07	P.S.B.	10:00	1	1	155	145	138	119	139	134	138	128	137	134	147	148	139	308	154
15410	PEN.	10:07	P.S.B.	11:00	1	1	154	153	140	147	150	141	157	165	171	162	161		155	308	154
															Média da família				**151,22**	**310,56**	**155,54**

Tabela 14- Média dos consumos energéticos para os comboios no sentido Porto - Penafiel para o ano 2019 (fonte: CP, 2020).

	Origem		Destino				Média do consumo de energia por comboio- Dias Úteis													
Num.	O	H.Part	D	H.Ch	T.Mat	Q.Mat	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	$\bar{X}$Cons.	Abs.	Rec.
15419	P.S.B.	17:00	PEN.	17:53	1	1	201	218	220	221	223	214	229	223	220	224	223	204	219	368	150
15421	P.S.B.	17:35	PEN.	18:28	1	1	188	204	198	203	208	208	214	209	212	206	207	203	205	326	121
15423	P.S.B.	18:00	PEN.	18:53	1	2	216	211	206	216	225	211	200	203	201	198	190	195	206	351	145
15425	P.S.B.	18:20	PEN.	19:02	1	1	210	208	216	232	211	229	234	223	209	205	229	209	218	325	107
15427	P.S.B.	18:35	PEN.	19:28	1	1	190	203	205	201	198	204	208		213	206	208	199	203	347	143
15429	P.S.B.	19:00	PEN.	19:53	1	1	211	202	218	202	209	208	214	228	220	208	219	208	212	362	150
15431	P.S.B.	19:35	PEN.	20:28	1	1	202	200	202	201	208	202	190	197	217	205	202	228	204	344	139
15433	P.S.B.	20:00	PEN.	20:53	1	1	205	200	193	178	197	219	208	187	186	188	197	210	197	329	132
															Média da família				**208**	**344**	**136**

Através da recolha exaustiva de dados, relativamente ao consumo energético, número de passageiros e depois de se ter definido as distâncias a percorrer, devem

ser definidos os fatores de emissões diárias de CO_{2e} associadas às deslocações dos utentes do referido trajeto, contantes na tabela 15.

Tabela 15 Fatores de emissão para automóveis e a energia de alta tensão Endesa (fonte: Endesa, 2020 e IMT, 2019).

Tipo de combustível/energia elétrica	**Fatores de emissão**
Automóvel	0,14 $kgCO_2/km$
Energia elétrica (Endesa)	284,83 kWh

No transporte individual, e perante tanta diversidade de veículos, não é possível identificar o tipo de carburante usado, como tal efetuou-se uma aproximação relativa aos dois tipos de combustível mais comercializados, segundo Guia de Economia de Combustível Automóveis referenciado que na combustão de 1litro de combustível se emite aproximadamente 2,8 kg de CO_{2eq}. Assim, definiu-se uma média de 2,8 $kgCO_2/l$, ponderando uma média de consumo por veículo de cerca e 5 litros aos 100 km chegou-se ao valor de 0,14 $kgCO_{2eq}$ valor padrão para o cálculo das emissões de CO_{2eq}.

Para o transporte dos comboios Urbanos da CP Porto, foi usado o fator de emissão da Endesa, que nos foi facultado através de troca de emails com responsáveis da CP, podendo os mesmos também ser obtidos na sua página institucional.

6.2. Cenários hipotéticos

Com o intuito de avaliar a sustentabilidade do transporte urbano ferroviário, foram esboçados diferentes cenários, cenários esses que permitem melhor compreender a influência do uso dos transportes na nossa Pegada Carbónica.

Cenário 1

Cálculo da pegada carbónica para o uso de automóvel individual Penafiel-Porto-Penafiel, para um percurso diário de 90 km, considerando uma viagem de ida e volta.

Cenário 2

Comparar as emissões de CO_2 num cenário de ocupação Real dos 13 comboios, versus a mesma quantidade em automóveis.

Cenário 3

Comparação de emissões para cenário de comboio com lotação máxima/o equivalente no automóvel

6.3. Cálculos

De modo a responder à questão levantada," *comparação da pegada carbónica comboio versus automóvel e a pegada por passageiro km* ", que neste estudo é compreendido como o consumo de energia por quilómetro. Foram utilizadas as seguintes variáveis explicativas:

- número de comboios (COMB);
- veículo (V);
- número de passageiros (PAX)

Pegada Carbónica (PG)

A pegada carbónica é definida pela Emissões de CO_{2eq}

Emissões totais diárias em automóvel:

(Equação 1) $$PC = \frac{D*FE}{N}$$

Em que:

D – Distância percorrida (km)

FE - Fator de Fator de emissão (gco_2. km)

N - Número de ocupantes

PC - Pegada carbónica

Emissões totais dos transportes coletivos

(Equação 2) $$\mathrm{PC} = \frac{D*FE}{N}$$

Para o cálculo da pegada de carbono por comboio, e em vista que temos os valores em kWh /comboio definiu-se o processo desta forma:

(Equação 3) $$\mathrm{PC(COM)} = CON * E$$

Em que:

- PC(COM)-Pegada carbónica comboio

O cálculo da pegada carbónica de passageiro por comboio resulta, da multiplicação do consumo energético pelo fator de emissão da energia usada, dividindo o resultado pelo número de passageiros. Assim, obtemos o cálculo da pegada carbónica de Passageiro por comboio.

(Equação 4) $$\mathrm{PC(PAX/COM)} = CON * \frac{E}{N} <=> PC\left(\frac{PAX}{COM}\right) = \frac{\mathrm{PC(COM)}}{\mathrm{D}}$$

Em que:

PC(PAX/COM) -Pegada carbónica passageiro por comboio;

CON- consumo energético.

Cálculo da pegada carbónica de passageiro por quilómetro, é de extrema importância para poder termo de comparação em outros cenários.

Para determinar o consumo de energia por passageiro estabeleceu-se a equação nº5.

(Equação 5) $$PC\left(\frac{PAX}{Km}\right) = CON * \frac{\frac{E}{N}}{D} \quad <=> \quad PC(PAX/Km) = \frac{\mathrm{PC}\left(\frac{\mathrm{PAX}}{\mathrm{COM}}\right)}{\mathrm{D}}$$

7. RESULTADOS

Aqui são colocados e discutidos os resultados obtidos com base nos fluxos de passageiros, bem como os respetivos consumos energéticos, referente às médias dos 3 anos, para as horas de ponta e sentidos referenciados no capítulo anterior. De igual modo vai ser calculada a pegada carbónica para o cenário real (CP) e os vários cenários hipotéticos equacionados.

7.1. Caracterização da amostra Comboio

A tabela 16 mostra a distribuição média dos passageiros transportados nos sentidos Penafiel - Porto e Porto - Penafiel. Constata-se que, percentualmente, a ocupação dos comboios, no sentido do Porto e no sentido de Penafiel encontram-se equilibrados.

De acordo com os valores da amostragem, que representa uma média real diária, a taxa média de ocupação cifra-se nos 42%, para um total de lugares disponível de cerca de 10455 lugares dia para o período de estudo. Resultante dos 13 comboios diários com 17 unidades no seu total.

Tabela 16- Oferta da CP no período selecionado, e a sua ocupação média diária

Sentido	Número Comboios/dia	$\overline{X}$ Passageiros Comboio	totais passageiros	Cap. máxima disponibilizada	% ocupação
Penafiel-Porto	5	417,38	2086,90	4920	42,42%
Porto-Penafiel	8	293,84	2350,72	5535	42,47%

Nas figuras 10 e 11, encontram-se distribuídos os picos máximos de passageiro por comboio. Verificamos que a grande maioria dos passageiros viaja no comboio 15402, atingindo um pico máximo de 915 passageiros. De notar que os comboios no sentido Porto com numeração "par" são os que mais picos atingem.

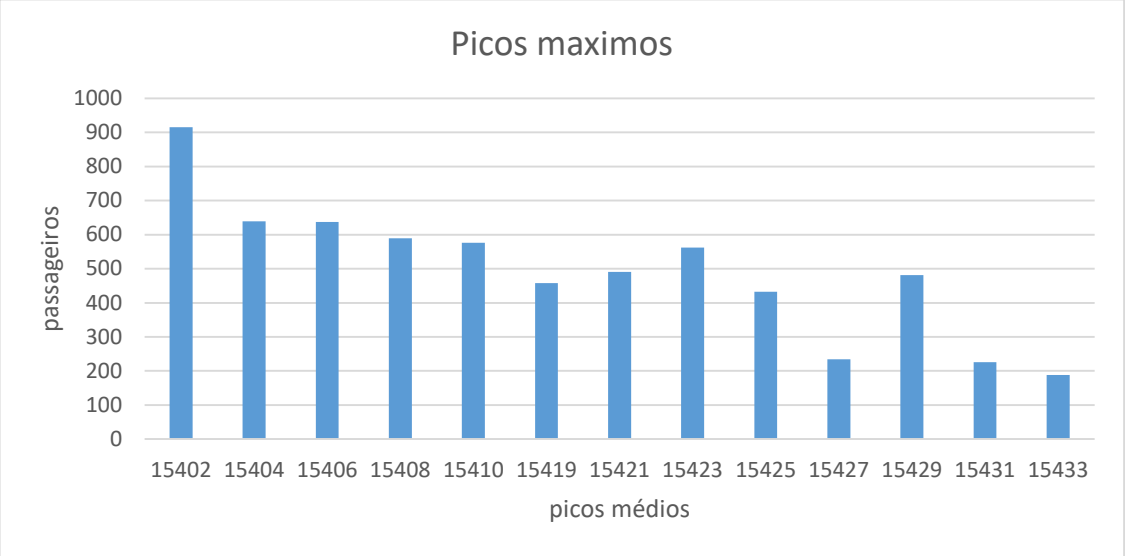


Figura 10 - Distribuição dos picos máximos médios de passageiros em cada comboio.

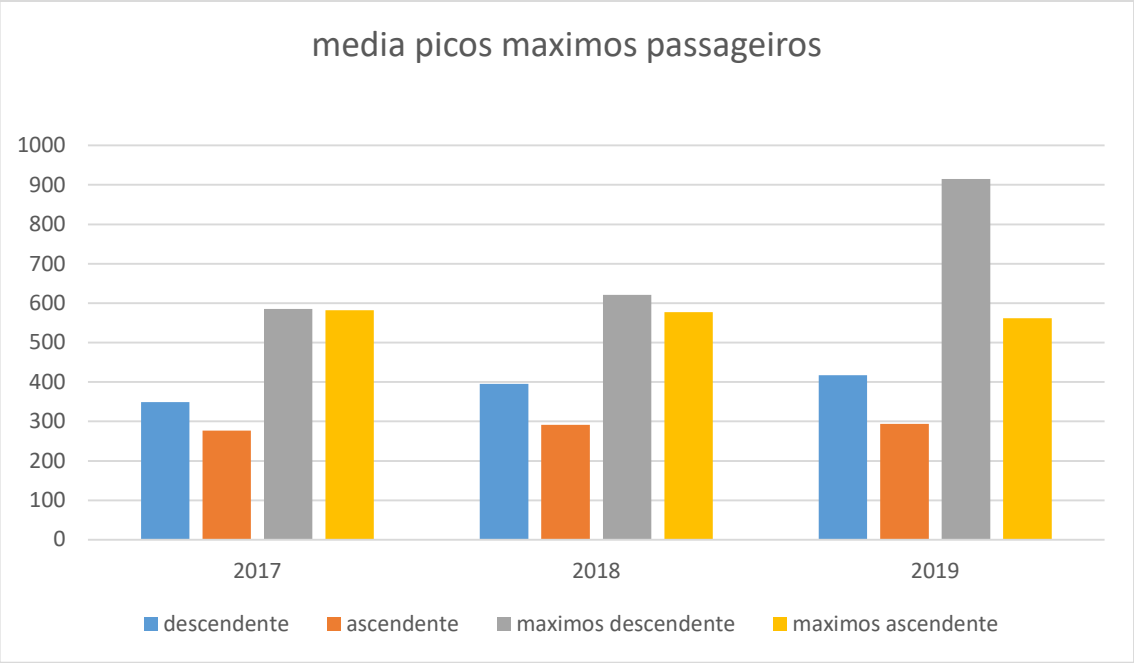


Figura 11 - Média dos picos máximos ascendentes e descendentes de passageiros para os 3 anos e maior pico atingido em cada ano por sentido de deslocação.

7.2. Eficiência Energética

Em relação à eficiência energética, na figura 12, encontra-se a Média da energia consumida, absorvida e recuperada por unidade motora e por trajeto selecionado.

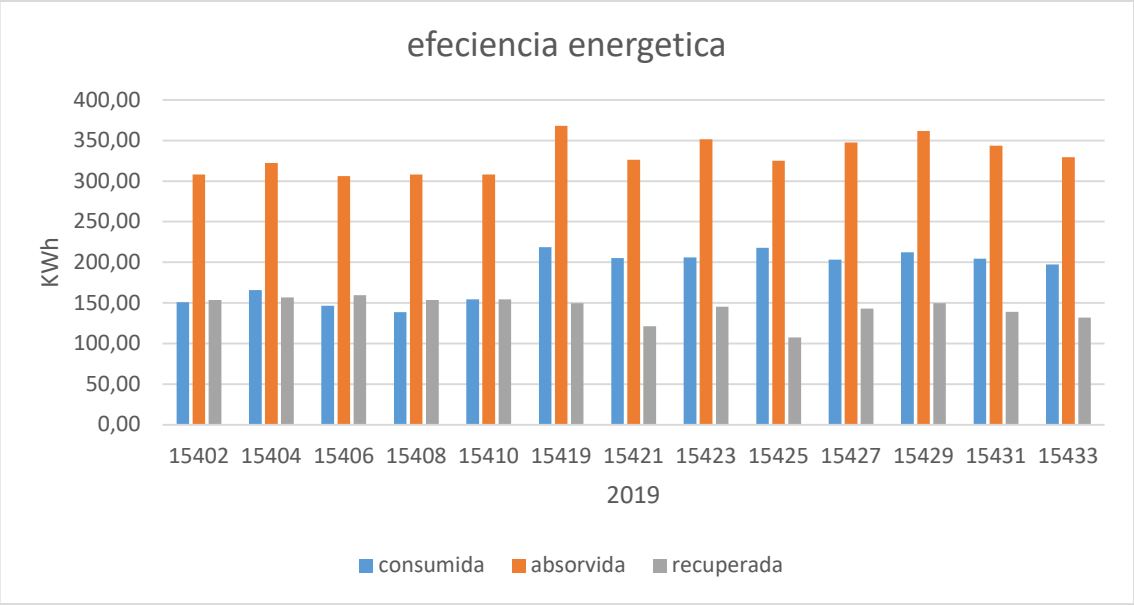


Figura 12 - Média da energia consumida, absorvida e recuperada por unidade motora e trajeto selecionado.

7.3. Emissões de CO2e associados a deslocações reais

7.3.1. Emissões médias por trajeto Penafiel-Porto e Porto-Penafiel em comboio.

Em relação às emissões de CO2, associadas às deslocações reais, na tabela 17 encontram-se valores para a pegada carbónica por passageiro/km para o trajeto Penafiel - Porto, nos 12 meses, bem como a média anual por comboio (valores expressos em gCO_{2eq}) e, na tabela 18, a pegada carbónica por passageiro/km para o trajeto Porto - Penafiel, nos 12 meses, bem como a média anual por comboio (valores expressos em gCO2).

Tabela 17 Pegada carbónica Passageiro/km para o trajeto Penafiel - Porto, nos 12 meses, e média anual por comboio. Valores expressos em gCO2e.

COMBOIO	J	F	M	A	M	J	JL	A	S	O	N	D	AN
15402	9,57	8,22	7,63	7,68	6,58	7,35	3,41	3,25	1,37	1,11	1,36	2,16	2,81
15404	3,07	2,77	3,21	3,25	2,93	3,40	2,87	4,90	2,72	1,71	1,86	2,76	2,75
15406	2,17	2,02	2,09	2,39	1,98	1,97	2,44	2,94	1,87	1,58	1,51	1,98	2,02

15408	1,85	1,92	1,70	1,95	1,92	2,02	2,64	0,00	3,53	3,10	3,44	3,47	2,31
15410	2,07	1,95	1,76	1,79	1,88	1,86	3,79	6,60	9,28	8,37	7,78	0,00	3,01

Tabela 18 - Pegada Carbónica Passageiro/km para o trajeto Porto - Penafiel, nos 12 meses, e média anual por comboio. Valores expressos em gCO2.

COMBOIO	**J**	**F**	**M**	**A**	**M**	**J**	**J**	**A**	**S**	**O**	**N**	**D**	**AN**
15419	4,07	4,38	4,40	4,67	4,67	4,71	5,28	6,26	3,97	3,47	3,42	3,71	4,30
15421	2,70	2,92	2,88	2,92	3,04	3,12	5,54	13,60	7,98	5,85	5,60	5,91	4,10
15423	2,92	2,68	2,57	3,08	2,92	3,30	4,37	7,22	4,17	4,23	3,14	4,57	3,45
15425	3,93	3,86	3,86	4,23	3,74	4,42	4,59	5,20	3,96	3,43	3,72	4,08	4,05
15427	7,21	7,67	7,49	7,03	6,58	6,93	8,31	0,00	8,26	6,31	6,24	7,21	7,15
15429	4,30	3,67	4,01	4,08	3,54	4,11	3,63	4,49	3,57	3,03	3,38	3,48	3,73
15431	8,85	7,56	7,36	7,55	6,46	7,00	10,44	25,74	26,44	18,25	22,18	21,43	10,69
15433	25,39	23,14	18,92	21,76	15,13	19,84	8,87	7,69	8,36	7,00	8,73	10,87	11,97

As figuras 13 e 14 representam a tendência real da pegada carbónica, passageiro por quilómetro (sentido ascendente e descendente), nas suas médias mensais reais.

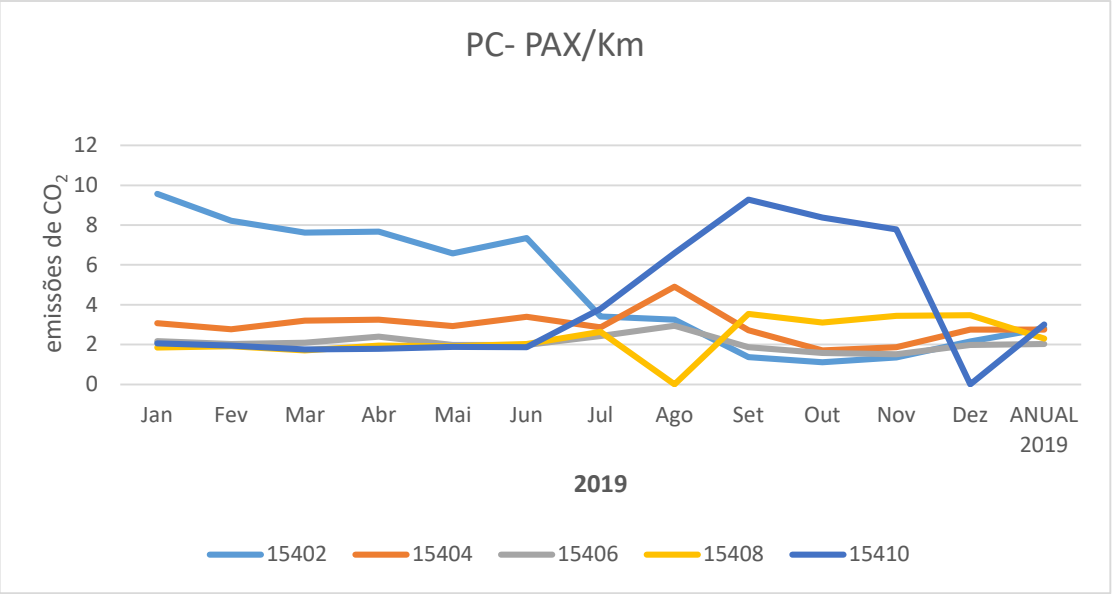


Figura 13 - Pegada Carbónica passageiro/km para o trajeto Porto - Penafiel, nos 12 meses e média anual por comboio. Valores expressos em gCO_2.

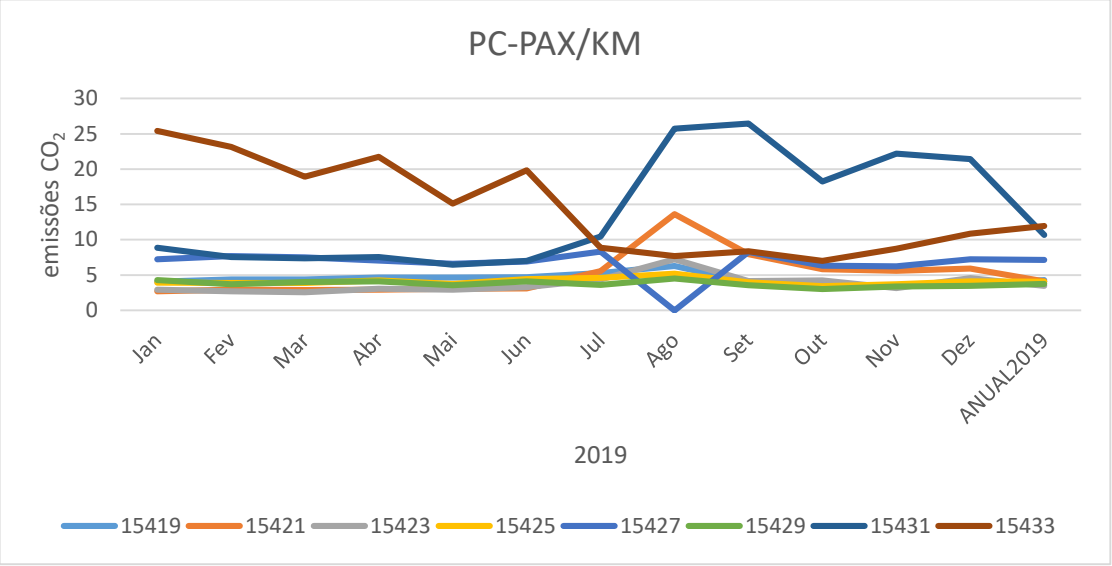


Figura 14 - Pegada Carbónica passageiro/km para o trajeto Porto - Penafiel, nos 12 meses, e média anual por comboio. Valores expressos em gCo2.

As figuras 13 e 14 representam as emissões de CO_2 emitidas por passageiro que viaja de comboio, refletindo desta forma a pegada de carbono por passageiro no referido trajeto Penafiel-Porto-Penafiel.

Assim, podemos avaliar o impacto das emissões do comboio, distribuídas pelos seus ocupantes.

As figuras 15 e 16 representam as emissões de CO_2 emitidas por passageiro que viaja de comboio, refletindo desta forma a pegada de carbono por passageiro no referido trajeto Penafiel-Porto-Penafiel, ou seja, a pegada carbónica Passageiro/Comboio para o trajeto Penafiel – Porto e no sentido inverso.

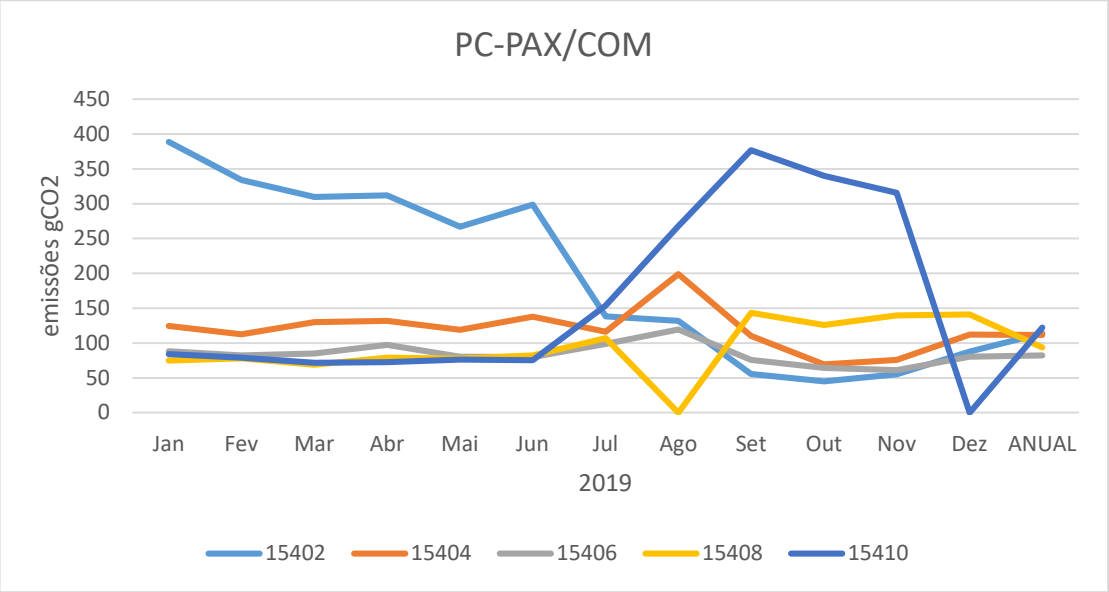


Figura 15 - Pegada Carbónica Passageiro/Comboio para o trajeto Penafiel - Porto, nos 12 meses, e média anual por comboio. Valores expressos em gCO_2.

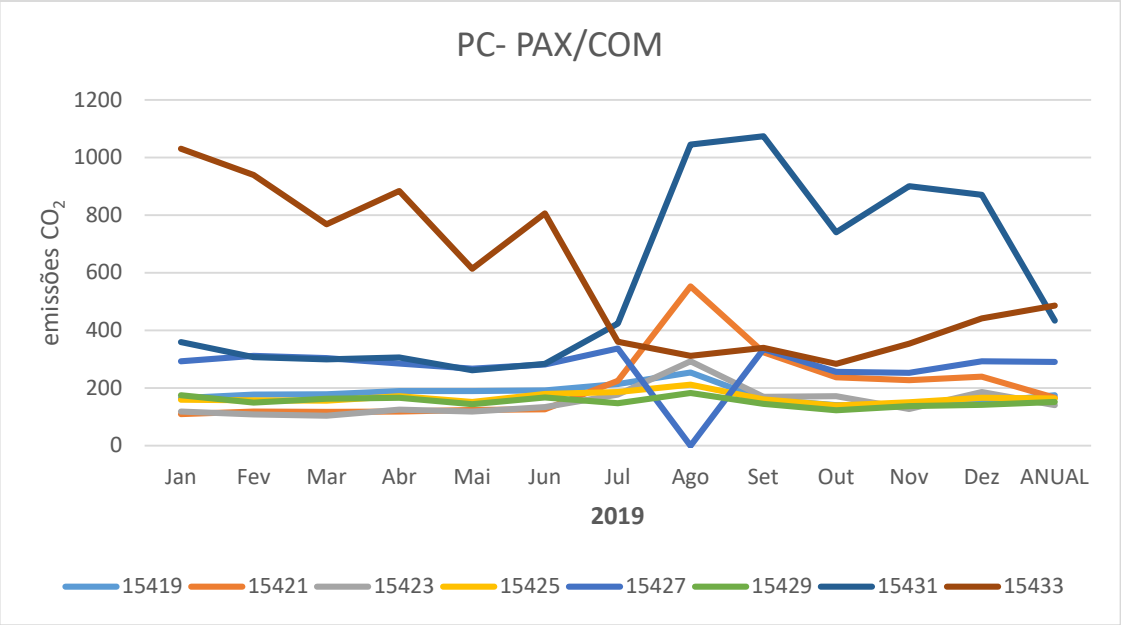


Figura 16 - Pegada Carbónica Passageiro/Comboio para o trajeto Porto - Penafiel, nos 12 meses, e média anual por comboio. Valores expressos em gCO_2.

As figuras 17 e 18 representam a Pegada Carbónica dos comboios para os trajeto Penafiel – Porto e Porto – Penafiel, respetivamente, nos 12 meses.

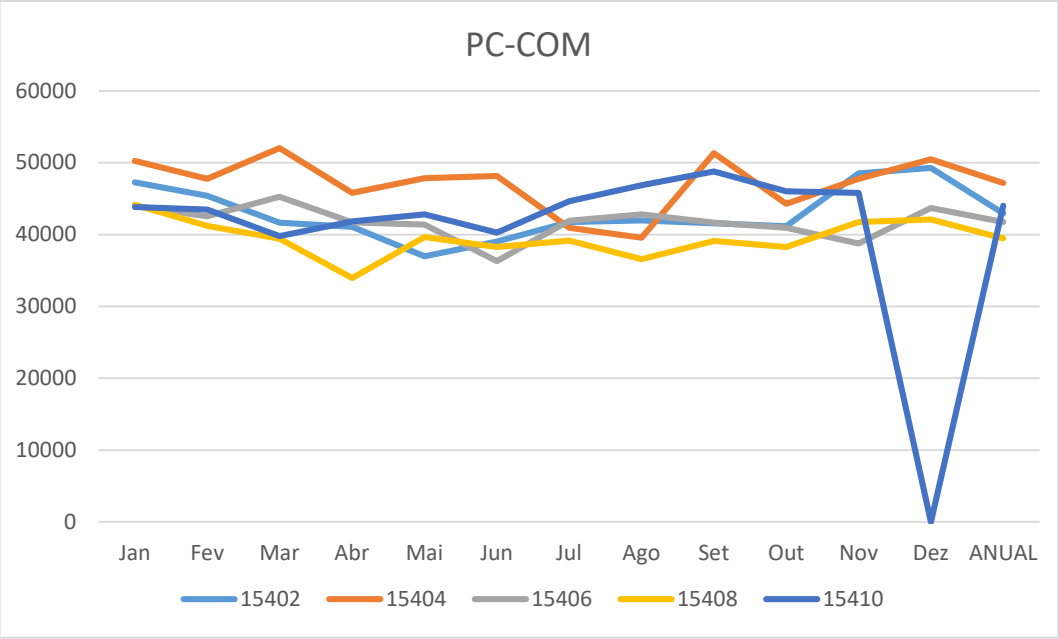


Figura 17 - Pegada Carbónica Comboio para o trajeto Penafiel - Porto, nos 12 meses, e média anual por comboio. Valores expressos em gCO_2.

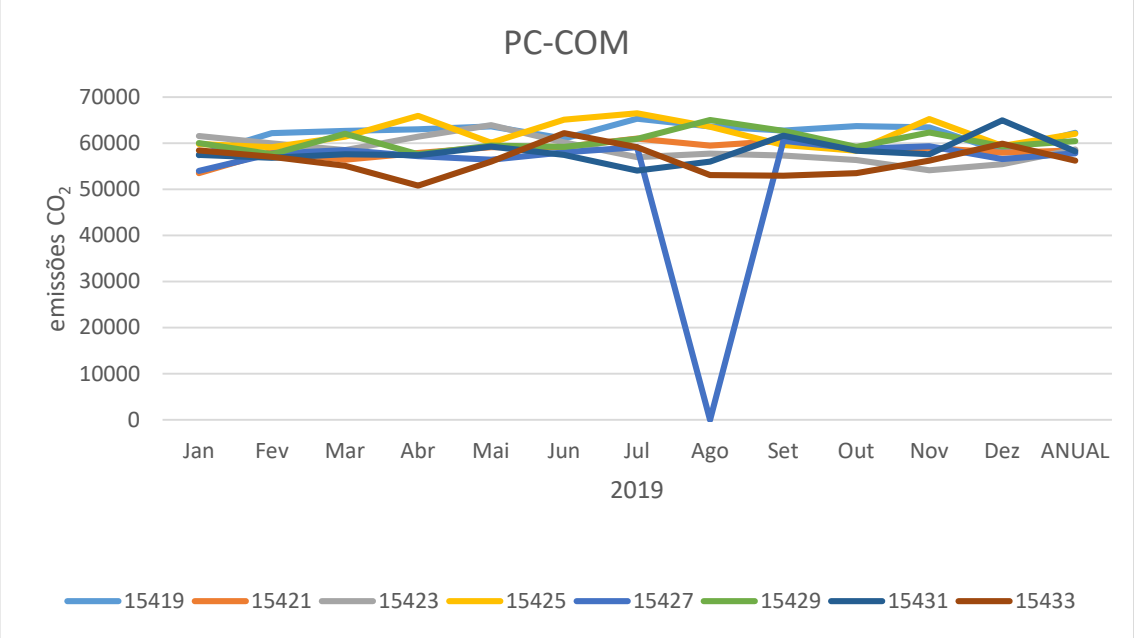


Figura 18 - Pegada Carbónica Comboio para o trajeto Porto- Penafiel, nos 12 meses, e média anual por comboio. Valores expressos em gCO_2.

7.3.2. Emissões de CO_2 por automóvel

A figura 19 e a tabela 19, representam aa emissões de CO_2 relativas ao uso de automóvel em cinco lotações distintas, para o trajeto Porto- Penafiel (ida e volta), considerando uma viatura de gama média e a combustível do tipo gasóleo.

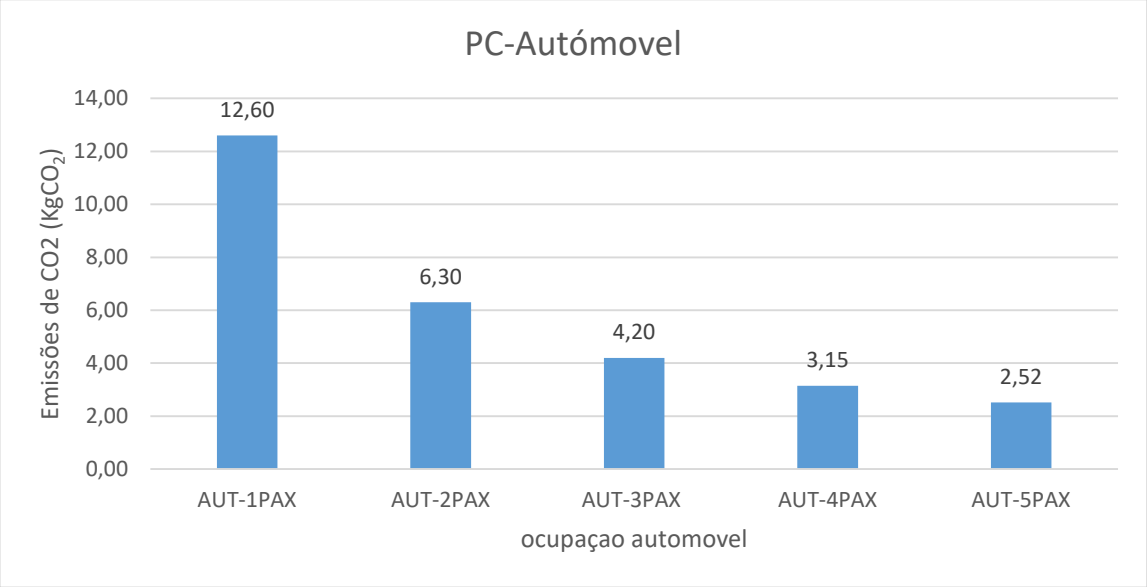


Figura 19 - Emissões de CO2 relativas ao uso de automóvel em cinco lotações, para o trajeto Porto- Penafiel (ida e volta).

Tabela 19- Emissões de CO2, por passageiro, para viagem por dia (ida e volta), mês e ano.

OCUPAÇÃO	DIA	MÊS	ANO
AUT-1PAX	12,60	277,20	3049,20
AUT-2PAX	6,30	138,60	1524,60
AUT-3PAX	4,20	92,40	1016,40
AUT-4PAX	3,15	69,30	762,30
AUT-5PAX	2,52	277,20	3049,20

7.4. Emissões CP versus Automóvel

Na figura 20, que representa os valores de ida e volta, para o trajeto selecionado, verifica-se que o automóvel é, obviamente, o que apresenta maior pegada carbónica por passageiro, sendo que, para o caso de um só utilizador, a mesma atinge o valor de 12,60 kgCO_2/dia. À medida que o uso do automóvel é partilhado com mais passageiros, as emissões são repartidas entre todos, diminuindo desse modo a pegada carbónica individual, a linha de tendência do gráfico reflete essa diminuição. Contudo, mesmo quando o automóvel tem a sua lotação máxima, a pegada carbónica de um passageiro num comboio, com a lotação média, é sempre muito inferior à pegada em viatura própria.

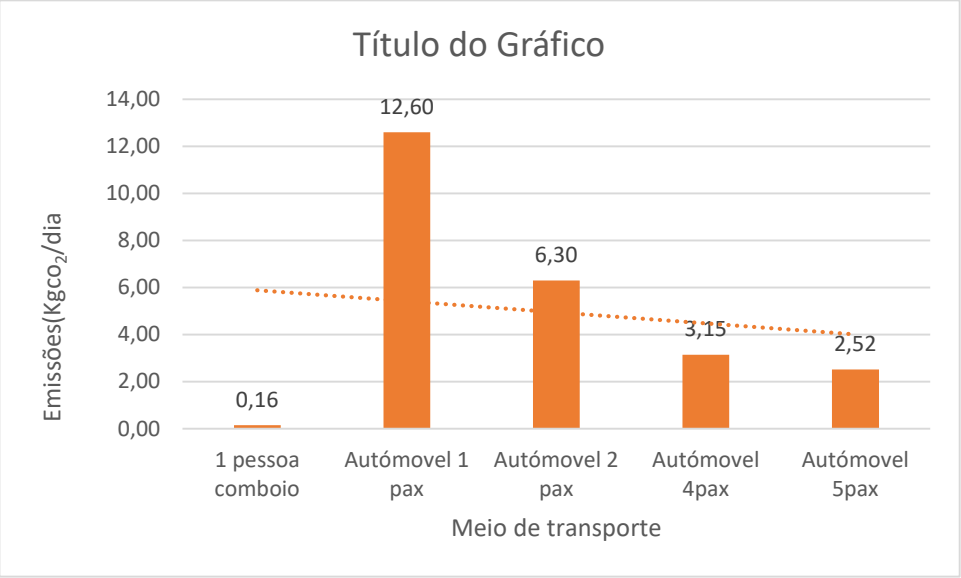


Figura 20 - Quantidade de CO2 emitido por tipo de transporte nas deslocações dia (ida e volta).

Os valores contantes na tabela 20, expressam os valores reais para a situação estudada, quer para o cenário em automóvel (trajeto em automóvel), quer para um

total de passageiros da ordem de 4438 que, diariamente, se deslocam no período estudado.

Após uma análise detalhada, pode-se alegar que o uso exclusivo do automóvel para realizar a totalidade das viagens dos passageiros que viajaram de comboio nos períodos estudados, caso não existisse alternativa, totalizaria cerca de 60 tCO_2/dia quando o trajeto é realizado por um carro com uma pessoa, que, como sabemos, é o mais praticado. Já quando viajam dois passageiros atingimos cerca 30 tCO_2/dia. No outro lado temos as emissões associadas ao comboio que não chegam a uma tonelada, fixando-se nuns 880 $kgCO_2$/dia.

Se fizermos uma extrapolação para valores temporais mais longínquos, obteríamos valores muito preocupantes e ambientalmente incomportáveis.

Tabela 20-representa a lotação máxima real para os comboios estudados em contexto real para os comboios CP

	Passageiros	Automóveis	emissões $KgCO_2$	Emissões comboio $KgCO_2$
AUT-1PAX	4438	4438	55919	880
AUT-2PAX	4438	2219	27959	880
AUT-3PAX	4438	1479	18640	880
AUT-4PAX	4438	1110	13980	880
AUT-5PAX	4438	888	11184	880

Os resultados do cenário de emissões de CO_2 diárias para uma lotação máxima de 13 comboios, sendo que 4 deles viajam em dupla, atingindo desta forma 17 veículos, que se realizaram no trajeto de ida e volta, num total máximo de 10455 lugares, é igualmente bastante elucidativo.

A quantificação das emissões de CO_2 foram calculadas tal como na situação real, isto é, levamos em conta que todos os passageiros fazem uma viagem de ida e volta no trajeto total, Penafiel-Porto-Penafiel. Os passageiros foram distribuídos por várias viaturas consoante a sua lotação num total de ocupantes ao máximo de carga CP, sendo que 1 passageiro por viatura corresponde a 10455 automóveis, 2 passageiros a 5228 automóveis,4 passageiros a 2614 automóveis e 5 passageiros, carga máxima, a 2091 automóveis.

Na figura 21 podemos aferir que, num cenário de utilização ótimo, isto é utilização da ocupação máxima dos comboios estudados, reduz as emissões de gases com efeito estufa em todos os cenários estudados. O uso do comboio neste pressuposto provoca somente 0,66% das emissões que se verificaria se fosse no pior cenário.

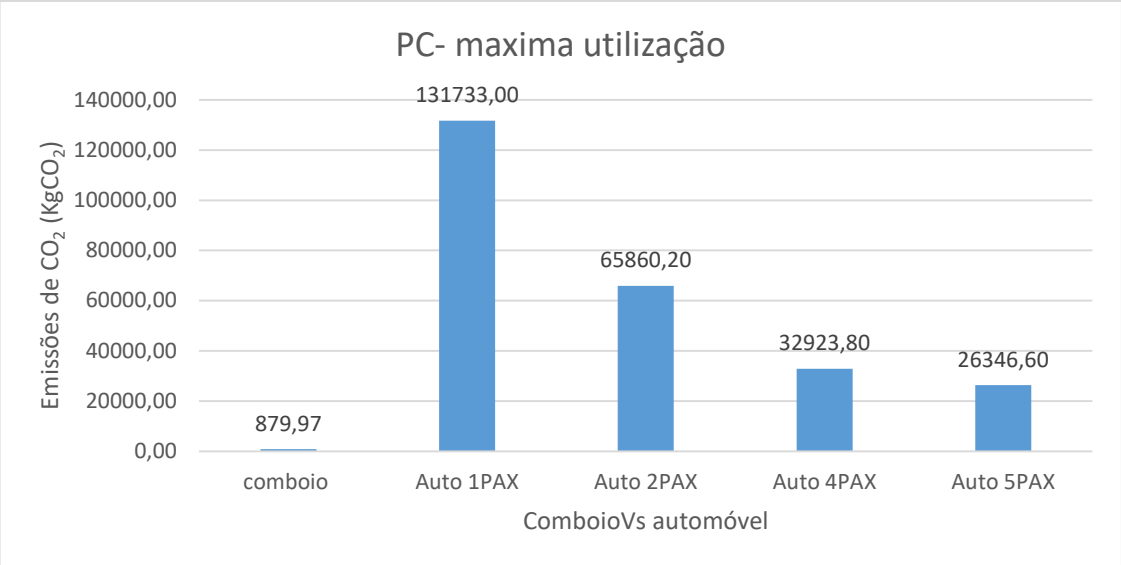


Figura 21 - Emissões relativas a um cenário de ocupação máxima, dos comboios estudados versus a distribuição desses mesmos ocupantes em automóvel.

8. CONCLUSÃO

Os transportes são uns dos principais emissores dos GEE, acarretando diversos impactes negativos para o meio ambiente.

Os desafios que são colocados ao setor dos transportes são cada vez mais exigentes, impondo limites de emissão aos transportes, tanto nos transportes individuais como nos coletivos.

Desta forma o presente trabalho teve como principal objetivo quantificar as emissões de dióxido de carbono associadas às deslocações dos passageiros dos comboios urbanos do Porto, no trajeto e horas definidos, nos percursos de ida e volta.

No que respeita à utilização dos comboios, verifica-se que a taxa de ocupação se situou nos 67,87% no sentido Penafiel-Porto e nos 47,80% no sentido inverso, pelo que a CP tem aqui uma grande margem de oferta de lugares, podendo desta forma reduzir ainda mais as suas emissões de dióxido de carbono por passageiro e por quilómetro percorrido, ficando assim mais eficiente do ponto de vista ecológico.

De salientar o aspeto energético, que aqui se torna extremamente relevante, na redução da pegada carbónica. O facto de recuperar grande parte da energia absorvida e devolvendo-a à rede, promove uma grande eficiência energética.

A análise dos dois tipos de transporte, individual e coletivo, no que concerne às emissões de dióxido de carbono, verifica-se que o automóvel é o mais poluente, tal como era espectável.

A presente dissertação foca-se, no essencial, nas emissões de CO_2 emitidos pelos dois meios de transporte, apenas para um troço de linha reduzido e num horário específico. Todas as extrapolações possíveis de se fazer, com base nestes estudos, estão limitadas à linha, ao horário e ao tipo de material circulante. O facto do estudo

se basear somente em dias úteis, deixa de lado os restantes dias, feriados e fins-de-semana. No essencial, o que poderá ser melhorado, é a abrangência de dados e introduzir outras formas de mobilidade urbana, de maneira a criar cenários alternativos aos apresentados.

O facto da amostragem só se focar em picos máximos de passageiros, torna o estudo limitado. O recurso a dados mais detalhados daria para efetuar um estudo mais aprofundado.

No decorrer da elaboração da presente tese, várias barreiras se depararam, dificultando assim o trabalho de pesquisa, criando limitações na recolha de informação.

BIBLIOGRAFIA

APA 2013, *Relatório do Estado do Ambiente,* Agência Portuguesa do Ambiente, disponível em: *https://www.apambiente.pt/_zdata/destaques/2013/rea_2013_final_4dezembro.pdf*, acedido em 15 de Agosto de 2020

APA (2020), *Relatório estado do Ambiente 2020*, Agência Portuguesa do Ambiente, Segunda, 1 de Abril, 2019. Disponível em

APIMRU, 2011. Benchmarking Carbon Footprints of Furniture Products. Furniture Industrial Research Association

APA (2020), *Relatório do Estado do Ambiente, Pegada Energética e Carbónica dos Transportes, Agência Portuguesa do Ambiente Segunda, 1 de Abril, 2019. Disponível em*

Borrego, C, Lopes, M, & Carvalho, A. (2009), As alterações climáticas: uma realidade transformada em desafio. CESAM e Departamento de Ambiente e Ordenamento, Universidade de Aveiro. (Disponível em: http://www.europe-directaveiro.aeva.eu/debateuropa/)

CP (2018), *Relatório de Sustentabilidade 2018*, CP-comboios de Portugal

https://www.cp.pt/StaticFiles/Institucional/2_gestao_sustentavel/1_RelatoriosSustentabilidade/relatorio-de-sustentabilidade-2018.pdf.Acedido a 7 de Agosto de 2020.

CP (2018), Manual de boas praticas ambientais. https://www.cp.pt/StaticFiles/Institucional/2_gestao_sustentavel/2_Ambiente/manual-boas-praticas-ambientais.pdf

EC, 2013. Anexo III: Organisation Environmental Footprint (OEF) Guide. Comission Recommendation of 9 April 2013 on the use of common methods to measure a communicate the life cycle environmental performance of products and organisations. Official Journal of the European Union L 124: 107-210.

EPA, 2014. United States Environmental Protection Agency. http://www.epa.gov.

IMT (2019), *Guia de Economia de Combustíveis Automóveis 2019,* Instituto da Mobilidade e dos Transportes. Disponível em:

IPCC, Climate change 2014. Synthesis report. Versión inglés. 2014.

Matthews H, Hendrickson C, Weber C, 2008. The Importance of Carbon Footprint Estimation Boundaries. Carnegie Mellon University. Environ Sci Technol 42: 5839-5842.

Pereira, L. (2008), Síntese dos métodos de pegada ecológica e análise emergética para diagnóstico da sustentabilidade de países – O Brasil com estudo de caso, Universidade Estadual de Campinas Faculdade de Engenharia de Alimentos Departamento de Engenharia de Alimentos

Riebeek, H. (2010). "NASA Earth Observatory: Global Warming". http://earthobservatory.nasa.gov/Features/GlobalWarming/

WCED, (1987), Our Common Future. Oxford University Press

Wiedmann, T. e Minx, J. (2007). A Definition of 'Carbon Footprint'. ISAUK Research Report 07-01.

WEBGRAFIA

http://www.imt-ip.pt/sites/IMTT/Portugues/Veiculos/EconomiaCombustivel/Documents/GuiaDeEconomiaDeCombustiveis_2019.pdf

CP-Comboios de Portugal E.P.E. (CP) (2020). *A Empresa* https://www.cp.pt/institucional/pt/empresa

Google Maps - https://www.google.com/maps/dir/Penafiel/Porto

lhttps://www.repsol.pt/imagenes/repsolporpt/pt/DEVER_INFORMACAO_CONTINENTE_tcm101-183356.pdf

https://impostosobreveiculos.info/dados-uteis/tabela-emissoes-co2-dos-motores-mais-comuns/. Consultado em 10 setembro 2020

https://rea.apambiente.pt/content/pegada-energ%C3%A9tica-e-carb%C3%B3nica-dos-transportes?language=pt-pt

(https://rea.apambiente.pt/content/emissões-de-gases-com-efeito-de-estufa?language=pt-pt).

https://rea.apambiente.pt/content/pegada-energ%C3%A9tica-e-carb%C3%B3nica-dos-transportes?language=pt-pt

(https://rea.apambiente.pt/content/emissões-de-gases-com-efeito-de-estufa?language=pt-pt).

https://rea.apambiente.pt/content/pegada-energ%C3%A9tica-e-carb%C3%B3nica-dos-transportes?language=pt-pt. Acedido em 9 de agosto de 2020

https://rea.apambiente.pt/content/pegada-energ%C3%A9tica-e-carb%C3%B3nica-dos-transportes?language=pt-pt. Acedido em 5 de Agosto de 2020