



UNIVERSIDADE DE
COIMBRA

Ana Margarida Ferreira Correia

AS NOVAS SOLUÇÕES DE MICROMOBILIDADE NA TRANSIÇÃO PARA A ECONOMIA CIRCULAR

Dissertação de Mestrado em Engenharia do Ambiente, na área de Especialização em Território e Cidades Sustentáveis, orientada pelo Professor Doutor João Miguel Fonseca Bigotte e pelo Professor Doutor Jorge Fernando Brandão Pereira e apresentada ao Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.

Fevereiro de 2023

Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra
Departamento de Engenharia Civil

Ana Margarida Ferreira Correia

AS NOVAS SOLUÇÕES DE MICROMOBILIDADE NA TRANSIÇÃO PARA A ECONOMIA CIRCULAR

NEW MICROMOBILITY SOLUTIONS IN THE TRANSITION TO THE CIRCULAR ECONOMY

Dissertação de Mestrado em Engenharia do Ambiente, na área de Especialização em Território e Cidades Sustentáveis,
orientada pelo Professor Doutor João Miguel Fonseca Bigotte e pelo Professor Doutor Jorge Fernando Brandão Pereira

Esta Dissertação é da exclusiva responsabilidade do seu autor. O Departamento de Engenharia Civil da FCTUC
declina qualquer responsabilidade, legal ou outra, em relação a erros ou omissões que possa conter.

7 de fevereiro de 2023



UNIVERSIDADE DE
COIMBRA

AGRADECIMENTOS

As primeiras palavras de agradecimento vão para aos meus orientadores, João Bigotte e Jorge Pereira, por todo o conhecimento transmitido, recomendações e críticas construtivas. Ao Professor João Bigotte por me ter sugerido um tema inovador e demonstrado entusiasmo, apoio e disponibilidade desde o início da preparação deste trabalho. E ao Professor Jorge Pereira pelas frequentes trocas de ideias e acompanhamento na realização desta dissertação.

Aos meus colegas de curso agradeço todos os ensinamentos e bons momentos que partilhámos ao longo destes anos.

Aqueles que me são mais próximos, que me incentivaram e ajudaram a superar barreiras nesta jornada sinto uma enorme gratidão.

Cabe ainda agradecer a toda a equipa do Leroy Merlin Coimbra, em especial à equipa de caixas e relação cliente, que me acompanhou ao longo de praticamente todo o meu percurso académico, pela flexibilidade, compreensão e apoio.

RESUMO

Os sistemas de micromobilidade baseados na partilha de trotinetes elétricas são um dos temas de estudo mais atuais na área da mobilidade sustentável. Em poucos anos, este tipo de soluções inovadoras difundiu-se por todo o mundo. Em Portugal, mais de uma dezena de cidades, incluindo Coimbra, possuem sistemas de partilha de trotinetes elétricas.

Apesar do rápido surgimento de uma série de empresas de escala global (Lime, Bird, Bolt, TIER, etc.), de uma assinalável adesão por parte dos utilizadores (e também do surgimento de opositores), e do interesse da comunidade científica, muitos aspetos cruciais estão ainda por estudar. Em particular, interessa analisar a contribuição que estas soluções dão para a mobilidade sustentável e para os novos paradigmas da descarbonização e da economia circular.

Esta dissertação tem como objetivo principal avaliar o papel dos sistemas de partilha de trotinetes elétricas na transição para o paradigma de economia circular nos transportes. Para tal, efetuou-se uma revisão de conhecimentos nas áreas da micromobilidade e da economia circular, recolheram-se dados sobre sistemas de partilha de trotinetes elétricas de diversas empresas de mobilidade, e realizou-se a análise através da ferramenta de avaliação *Circular Economy Indicator Prototype* (CEIP). Esta ferramenta avalia a circularidade de um produto com base em questões relativas a cada fase do seu ciclo de vida, como por exemplo a percentagem de material reciclado e reutilizado no seu *design*, e no seu fim de vida, o tipo de garantia do produto, como funciona o processo de manutenção, entre outras.

A análise incidiu sobre a comparação entre a utilização de trotinetes de uso privado e de uso partilhado, e sobre a evolução dos sistemas de partilha, desde o seu lançamento em 2017 até aos dias de hoje. As conclusões são também debatidas no âmbito do contexto português.

Palavras-chave: Trotinetes elétricas, Micromobilidade, Mobilidade partilhada, Mobilidade urbana, Economia Circular, Sustentabilidade

ABSTRACT

Micromobility systems based on sharing electric scooters are one of the most current topics of study in the area of sustainable mobility. In just a few years, this type of innovative solution has spread across the world. In Portugal, more than a dozen cities, including Coimbra, have electric scooter sharing systems.

Despite the rapid emergence of a number of companies on a global scale (Lime, Bird, Bolt, TIER, etc.), a notable adherence by users (and also the emergence of opponents), and the interest of the scientific community, many crucial aspects are yet to be studied. In particular, it is important to analyze the contribution these solutions add to a sustainable mobility and to the new paradigms of decarbonization and circular economy.

The main objective of this dissertation is to evaluate the role of electric scooter sharing systems in the transition to the circular economy paradigm in transportation. To this end, a knowledge review in the areas of micromobility and circular economy was carried out, sharing system's data for electric scooters, from various mobility companies was collected, and the analysis was carried out using the Circular Economy Indicator evaluation tool. Prototype (CEIP). This tool assesses the circularity of a product based on questions related to each phase of its life cycle, such as the percentage of recycled and reused material in its design, and at its end of life, the type of product warranty, how the maintenance process works, among others.

The analysis focused on the comparison between the use of scooters for private use and shared use, and the evolution of sharing systems, from their launch in 2017 to the present day. The conclusions are also debated within the Portuguese context.

Keywords: Electric scooters, Micromobility, Shared mobility, Urban mobility, Circular economy, Sustainability

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS	II
RESUMO	III
ABSTRACT	IV
ÍNDICE DE FIGURAS	VI
ÍNDICE DE TABELAS	VII
1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Enquadramento do Tema.....	1
1.2 Motivação e Objetivos.....	2
1.3 Estrutura da Dissertação	3
2. ESTADO DA ARTE	4
2.1 Introdução.....	4
2.2 Economia Circular.....	4
2.3 Métodos/Ferramentas para avaliar a circularidade.....	7
2.4 Micromobilidade	10
2.5 Economia circular na micromobilidade.....	12
3. METODOLOGIA.....	17
4. ESTUDO DA CIRCULARIDADE DOS SISTEMAS DE PARTILHA DE TROTINETES	19
4.1 Introdução.....	19
4.2 Teste de circularidade: Trotinete privada <i>versus</i> ESSS.....	20
4.3 Teste de circularidade: Evolução dos ESSS.....	26
4.3.1 Bolt	26
4.3.2 TIER	33
4.4 Discussão dos resultados	34
5. CONCLUSÃO.....	39
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42
ANEXO A – PERGUNTAS CEIP	48
ANEXO B – PONTUAÇÃO E OPÇÕES DE RESPOSTA CEIP	49

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 – Diagrama borboleta, da fundação Ellen MacArthur

Figura 2.2 – Estimativa de emissões de GEE por pkm de cada modo de transporte, ao longo do seu ciclo de vida

Figura 2.3 - Estimativa do consumo de energia em megajoule por pkm de cada modo de transporte, ao longo do seu ciclo de vida

Figura 4.1 – Trotinete Segway ES4

Figura 4.2 – Primeira geração de ESSS da Bolt

Figura 4.3 – Rótulo REEE presente em equipamentos elétricos e eletrónicos

Figura 4.4 – Terceira geração de ESSS da Bolt

Figura 4.5 – Quinta geração de ESSS da Bolt

Figura 4.6 – Modelo OKAI ES600

Figura 4.7 – Primeira e sexta geração de trotinetes da empresa TIER

Figura 4.8 – Resultado do teste CEIP para a trotinete privada

Figura 4.9 – Resultado do teste CEIP para a trotinete 1ª geração da Bolt

Figura 4.10 – Resultado obtido no teste CEIP para a 3ª geração da Bolt

Figura 4.11 - Resultado obtido no teste CEIP para a 5ª geração da Bolt

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1 – Classificação dos resultados do CEIP.

Tabela 4.1 - Respostas e pontuação adquirida no teste CEIP realizado para a trotinete privada e a 1ª geração de ESSS da Bolt.

Tabela 4.2 – Respostas e pontuação adquirida no teste CEIP realizado para a 3ª e 5ª geração de ESSS da Bolt.

1 INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento do Tema

O setor dos transportes é fundamental para o desenvolvimento das atividades humanas, no entanto este apresenta diversos impactos ambientais, principalmente no consumo de energia e na emissão de gases poluentes para atmosfera. Este setor é a maior fonte emissões de gases com efeito estufa na Europa, contribuindo em 27% no total de emissões de CO₂ na Europa (Cardell, Moller e Mugnier, 2020). De forma geral, hoje em dia, as cidades possuem níveis de CO₂ e de poluição do ar bastante elevadas, sendo a descarbonização dos transportes urbanos um dos focos principais nos planos climáticos globais, nacionais e das cidades.

Até 2050 a União Europeia (UE) pretende atingir a neutralidade climática, para tal o setor dos transportes tem de reduzir as suas emissões de gases com efeito estufa em 90%, oferecendo em simultâneo soluções acessíveis aos cidadãos. O pacote Objetivo 55 consiste num conjunto de propostas destinadas a rever e atualizar a legislação da EU de forma a garantir que as políticas da UE estejam em sintonia com os objetivos climáticos acordados pelo Conselho e Parlamento Europeu (Conselho da União Europeia, 2022) e a ser possível concretizar os objetivos do Pacto Ecológico Europeu, incluindo no setor dos transportes (Conselho da União Europeia, 2022). “Objetivo 55” corresponde à meta da União Europeia para reduzir as emissões líquidas de gases com efeito estufa em pelo menos 55% até 2030 (Conselho da União Europeia, 2022).

Leal Filho et al., 2021, considera a mobilidade elétrica essencial para a agenda europeia de mobilidade sustentável e refere que “Até 2050, os veículos movidos a combustíveis fósseis provavelmente serão proibidos nas cidades e substituídos por outras alternativas tecnológicas, como veículos elétricos a bateria (BEVs – *Battery Electric Vehicles*)”. Uma economia circular e uma mobilidade elétrica bem projetada e executada, são uma grande contribuição para diferentes Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030, da Organização das Nações Unidas (ONU), mais precisamente nos objetivos 12 (Produção e Consumo Sustentáveis), 13 (Ação Climática), 9 (Indústria Inovação e Infraestruturas), 11 (Cidades e Comunidades Sustentáveis) e ainda 7 (Energias Renováveis e Acessíveis).

A mera substituição de veículos com motor a combustão por veículos elétricos ajuda apenas a resolver a questão das emissões locais, mas não resolve outras externalidades negativas dos transportes (congestionamento, segurança rodoviária, etc.) Por isso mesmo, a estratégia *Avoid-Shift-Improve (A-S-I)*, recomenda que, em primeiro lugar, se tente diminuir a necessidade de realização de viagens, depois, se tente mudar o modo de transporte, do automóvel particular

(mais poluente) para modos mais sustentáveis, nomeadamente os modos suaves (a pé, de bicicleta ou trotineta), e apenas em último lugar, não sendo possível nem evitar deslocações, nem evitar fazê-las de automóvel, melhorar a componente tecnológica, para veículos elétricos (Bongardt *et al.*, 2019).

Os avanços tecnológicos nos últimos anos, permitiram que a micromobilidade ganhasse mais popularidade como modo de transporte partilhado, sendo o seu acesso realizado através de aplicações para dispositivos móveis e smartphones. O modelo de economia partilhada da micromobilidade, onde os utilizadores pagam pelo uso de um ativo partilhado, incentivou os seus utilizadores a repensar a aquisição de veículos particulares e a reduzir a necessidade de possuir um carro. A adoção deste tipo de mobilidade, principalmente para viagens de curta distância, levou à adoção de modos de viagens ativos proporcionando benefícios para a saúde das populações das cidades, sendo cada vez mais reconhecido como um tipo de mobilidade importante no ecossistema de mobilidade urbana inteligente (Abduljabbar, Liyanage e Dia, 2021).

Em particular, destacam-se os sistemas de partilha de trotinetes elétricas (*e-scooter sharing systems*, ESSS) devido à rapidez da sua difusão. Tendo sido lançados em 2017, nos Estados Unidos, atualmente estão presentes em cidades de todo o mundo. Sendo uma solução de mobilidade recente, apesar do crescente número de artigos científicos, há ainda muitos aspetos por clarificar, desde a caracterização dos seus utilizadores e os padrões de utilização habituais, até à análise da sustentabilidade destes sistemas.

1.2 Motivação e Objetivos

Os (ainda) poucos estudos sobre a sustentabilidade dos sistemas de micromobilidade de trotinetes elétricas, centram-se na avaliação de ciclo de vida. No entanto, ainda não se encontram muitos estudos que relacionem este tipo de sistema de mobilidade partilhada com o conceito de economia circular. Esta dissertação pretende analisar a circularidade dos sistemas de trotinetes elétricas partilhadas, e se, de facto, as empresas estão a ter atitudes sustentáveis ou se temos presente um caso de “*Greenwashing*” (conceito utilizado quando uma organização/empresa comunica informações fraudulentas, erradas ou irrelevantes, sobre as características e responsabilidade ambiental dos seus produtos ou operações).

A dissertação tem como tema principal o papel das novas soluções de micromobilidade na transição para a economia circular, sendo o foco principal o caso das trotinetes elétricas partilhadas. Deste modo, o documento pretende responder à seguinte *Research Question* (R.Q.), através do cumprimento dos objetivos descritos, *Research Objectives* (R.O.).

R.Q: Qual é o papel dos sistemas de partilha de trotinetes elétricas na transição para a economia circular?

R.O.1.1 Descrever a evolução dos ESSS e das diferentes gerações de trotinetes, recolhendo informação para aplicação de testes de economia circular.

R.O.1.2 Analisar os dados recolhidos através da aplicação de testes de circularidade e obter justificação para as possíveis diferenças encontradas.

R.O.1.3 Analisar a experiência portuguesa à luz dos resultados obtidos.

1.3 Estrutura da Dissertação

O presente trabalho encontra-se organizado em 5 capítulos.

Este primeiro capítulo efetua o enquadramento geral do tema, e apresenta as motivações e os objetivos do trabalho.

No capítulo seguinte é feita uma revisão da literatura científica sobre os principais conceitos da micromobilidade e da economia circular. É também feita uma análise de estudos já realizados sobre trotinetes partilhadas, de forma a compreender o que já foi estudado nesta área e o que falta estudar, e ainda de ferramentas para avaliar a circularidade.

O terceiro capítulo corresponde à metodologia do trabalho, onde se explica como foi realizada a recolha de informação, uma pesquisa e estudo de diversas notícias partilhadas pela comunicação social e pelas próprias empresas, de forma a obter dados para a execução de um teste de economia circular.

No capítulo quatro é feita uma análise do panorama atual das empresas de micromobilidade partilhada, das mudanças que foram feitas ao longo dos anos, e uma avaliação da circularidade de trotinetes de diferentes gerações. Após o estudo da informação recolhida e da realização do teste de economia circular, são discutidos os resultados obtidos.

Por último, o capítulo cinco apresenta as conclusões relativas ao tema desenvolvido nesta dissertação, uma breve análise dos ESSS em Portugal e ainda sugestões de possíveis trabalhos futuros que podem complementar este estudo.

2. ESTADO DA ARTE

2.1 Introdução

Neste capítulo será realizada uma avaliação ao estado de arte relativo a conceitos relacionados com economia circular e as suas ferramentas de análise, e com a micromobilidade partilhada com foco principal nos sistemas de trotinetes partilhadas (“*e-scooter sharing systems*” – ESSS). Serão ainda analisados estudos que analisam a sustentabilidade e circularidade dos ESSS.

2.2 Economia Circular

Nas últimas décadas surgiram várias abordagens para tentar lidar com o facto de os ecossistemas biológicos não conseguirem sustentar a taxa de extração de matérias-primas e consumo de energia, nem a consecutiva geração de resíduos daí resultante.

O conceito de economia circular surgiu assim como uma abordagem para enfrentar desafios relacionados com a gestão de recursos e o desenvolvimento sustentável. Foi declarado como uma das principais soluções para ajudar os países a cumprir as metas do Acordo de Paris, em limitar o aumento da temperatura global a 1,5 graus Celsius acima dos níveis pré-industriais, e tem sido apresentado pela Comissão Europeia como uma estratégia fundamental para se cumprir os objetivos climáticos da União Europeia, por exemplo através do Pacto Ecológico Europeu (Vanhuyse *et al.*, 2021).

A economia circular pode ser definida como um sistema económico baseado em modelos de negócios que substituem o conceito de fim de vida pela redução, reutilização, reciclagem e recuperação de materiais nos processos de produção/distribuição e consumo, atuando nos níveis micro (produtos, empresas, consumidores), meso (eco parques industriais) e macro (cidade, região, país , ...), com o objetivo de alcançar o desenvolvimento sustentável, que requer criar qualidade ambiental, prosperidade económica e equidade social, para benefício das gerações atuais e futuras (Vanhuyse *et al.*, 2021).

Segundo a Ellen MacArthur Foundation, a economia circular é baseada em três princípios (impulsionados pelo *design*): eliminar a poluição e resíduos, circular produtos e materiais (no seu valor máximo) e regenerar a natureza. É importante terminar com o sistema de economia linear, “*Take – Make – Waste*”, onde o produto acaba como um resíduo no final do seu ciclo de vida, e aplicar um sistema circular onde os materiais voltem a entrar no ciclo de vida após o seu uso.

De forma a visualizar o fluxo contínuo de materiais num sistema de economia circular é frequentemente utilizado o diagrama borboleta, originalmente proposto por Braungart and McDonough (Braungart e McDonough, 2002), e que está apresentado na Figura 2.1 (Ellen MacArthur Foundation, 2019). Este diagrama é constituído por dois ciclos principais, o ciclo técnico dos materiais finos e o ciclo biológico dos materiais renováveis. O ciclo técnico engloba tudo o que não é biodegradável, onde produtos e materiais circulam através de processos de reutilização, reparação e refazer (“*remanufacture*”), e reciclagem. O ciclo biológico corresponde aos materiais biodegradáveis, onde os seus nutrientes são devolvidos à Terra para regenerar a natureza.

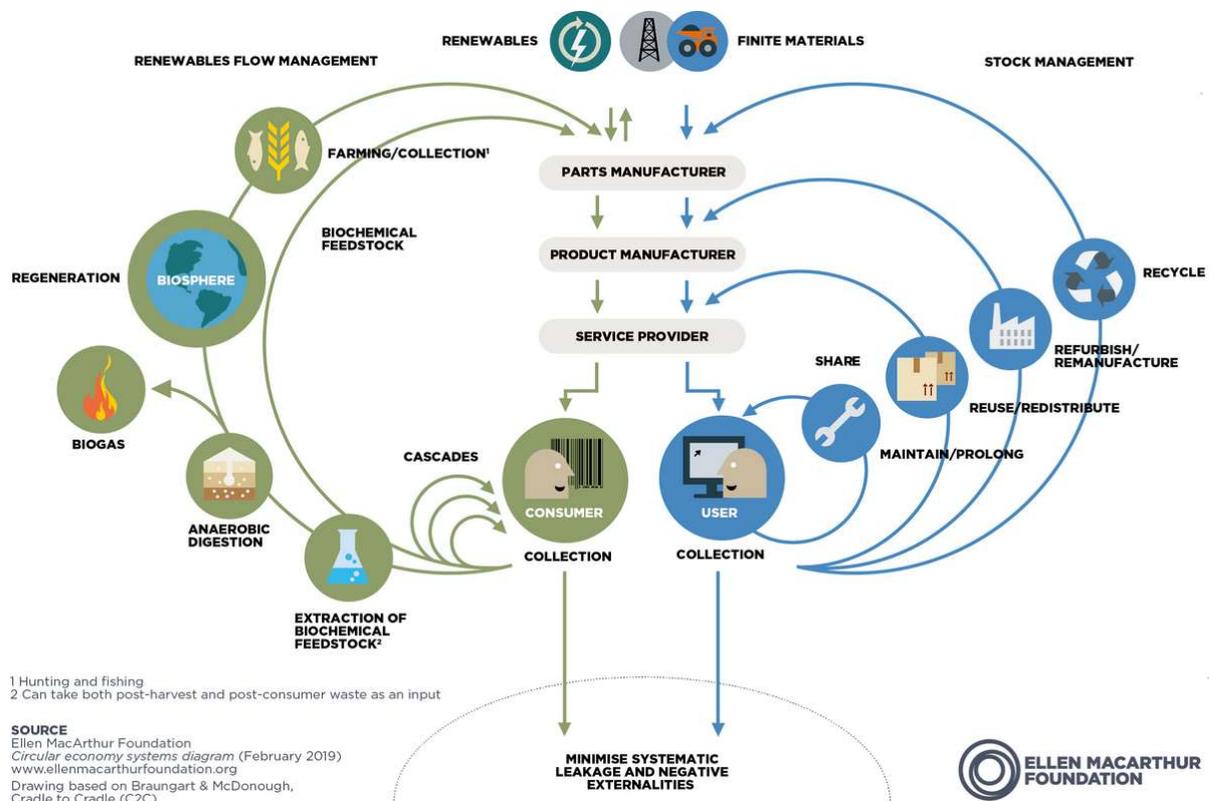


Figura 2.1 – Diagrama borboleta, da fundação Ellen MacArthur (Ellen MacArthur Foundation, 2019)

No diagrama estão representados diversos *loops*, os internos menores rodeados pelos externos maiores. A palavra inglesa “*loops*” é o termo usado para falar dos pequenos ciclos/etapas/cascatas que ocorrem no diagrama borboleta. Os *loops* internos são onde o maior valor do produto pode ser capturado, pois o produto inteiro (em funcionamento) vale mais que

a soma de todas as suas partes, visto que o tempo e a energia gastos para o fazer não são perdidos e permitem inclusive às empresas e clientes economizar custos devido ao uso de um produto já em circulação, não sendo necessário investimento em um novo produto. Assim sendo, os *loops* internos como a partilha, manutenção e reutilização devem ser priorizados. (Ellen MacArthur Foundation, 2019).

A primeira etapa a implementar no ciclo técnico é a partilha (“*share*”), que apesar de não ser apropriada para todos os tipos de produtos é a que aumenta extremamente a sua utilização, sendo um bom exemplo o caso das trotinetes elétricas (*e-scooters*, ES). De seguida, a manutenção, que permite aumentar a vida útil de um produto, mantendo-o com qualidade e protegendo-o contra falhas ou que chegue ao fim de vida. O terceiro *loop* deste ciclo corresponde à reutilização, que mantém também o produto no seu estado e função original e em quarto a redistribuição, que consiste em desviar produtos com destino a um mercado para outros clientes. Outra etapa deste ciclo é o recondicionamento, restaurar o valor de um produto reparando ou substituindo componentes, atualizando especificações e melhorando a aparência estética. Quando o produto não pode continuar em circulação no seu estado atual e necessita de um trabalho mais intensivo para poder ser usado novamente é aplicado o *loop* da “*remanufacture*”, que implica a reengenharia do produto e seus componentes de forma que seja possível atingir o mesmo nível de desempenho ou melhorado de um produto recém fabricado. O *loop* mais externo do ciclo técnico corresponde à reciclagem, quando o produto não pode ser mais utilizado e não se encontra adequado para as etapas anteriores, sendo a última etapa a ser adotada numa economia circular porque o produto irá perder o seu valor ao ser reduzido nos seus materiais básicos, no entanto o valor dos materiais é mantido. Nesta etapa o produto ou os seus componentes são transformados nos seus materiais básicos, que serão reprocessados em novos materiais.(Ellen MacArthur Foundation, 2019)

Para que cada etapa do ciclo funcione corretamente, os produtos devem ser projetados para essa etapa na sua criação. No caso de um produto destinado a ser utilizado em modo partilhado, como é o caso das trotinetes em estudo, tem de ser construído:

- de forma que seja mais durável para conseguir resistir ao uso intensivo,
- de fácil reparação,
- modular para que os componentes possam ser substituídos e reconstruídos,
- projetado com materiais que possam ser facilmente separados para reciclagem.

No lado esquerdo da Figura 2.2.1, encontra-se o ciclo biológico do diagrama destinado aos materiais biodegradáveis, onde são descritos os processos que devolvem os nutrientes ao solo e ajudam a regenerar a natureza. De acordo com a Ellen Mac Arthur Foundation, na economia circular é fundamental construir capital natural em vez de degradar continuamente a natureza, empregando práticas agrícolas que possibilitam que a natureza reconstrua solos e aumente a

biodiversidade, estando por isso no centro deste ciclo a regeneração. O cultivo e a recolha de recursos biológicos têm um papel importante na regeneração, é necessária uma boa gestão dos recursos biológicos e a adoção de uma variedade de práticas, como por exemplo a agricultura regenerativa ou agrofloresta, de forma que seja possível regenerar ecossistemas degradados e construir biodiversidade e resiliência na produção. Após o consumo e recolha dos recursos é necessário pensar o que fazer com os seus resíduos. Processos como a compostagem e digestão anaeróbica evitam o desperdício e permitem que os nutrientes dos resíduos orgânicos possam ser devolvidos aos solos, evitando o uso de fertilizantes químicos e que o solo fique esgotado. A compostagem consiste na decomposição microbiana na presença de oxigénio, por microrganismos como bactérias e fungos, dando origem a um composto utilizado nos solos. A digestão anaeróbica trata-se também de uma decomposição microbiana, mas sem a presença de oxigénio, originando biogás e um resíduo sólido. Este resíduo pode ser aplicado diretamente nos solos ou compostado e usado como corretivo dos solos. O biogás, constituído essencialmente por metano e dióxido de carbono, pode ser usado como fonte de energia semelhante ao gás natural, fazendo este tipo recuperação de energia parte da economia circular devido a ser um subproduto do processo de retorno de matéria orgânica ao solo.(Ellen MacArthur Foundation, 2019)

Este ciclo do diagrama faz ainda referência a pequenos *loops* que correspondem ao uso de materiais já existentes na economia, por exemplo usar subprodutos de alimentos para fazer outros materiais, como tecidos feitos de cascas de alimentos. Caso os produtos não possam mais ser usados, seguem para os *loops* externos de forma a serem devolvidos ao solo. De forma a ser possível usar materiais biológicos pós colheita e pós consumo como matéria-prima, é necessário o uso de bio refinarias para produzir produtos químicos de baixo volume, mas de alto valor (Ellen MacArthur Foundation, 2019).

2.3 Métodos/Ferramentas para avaliar a circularidade

De forma a avaliar se os princípios da economia circular estão a criar mudanças significativas, é importante existir um sistema de medição. Para tal, é necessário a existência de ferramentas capazes de medir a mudança, para ser possível gerir a transição para uma economia circular. Estas ferramentas ajudam ainda a promover a literacia sobre o tema, a criar novos padrões de qualidade, a comparar empresas através dos seus índices e mercados de investimento em sustentabilidade e a auxiliar a tomada de decisão e a implementação de medidas (Cayzer, Griffiths e Beghetto, 2017).

Atualmente o número de ferramentas para avaliar a circularidade é ainda limitado, muitas vezes tendo como base a análise da sustentabilidade de um produto do ponto de vista ambiental, muitas vezes com base em metodologias de Avaliação de Ciclo de Vida (ACV, ou LCA do inglês *Life Cycle Analysis*). A ACV é um método utilizado para calcular os potenciais impactos ambientais de um produto, serviço ou sistema durante o seu ciclo de vida, cujo a sua estrutura e diretrizes estão estabelecidas nas normas ISO 14 040 e 14 044 (Bortoli, de, 2021). É utilizada uma unidade funcional para ser possível fazer comparações do sistema com base numa “quantidade função unitária” semelhante fornecida (Bortoli, de, 2021).

Embora a ACV tenha vindo a ser utilizada como uma “ferramenta de avaliação da circularidade”, de acordo com a Ellen MacArthur Foundation (Ellen MacArthur Foundation, 2022), esta pode ser um bom método para se descobrir a melhor solução com base numa métrica específica e num momento específico, mas em termos de economia circular pode não ser a melhor opção pois pode conduzir à procura por benefícios individuais de curto prazo, em vez de benefícios coletivos a longo prazo. A ACV não considera na maioria das vezes os impactos ambientais que são mais difíceis de medir, por exemplo a presença do plástico no meio ambiente ou os efeitos a longo prazo de escoamento de aterros sanitários, e não tem em conta/mede as partes do sistema que não foram selecionadas no limite da ACV. Na interpretação dos resultados devem ainda ser considerados os dados utilizados na avaliação (os seus autores, confiabilidade, ...), pois diferentes fontes de dados podem levar a resultados diferentes.

Numa transição para uma economia circular, a ACV deve então ser usada como uma de várias ferramentas, e não como o instrumento principal para determinar a circularidade de produtos e ou processos. Assim, a ACV pode ser utilizada na identificação do estágio da vida de um determinado produto mais intensivo nos recursos ou poluentes, no estudo de fatores externos que podem variar geograficamente ou com o tempo, para comprar soluções semelhantes (por exemplo, comparar emissões de carbono de duas opções de materiais de embalagem, para o mesmo modelo de negócio). Esta ferramenta é ainda considerada ideal para avaliar as fases posteriores a um processo de inovação, numa fase de expansão ou de melhoria do sistema. (Ellen MacArthur Foundation, 2022)

Deste modo existe uma necessidade de definir novas metodologias/ferramentas que consigam avaliar a circularidade em toda a sua complexidade. Entre os vários estudos de investigação, destaca-se o trabalho de Cayzer, Griffiths e Beghetto, 2017, no qual são citados diferentes testes para avaliar a circularidade de um produto. Tal como destacado, a maioria das metodologias de circularidade focam-se em variáveis específicas do produto, como a circularidade dos materiais por exemplo, e não numa avaliação de todas as cascatas de valor dos materiais. Entre as várias ferramentas referenciadas no artigo, destacam-se o *Circular Economy Toolkit* (CET) e o *Circular Economy Indicator Prototype* (CEIP), visto que ambas as ferramentas incluem o

conceito de produto como um serviço (*product as a service*), uma métrica essencial para este projeto de mestrado, visto que o estudo baseia-se num produto que funciona como um serviço e não um bem adquirido. Assim o indicador selecionado não pode basear-se apenas no ciclo de vida do produto em si, mas também no serviço de partilha do mesmo.

O CET trata-se de um teste virtual sem pontos, desenvolvido pela Universidade de Cambridge, composto por 33 perguntas que avaliam o potencial de melhoria dos produtos rumo à circularidade, com uma distribuição de perguntas e conteúdo muito semelhante ao CEIP (Cayzer, Griffiths e Beghetto, 2017).

O CEIP é um teste de circularidade, criado por Steve Cayzer (Cayzer et al., 2017) o qual é realizado numa folha de cálculo, disponível em Microsoft Office Excel, e que constitui uma série de quinze perguntas, onde cada uma avalia uma variável e possui diversas opções de resposta pré-definidas. Cada resposta é pontuada, sendo atribuído à resposta ideal (a opção mais correta a nível da economia circular) a pontuação máxima relativa à respetiva pergunta e à mais incorreta zero pontos. Todas as perguntas têm como objetivo avaliar o desempenho de um produto de acordo com os princípios da economia circular, estando as perguntas divididas em categorias de acordo com a etapa do ciclo de vida do produto – *design*, fabrico, comercialização, uso e fim de vida - com perguntas específicas para cada (Cayzer, Griffiths e Beghetto, 2017).

Atualmente ainda não existe uma métrica definitiva para aferir a economia circular, pois trata-se de um conceito que engloba diversas variáveis cada uma com diferentes dimensões. A circularidade de um produto depende do ponto de vista que está a ser tido em conta, se é a medição do impacto (energia, CO₂,...), fase do ciclo de vida do produto (fabricação, uso, fim de vida) ou até tipo de atividade (*design*, marketing, restauração) (Cayzer, Griffiths e Beghetto, 2017). Por exemplo, no caso do CEIP, a avaliação da circularidade de um produto separa os impactos em fases do ciclo de vida, de forma que seja possível detalhar as diferentes fases e que os seus utilizadores sejam expostos gradualmente à complexidade da economia circular (Cayzer, Griffiths e Beghetto, 2017).

No final a circularidade é determinada pela classificação do produto numa escala que pode variar entre “Fraco”, “Razoável”, “Bom”, “Muito bom” e “Excelente”, de acordo com a avaliação do produto obtida (Tabela 2.1).

Tabela 2.1 – Classificação dos resultados do CEIP.

Classificação do produto	Avaliação do produto
Fraco	Menor ou igual a 20%
Razoável	Menor ou igual a 40%
Bom	Menor ou igual a 60%
Muito bom	Menor ou igual a 75%
Excelente	Superior a 75%

2.4 Micromobilidade

A micromobilidade consiste numa solução de transporte urbano para viagens de curta distância, incluindo viagens de primeiro e último quilómetro, onde o termo “micro” tanto está associada ao tipo de veículo como à distância percorrida (Bozzi e Aguilera, 2021).

Abduljabbar, Liyanage e Dia, 2021 afirma que este tipo de mobilidade oferece uma alternativa de transporte flexível, sustentável, económica e a pedido, reduzindo ainda a dependência do uso de automóveis particulares para viagens de curta distância.

As soluções de micromobilidade englobam diversos dispositivos que operam a velocidades não superiores a 45 km/h, movem-se a energia humana ou elétrica e podem ser de uso privado ou partilhado (Abduljabbar, Liyanage e Dia, 2021). Estes dispositivos podem ser bicicletas, trotinetes, *skates*, *segways* e *hoverboards*.

As ES são veículos elétricos, leves, que viajam a uma velocidade aproximadamente de 25 km/h e transportam uma pessoa (o condutor). Segundo (Bozzi e Aguilera, 2021) fazem parte de uma família de novos serviços de mobilidade suportados pelas tecnologias de informação e comunicação.

Com os avanços tecnológicos nos últimos anos, a micromobilidade ganhou popularidade devido ao seu fácil acesso através de aplicações em smartphones, onde é possível fazer a reserva e conexão com o próprio veículo. Os serviços de trotinetes e bicicletas partilhadas são os mais comuns na micromobilidade partilhada.

Os ESSS sem estação possuem fácil acesso através de uma plataforma (da aplicação da empresa que gere os veículos), com vários locais de embarque e desembarque, sem a obrigação de devolver as trotinetes num local específico e dentro de uma região geográfica predefinida. A micromobilidade partilhada através de trotinetes surgiu no final de 2017 nos Estados Unidos,

por empresas como a Lime e a Bird, sendo agora fornecida por muitas outras empresas, como a Bolt e a Tier (empresas europeias). Segundo dados divulgados em 2019 pela empresa Lime, após 31 semanas da sua implantação foram contabilizadas um milhão de viagens e seis milhões depois de 58 semanas (Cazzola e Crist, 2020).

O serviço de partilha de bicicletas é semelhante ao das trotinetes, podendo estas ter estação ou não. Foi a primeira forma de micromobilidade com um rápido crescimento na última década, evidenciado por dados sobre o número bicicletas de uso público em todo o mundo que cresceu de 400 mil em 2010 para mais de 10 milhões em 2017 e quase 18 milhões em 2020 (Cazzola e Crist, 2020).

Este modelo de economia partilhada permite que os utilizadores paguem pelo uso de um bem partilhado, reduzindo a necessidade de o adquirir, introduzindo assim o conceito “*product as a service*”, produto como um serviço, isto é, olhar para um produto não como um bem adquirido, mas sim como um serviço.

O conceito “*product as service*”, PSS, diz respeito a um sistema de produtos, serviços, redes de suporte e infraestrutura que é projetado para ser competitivo, satisfazer as necessidades dos utilizadores e ter um impacto ambiental menor do que os modelos de negócios tradicionais. Desta forma, o conceito PSS não destinado apenas a um setor, mas sim à categoria dos modelos de negócios sustentáveis e circulares, podendo fazer parte de um modelo de economia circular como um ciclo menor, com foco na intensificação do uso do produto ou na sua desmaterialização. É possível dividir este conceito em três categorias: *product-oriented* (orientado para o produto) quando um produto é vendido com um serviço associado ao mesmo, *use-oriented* (orientado para o uso) onde o uso de um produto é vendido e a propriedade do produto permanece do fornecedor, e por último *result-oriented* (orientado para o resultado) quando o fornecedor vende um resultado e decide a forma de chegar a esse resultado (Moreau *et al.*, 2020). O caso de micromobilidade em estudo, trotinetes partilhadas, pertence à categoria *use-oriented*, mais precisamente à subcategoria aluguer ou partilha de produtos, onde as empresas de micromobilidade vendem o uso das trotinetes, mas ficam responsáveis pela manutenção, reparação e controlo do produto. O utilizador apenas paga o uso do produto, sendo este utilizado por diferentes utilizadores, aumentando desta forma a vida útil do produto e consequentemente a sua circularidade e sustentabilidade. De forma a manter o valor do produto o maior tempo possível no seu ciclo de vida, pois o produto possui uma intensidade de utilização maior por ser partilhado, o fornecedor deve construir um produto resistente, promover o seu *ecodesign*, preocupar-se com a sua manutenção e incentivar a reutilização, acondicionamento e reciclagem.

Na micromobilidade os veículos são particularmente leves, tornando-se energeticamente eficientes, onde as suas baterias podem ser pequenas sem perderem alcance, e possibilitando a

substituição de equipamentos de carregamento económicos, incluindo estações de carregamento inteligentes (Leal Filho *et al.*, 2021).

Os artigos científicos têm incidido sobre três tópicos – caracterização dos utilizadores e dos padrões de utilização, análise dos impactos ambientais e sobre a saúde, e questões de políticas de transporte e governança (Bozzi e Aguilera, 2022).

2.5 Economia circular na micromobilidade

Nos últimos anos têm surgido diversos estudos sobre as trotinetes partilhadas, no entanto o foco tem sido essencialmente na ACV e não tanto na utilização de métricas para avaliar o impacto em termos de conceitos de economia circular. Por exemplo, a pegada de carbono foi estimada, através de um estudo de ACV baseado nas condições dos Estados Unidos da América e não considerando o impacto da infraestrutura, para o modelo de trotinete M365 da empresa chinesa Xiaomi, um dos modelos utilizados nas primeiras gerações de trotinetes partilhadas. Os resultados obtidos mostraram uma pegada de carbono média de 126 gramas de dióxido de carbono equivalente por passageiro quilómetro transportado (g CO₂eq/pkt)(Bortoli, de, 2021). Importa salientar que este tipo de trotinete não foi projetado para uso intensivo.

O estudo de Bortoli, 2021 realizou a ACV para diferentes modos de micromobilidade, tendo sido em conta cinco indicadores ambientais: alterações climáticas, energia primária, danos no ecossistema, na saúde humana e nos recursos. Os resultados obtidos demonstraram que a eficiência de cada modo depende do indicador considerado. As trotinetes privadas da primeira geração e as trotinetes partilhadas (da segunda geração) apresentaram impactos negativos no indicador da saúde humana, devido à contribuição da produção de baterias de ião-lítio e à relação entre o peso das baterias e a quilometragem de vida útil nas trotinetes. De todos os modos analisados a bicicleta privada apresentou ser o modo mais eficiente em todos os indicadores considerados, no entanto em termos de pegada de carbono assemelha-se à trotinete partilhada. Nos cinco indicadores considerados na ACV, a trotinete privada de primeira geração e a partilhada mostraram resultados muito semelhantes, já a trotinete privada de segunda geração apresenta melhores resultados que estas duas em todos os indicadores.

No mesmo estudo, foi possível identificar que a trotinete partilhada da segunda geração apresenta a maioria dos seus impactos no ciclo de vida do produto e 79% do seu *Global Warming Potencial* (Potencial de Aquecimento Global, indicador utilizado para converter as emissões do ciclo de vida do produto de diversos gases com efeito estufa numa escala de aquecimento global), sendo 50% devido à liga de alumínio na sua constituição. A sua

manutenção, considerando o uso de veículos elétricos e rotas otimizadas, corresponde a 9% das emissões de carbono do ciclo de vida. O consumo energético do ciclo de vida do produto corresponde a 43% de todo o sistema, já a manutenção e o consumo pelas trotinetes a 17% e 18%, respetivamente.(Bortoli, de, 2021)

A distância percorrida pelos veículos de manutenção influencia mais os impactos das trotinetes que nos restantes modos de micromobilidade, pois este modo de transporte tem uma necessidade maior de manutenção, incluindo carregamento e reequilíbrio. O tipo de bateria utilizado na trotinete, *swappable* (substituível) ou não, também afeta a distância percorrida na manutenção, onde considerando um caso de uma bateria não substituível e uma longa distância a efetuar na manutenção a pegada de carbono corresponde a 80 gramas de dióxido de carbono equivalente por quilómetro (g CO₂eq/Km), já outro exemplo onde a bateria é *swappable* e a distância de manutenção é pequena, a pegada de carbono é de 58 g CO₂eq/Km, uma diferença de quase 30% (Bortoli, de, 2021).

Segundo Leal Filho et al., 2021, a mobilidade elétrica engloba todos os veículos abastecidos pela rede elétrica com ou sem motor auxiliar de combustão interna, sendo considerado com um modo de transporte baseado em veículos de baixas emissões, principalmente em ambientes urbanos. Para se poder avaliar as emissões dos transportes elétricos é necessário ter em conta a fonte de geração de eletricidade, isto é, se é proveniente de fontes renováveis ou não e os seus respetivos equivalentes de emissões de dióxido de carbono, e também o grau de eletrificação e o volume de eletricidade utilizado para alimentar o transporte e a sua infraestrutura de suporte.

Para a mobilidade elétrica trazer verdadeiros benefícios ambientais e económicos é necessário que haja em primeiro investimento em geração de energia limpa, desenvolvimentos na tecnologia das baterias dos transportes e melhores esquemas de reciclagem.

O mix de eletricidade influencia os impactos dos estágios de uso e manutenção, por exemplo uma trotinete partilhada emite cerca de 60 gramas de dióxido de carbono por passageiro-quilómetro na Noruega, no entanto na China pode atingir 92 gramas de dióxido de carbono equivalente por passageiro-quilómetro (Bortoli, de, 2021).

Hollingsworth, Copeland e Johnson, 2019 descobriram no seu estudo que os impactos ambientais associados ao uso de ESSS estão essencialmente relacionados aos materiais, processo de fabrico e uso de veículos a combustão na recolha das trotinetes para o seu carregamento. Para diminuir estes impactos diversas ações podem ser tomadas tal como aumentar vida útil das trotinetes e melhorar o processo de manutenção, reduzindo a distância de recolha e distribuição e a frequência de carregamento. Afirmam ainda que só existirão benefícios ambientais no uso de ESSS quando surgirem produtos com uma vida útil mais longa,

menor necessidade de materiais no seu fabrico e com impactos reduzidos na recolha e distribuição de trotinetes.

Uma cidade ao introduzir ESSS no seu sistema de transportes pode através de diversas medidas tornar mais sustentável o ciclo de vida associado ao seu uso, como por exemplo exigir uma gestão centralizada e melhores processos de carregamento das trotinetes de forma a minimizar a distância percorrida na recolha e distribuição ou aplicar políticas antivandalismo para reduzir o uso inadequado das trotinetes com intenção de melhorar a sua vida útil (Hollingsworth, Copeland e Johnson, 2019).

De acordo com um relatório de 2020 do *International Transport Forum*, ITF (Itf e Oecd, 2020), as trotinetes consomem muito menos energia e apresentam menos emissões de gases com efeito estufa (GEE) por passageiro-quilómetro ao longo do seu ciclo de vida, comparativamente aos carros. Estes dois fatores, uso de energia e emissões de GEE, dependem das tecnologias dos motores e tipo de energia utilizada, características dos passageiros, a frequência com que a infraestrutura é usada (estradas, ciclovias) e ainda das práticas operacionais. Nas Figuras 2.2 e 2.3, retiradas do relatório referido anteriormente, são apresentadas estimativas para cada modo de transporte das emissões de GEE e do uso de energia por passageiro-quilómetro (pkm), ao longo do seu ciclo de vida.

A análise dos resultados de Cazzola e Crist, 2020, apresentados nas Figuras 2.2 e 2.3, permite verificar que a bicicleta elétrica partilhada apresenta menor número de emissões e consumo de energia comparativamente às trotinetes partilhadas, no entanto a nova geração de trotinetes já apresenta melhores resultados relativamente à primeira geração, fazendo com que essa diferença já não seja tão grande entre os dois tipos de micromobilidade. A trotinete privada apresenta melhores valores que as partilhadas, no entanto em termos de economia circular pode não ser a melhor opção, mas será um objeto de estudo neste trabalho. A bicicleta, um dos transportes mais antigos aqui presente nestas figuras, apresenta os melhores resultados tanto a nível das emissões como do consumo de energia (também pelo facto de não possuir bateria nem qualquer processo de combustão).

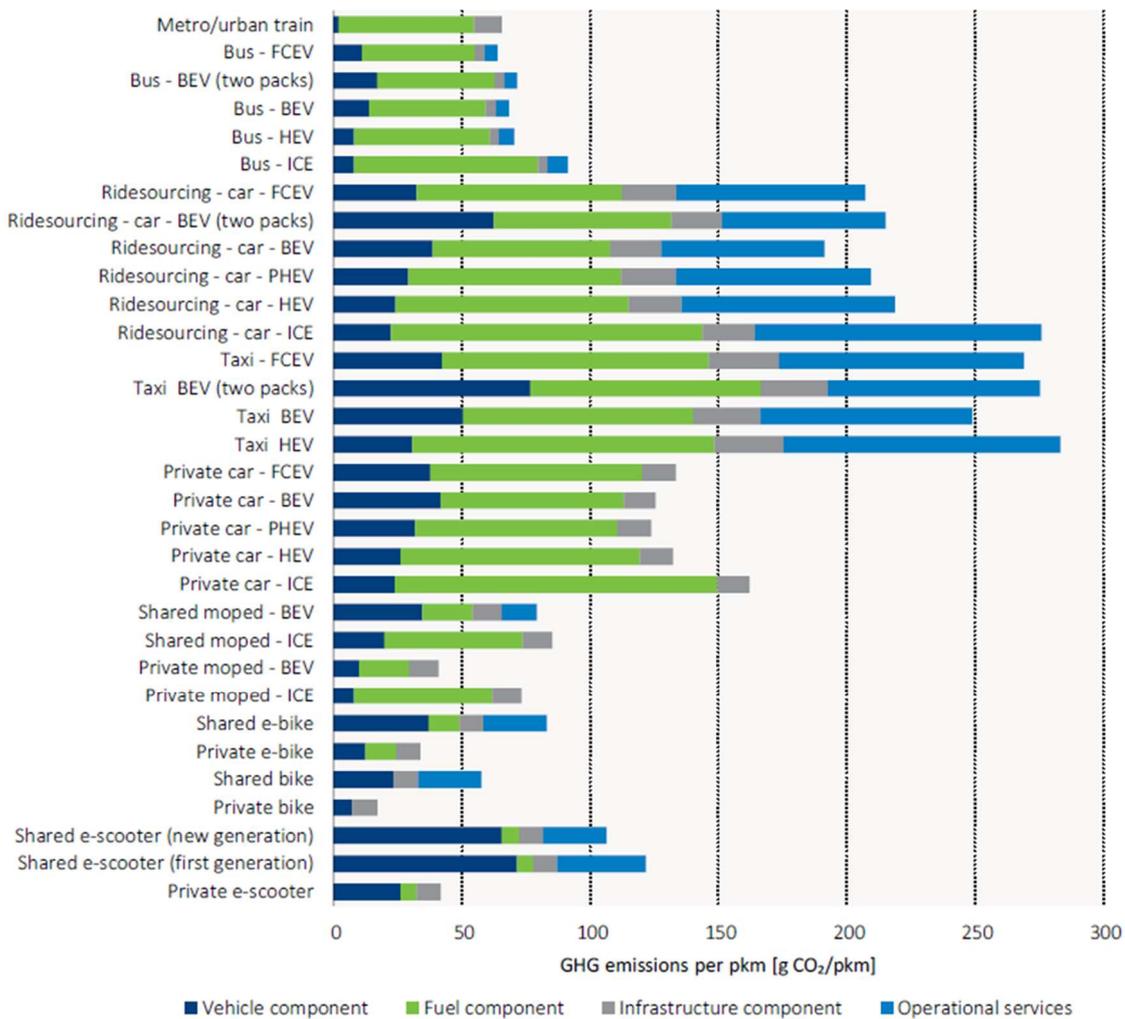


Figura 2.2 – Estimativa de emissões de GEE por pkm de cada modo de transporte, ao longo do seu ciclo de vida (Cazzola e Crist, 2020).

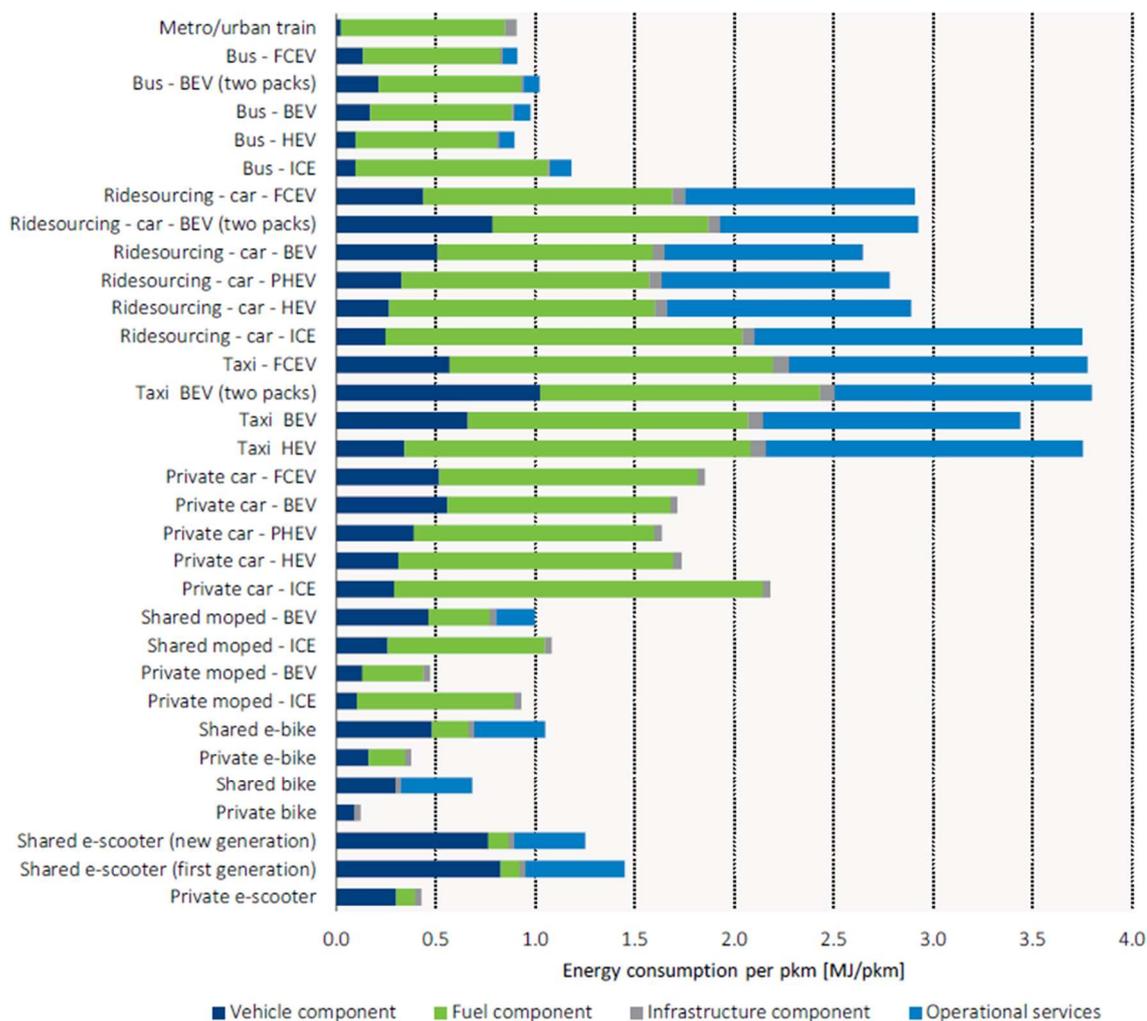


Figura 2.3 - Estimativa do consumo de energia em megajoule por pkm de cada modo de transporte, ao longo do seu ciclo de vida (Cazzola e Crist, 2020).

3. METODOLOGIA

Dado que ainda existem poucos estudos sobre a circularidade dos ESSS na literatura científica, pretende-se neste trabalho perceber de que forma é que estes sistemas contribuem (ou não) para a transição para uma economia circular e a sustentabilidade da mobilidade urbana. Para tal, selecionou-se uma ferramenta de economia circular para avaliar a evolução dos ESSS e a sua circularidade.

Dentro da pequena gama de ferramentas existentes para avaliar a economia circular, considerou-se que o CEIP e o CET eram os mais adequados, pois ambos têm em conta a opção de aluguer do produto na sua avaliação, e as restantes ferramentas eram muito vocacionadas para o desenho do produto. Inicialmente pretendia-se utilizar estas duas ferramentas para se obter os resultados neste trabalho, no entanto o CET deixou de estar disponível virtualmente, tendo sido selecionado como ferramenta de circularidade para a realização da parte prática deste estudo o CEIP. O acesso ao CEIP foi solicitado ao Professor Steve Cayzer, tendo sido utilizado a folha de cálculo do respetivo teste, a qual é disponibilizada como documento adicional ao artigo (Cayzer, Griffiths e Beghetto, 2017).

Esta ferramenta tem como vantagem principal incluir o impacto da utilização de sistema de partilha na medição da circularidade do produto. No entanto, tem como desvantagem o facto de ser um teste com perguntas muito vocacionadas para o produto e não propriamente para um serviço. De qualquer modo, a metodologia aplicada neste trabalho foi cuidadosamente realizada de forma a obter resultados válidos e que permitam avaliar qualitativamente e comparativamente diferentes modelos de trotinetes elétricas.

No Anexo A encontram-se todas as perguntas do CEIP, incluindo a variável avaliada, a pontuação máxima e os princípios de economia circular avaliados de cada pergunta. A pontuação das perguntas está dividida de acordo com a importância que a etapa do ciclo de vida do produto tem para os princípios de economia circular, por exemplo, as etapas de uso e fim de uso do produto são as que possuem mais pontos (35 pontos cada) pois permitem um maior aumento no desempenho dos produtos de acordo com os princípios da economia circular (Cayzer, Griffiths e Beghetto, 2017). O Anexo B apresenta as diversas opções de resposta para cada questão e as respetivas pontuações, da folha de cálculo.

A recolha de dados foi realizada com base em revisão de literatura científica e secundária (essencialmente notícias *online* e os *websites* oficiais das empresas).

Esta metodologia é cada vez mais usual na recolha de dados em estudos sobre soluções emergentes, tendo sido utilizada em artigos científicos como (Gössling, 2020), que investiga os desafios associados à introdução de trotinetes em dez grandes cidades através da análise de conteúdos de reportagens da média local, e mesmo em teses de mestrado como o caso de Ferrão Trindade, 2020, que utilizou a informação de notícias da imprensa para realizar um estudo sobre a introdução de ESSS em Portugal.

Ao longo da recolha de dados houve uma grande dificuldade em obter a informação necessária para ser possível responder às diversas perguntas do CEIP, pois as respetivas empresas não partilham relatórios sobre os seus processos e produtos e a informação apresentada nas notícias do site e redes sociais das empresas não é muito completa. No entanto, foi possível encontrar informação suficiente para as diversas empresas, para diferentes gerações de trotinetes.

Assim, foi então realizada uma pesquisa de informação para duas empresas de forma a responder às perguntas dos CEIP e analisar as práticas adotadas pelas mesmas a nível da economia circular, essencialmente para a Bolt e TIER. Para o estudo de CEIP, a empresa selecionada para a realização do estudo foi a Bolt, devido à maior facilidade na obtenção de dados. Contudo, pela pesquisa efetuada foi possível verificar que as evoluções foram semelhantes.

De forma a confirmar os dados recolhidos na pesquisa, entrou-se em contacto com a empresa Bolt, mas após contactos com linhas de apoio da empresa e com funcionários com cargos superiores não foi possível obter a ajuda na confirmação dos mesmos.

4. ESTUDO DA CIRCULARIDADE DOS SISTEMAS DE PARTILHA DE TROTINETES

4.1 Introdução

Desde o lançamento do primeiro ESSS, em 2017, até aos dias de hoje foram introduzidas mudanças significativas, quer nos veículos – dando origem a diversas gerações de trotinetes – quer nas operações do serviço.

Com o objetivo de analisar se essas mudanças promoveram um aumento da circularidade e da sustentabilidade dos ESSS, aplicou-se o teste CEIP para se comparar uma trotinete privada com uma de ESSS e ainda analisar a evolução dos ESSS ao longo dos últimos anos, utilizando como caso de estudo uma empresa a nível europeu, a Bolt.

Na realização dos testes CEIP ao longo deste estudo, considerou-se a mesma resposta para o seguinte conjunto de questões, independentemente do caso em estudo, pelas razões que se apresentam de seguida:

- Questão 3: “Existe uma lista completa dos materiais e substâncias do produto?” – O relatório de 2020 do *International Transport Forum* (Cazzola e Crist, 2020) indica que os materiais que habitualmente fazem parte da constituição de uma ES são aço, aço inoxidável, ferro fundido, alumínio forjado, alumínio fundido, cobre bronze, vidro, policarbonato, borracha, entre outros. A lista de substâncias restritas de nível básico “Cradle to Cradle” (em português, “berço ao berço”) consiste num registo de produtos químicos cujo uso é proibido acima de determinados limites, onde constam materiais como alumínio e cobre (*CRADLE TO CRADLE CERTIFIED™ PRODUCT STANDARD VERSION 4 BASIC LEVEL RESTRICTED SUBSTANCES LIST (RSL)*, 2019). A lista de matérias-primas críticas da EU é formada por matérias-primas, essencialmente por minerais, que são consideradas estratégicas para a economia da EU e que apresentam alto risco de abastecimento (*The 2020 EU Critical Raw Materials List – Policies - IEA*, 2022), como é o caso do lítio, principal componente das baterias das trotinetes (Bozzi e Aguilera, 2021).
- Questão 5: “Existe uma lista completa de resíduos do processo de fabrico?” - Não foi possível obter qualquer informação sobre este assunto pelo que se considerou a resposta “Não” para todos os casos.

Em todos os testes com ESSS, estas perguntas obtiveram também sempre a mesma resposta:

- Questão 6: “Que embalagem está a ser utilizada?” - As trotinetes ESSS não têm a finalidade de venda e já chegam aos locais de operação montadas sendo desnecessária a embalagem. Como na pesquisa realizada não foi encontrada informação relativamente à embalagem assumiu-se que as mesmas não possuem;
- Questão 7: “Qual é a garantia do produto?” - No que diz respeito à garantia do produto, como se trata de um produto de aluguer a opção para todos é “10 anos + ou anos de vida ou aluguer”;
- Questão 8: “Existe uma opção de aluguer para o produto?” - Tratando-se de um serviço de partilha/aluguer, a resposta é claramente sim nesta pergunta;
- Questão 10: “O produto pode ser reparado?” - Nesta pergunta sobre a possibilidade de reparação do produto escolheu-se a opção “Garantia vitalícia ou aluguer.”, devido ao objeto de estudo se tratar de um produto de aluguer;
- Questão 12: “O produto ajuda a reduzir o desperdício através da sua utilização?” - Como o ESSS se trata de um serviço de aluguer, ajuda a reduzir o desperdício no seu uso, pois substitui a aquisição de trotinetes pelos utilizadores, permite que 1 trotinete seja utilizada por diversas pessoas (menos trotinetes compradas, maior a poupança de recursos, maior a circularidade e menor o desperdício).

4.2 Teste de circularidade: Trotinete privada *versus* ESSS

As primeiras trotinetes elétricas, que surgiram nos Estados Unidos, eram fabricadas pelas empresas Xiaomi e Segway-Ninebot (Kazmaier, Taefi e Hettesheimer, 2020), criadas para uso individual, no entanto as empresas de ESSS adquiriram estes modelos nas suas primeiras gerações, como é o caso da Bolt (*The wild west of micromobility: the evolution of e-scooters in urban environments* | by Humanising Autonomy | Medium, 2020).

Este estudo inicia-se pela aplicação do teste CEIP a uma trotinete privada e à primeira geração de ESSS da Bolt. Ou seja, para o mesmo modelo de trotinete foi efetuado um teste para o uso privado e outro para o uso partilhado. O modelo estudado foi o Segway ES4, presente na Figura 4.1. Na Figura 4.2 apresenta-se o mesmo modelo adotado pela Bolt na sua primeira geração.



Figura 4.1 – Trotinete Segway ES4 (*Ninebot KickScooter By Segway ES4 | Electric Scooter | Segway Official Store, 2022*).



Figura 4.2 – Primeira geração de ESSS da Bolt (*Bolt scooters are now in Tallinn! | Bolt Blog, 2019*).

As respostas aos dois testes realizados para a Segway ES4 como um modelo privado e partilhado encontram-se na Tabela 4.1.

De seguida, apresenta-se as devidas justificações para a escolha das respostas dos testes, onde se teve em consideração informação da época do lançamento, 2019.

Questão 1: “O produto é feito de material reciclado/reutilizado?” – Para o modelo Segway ES4 não se encontrou informação relativamente à percentagem de material reutilizado e reciclado no seu *design*. No entanto, como grande parte da sua estrutura é alumínio que é um material reciclável, assumiu-se que 50% dos materiais no seu *design* são reciclados.

Questão 2: “O produto é mais leve que versão anterior?” – Nos dois casos de estudo estamos a considerar os primeiros modelos de trotinetes elétricas que surgiram no mercado, sendo assim esta questão não é aplicável e os pontos da mesma não são considerados na avaliação.

Questão 4: “Existe uma lista completa de energia para o processo de fabrico?” – Como a percentagem de energia renovável utilizada no fabrico não é disponibilizada pela empresa, assumiu-se o valor para o consumo de energias renováveis do país onde é realizado o processo de fabrico em 2019 (data de lançamento deste modelo de trotinete (*Segway Ninebot ES4 Review | Long Batteries for Daily Commute, 2022*)). Este é realizado em dois países, China e Estados Unidos, onde a consumo de energia de renovável foi respetivamente 14,45% e 10,42% (*Renewable energy consumption (% of total final energy consumption) - China, United States | Data, 2022*), sendo a resposta selecionada no teste “até 25%”.

Questão 6: “Que embalagem está a ser utilizada?” – Na ES privada a embalagem do produto é constituída por uma caixa e outros produtos de embalagem (*User Manual ES series, 2022*), que podem ser reciclados (como é o caso do cartão e plástico, que usualmente vêm nas embalagens de produtos). No caso da partilhada, como a mesma é adquirida pela Bolt já montada, considerou-se que não existe embalagem.

Questão 7: “Qual é garantia do produto?” – A empresa Segway dá um ano de garantia para o produto (no entanto, apenas 90 a 180 dias para a bateria e peças de desgaste, como por exemplo rodas e manípulos do guiador) (*Record your Product’s Serial Number, 2022*). A resposta para o caso de ESSS encontra-se justificada no subcapítulo 4.1, no entanto importa referir que a 1ª geração da Bolt apresentava apenas 2 a 3 meses de vida útil (Bozzi e Aguilera, 2021).

Questão 8: “Existe uma opção de aluguer para o produto?” – Como se pretende estudar o caso privado e partilhado, isto é, sem e com aluguer, selecionou-se a resposta é “Não” para o modo privado e “Sim” para o partilhado.

Questão 9: “O estado de uso e identificação do produto é estabelecido?” - Como qualquer produto eletrónico/elétrico, a trotinete vem identificada com número de série, o modelo e símbolos sobre a sua reciclagem, como o rótulo REEE (Figura 4.3) (*User Manual ES series, 2022*). Já a ESS como se trata de um serviço de aluguer possui ainda um perfil online, uma equipa de atendimento ao cliente, ativação/registo online e registo automático de uso (pois para ser possível usar o serviço é necessário que o utilizador crie uma conta na aplicação e todas as viagens realizadas são guardadas no histórico do cliente). Sendo assim, optou-se pelo “Nível 1” para modo privado e pelo “Nível 4” para o modo partilhado.



Figura 4.3 – Rótulo REEE presente em equipamentos elétricos e eletrónicos (*REEE — o que significa o rótulo, requisitos da UE - Your Europe, 2022*)

Questão 10: “O produto pode ser reparado?” - A garantia oferecida ao produto, pelo fabricante ou revendedor, oferece a reparação do mesmo em caso de dano, no entanto existem algumas exceções que podem implicar custos ao proprietário da trotinete (por exemplo, danos devido a má utilização ou montagem)(*Record your Product’s Serial Number, 2022*).

Questão 11: “O produto pode ser reutilizado?” - A Segway não dispõe de um serviço de venda, compra ou aluguer de produtos, no entanto atualmente uma pessoa que possua uma trotinete pode vender a mesma ou comprar uma usada através de diversas plataformas online. Alguns revendedores também já possuem esse tipo de serviço. Para a primeira geração da Bolt, os processos que permitiam a reutilização do produto era apenas a aplicação para acesso ao serviço de aluguer e manutenção das trotinetes em armazéns em cada cidade.

Questão 12 “O produto ajuda a reduzir o desperdício através da sua utilização?” – No modelo privado, a trotinete pode no seu fim de vida ser reciclada, no entanto isso depende do proprietário pois para isso acontecer é necessário que seja depositada ou entregue em pontos de recolha de REEE, caso contrário irá contribuir para o desperdício. A justificação para modelo partilhado já se encontra no subcapítulo 4.1.

Questão 13: “Que esquema de devolução está disponível para este produto?” - Não existe um esquema de devolução direto do cliente ao fabricante, para a trotinete privada (*Record your Product’s Serial Number, 2022*). Para a 1ª geração da Bolt, a empresa era a responsável pelo retorno dos seus produtos no seu fim de vida para o fabricante.

Questão 14: “O produto é separado de outros produtos no fim da sua vida útil?” -A trotinete privada pode ser reciclada em fluxos de lixo público, mais precisamente em pontos de recolha de REEE, mas tal como referido acima isso depende do seu proprietário. Já no caso de ESSS, a Bolt é responsável pelo seu fim de vida.

Questão 15: “Os materiais do produto retornam à cadeia de abastecimento?” - A informação sobre o material reutilizado e reciclado no seu fim de vida não se encontra disponível. Devido a tal, assumiu-se como percentagem de materiais reciclados a dos REEE na Europa em 2020 (pois tem em conta os resíduos recolhidos nos três anos anteriores, 2017 a 2019), 45,9% (*Waste statistics - electrical and electronic equipment - Statistics Explained, 2022*). Relativamente à percentagem de material reutilizado, considerou-se nula.

Tabela 4.1 - Respostas e pontuação adquirida no teste CEIP realizada para a trotinete privada e a 1ª geração de ESSS da Bolt. Legenda: design- amarelo; fabrico- laranja; comercialização- azul; uso- cinzento; fim de vida- verde.

Segway ES4				
Trotinete privada			1ª Geração ESSS	
Modelo: ES4			Modelo: ES4	
Ano de lançamento: 2019			Ano de lançamento: 2019	
Perguntas CEIP	Resposta	Pontuação adquirida	Resposta	Pontuação adquirida
1	0% reutilizado + 50% reciclado	4	0% reutilizado + 50% reciclado	4
2	Não aplicável.	0	Não aplicável.	0
3	Sim + pelo menos 1 químico + pelo menos 1 material	2	Sim + pelo menos 1 químico + pelo menos 1 material	2
4	Sim, até 25 %.	4	Sim, até 25 %.	4
5	Não.	0	Não.	0
6	Embalagem feita de vários materiais e reciclável.	1	Sem necessidade de embalagem.	5
7	Até 2 anos.	0	10 anos + ou vitalícia ou aluguer.	10
8	Não.	0	Sim.	15
9	Nível 1: produtos com detalhes de identificação incorporados (nº de série, modelo, reciclagem,...)	1	Nível 4: produtos com ID embutido, perfil online, equipa de atendimento ao cliente, ativação/registo online e registo automático de uso.	10
10	Reparação oferecida pelo revendedor ou fabricante, pode ter um custo.	2	Garantia vitalícia ou aluguer.	5
11	Fabricante/Revendedor tem uma plataforma online para vender/comprar/alugar produtos usados.	2	2 das opções anteriores.	4
12	Permite a reciclagem ou compostagem.	5	Produto pode ser alugado em vez de comprado.	5
13	Esquema de devolução indisponível.	0	Esquema de devolução de qualquer produto deste tipo pela empresa de retalho.	12
14	Mais de 50% deste tipo de produto é segregado em fluxos de lixo público locais (por exemplo, REEE).	4	O produto é separado no final de vida útil pelo revendedor do produto/marca.	6
15	0% reutilizado + 50% reciclado	4	0% reutilizado + 50% reciclado	4
Total	29		86	

4.3 Teste de circularidade: Evolução dos ESSS

4.3.1 Bolt

A Bolt é a primeira aplicação europeia de mobilidade, fundada em 2013, por Markus Vilig, em Talín, na Estónia. Originalmente, os seus serviços focavam-se em *ride-hailing* – um serviço *on-demand* em que um passageiro contrata um automóvel com motorista para o levar de um ponto de origem a um determinado destino. Atualmente a Bolt oferece diversos serviços de mobilidade: *ride-hailing*, aluguer de trotinetes e bicicletas elétricas, entrega de refeições e itens de restaurantes e lojas (Bolt Food), entrega de mercearia (Bolt Market) e aluguer de carros por curta duração (Bolt Drive) (*Careers: Join Europe's Fastest-Growing Tech Company | Bolt, 2022*).

Esta empresa é das maiores operadoras europeias e usa trotinetes desenvolvidas totalmente internamente, com equipas de *design* e *hardware* a controlar cada etapa do ciclo de vida, ao contrário de empresas concorrentes que compram as suas trotinetes a fabricantes externos (*The benefits of controlling scooter design and manufacturing processes | Bolt Blog, 2020*). Foi a partir da terceira geração de trotinetes que as mesmas começaram a ser projetadas pela equipa interna da Bolt, desenvolvendo trotinetes com foco na segurança e na sustentabilidade ambiental.

O *design* tem sido melhorado ao longo das gerações, a quarta geração (Bolt 4) apresenta sensores para detetar acidentes, quedas, travagens bruscas e condução insegura, criando um novo padrão a nível da segurança da trotinete (*The benefits of controlling scooter design and manufacturing processes | Bolt Blog, 2020*). A criação de novos produtos com o menor uso de material possível, minimizando o uso de plástico (menos 70% que outras marcas) e utilizando alumínio reciclado (90% de alumínio 100% reciclável) na sua construção, é uma das soluções da empresa para minimizar o impacto ambiental.

O peso das suas trotinetes foi aumentando ao longo das gerações devido às alterações no *design* e bateria para as tornar mais resistentes. O peso influencia o consumo de energia e consequentemente o volume de emissões, durante a condução, mas também na sua produção, transporte e manutenção.

O facto de as trotinetes na Bolt serem construídas internamente permite que exista modularidade, isto é, permite fornecer e reparar todas as peças das trotinetes, evitando a necessidade de intermediários e tornando as suas operações mais eficientes (menor necessidade de transporte, menos emissões de CO₂). Este fator contribui ainda para a circularidade das

trotinetes e para o aumento da vida útil das mesmas para mais de 60 meses, 5 anos (*The benefits of controlling scooter design and manufacturing processes* | Bolt Blog, 2020).

Segundo a iniciativa de desperdício zero nesta empresa, efetua-se a compra e substituição de qualquer peça sem ser necessário desativar uma trotinete para reparar outra, permitindo começar e terminar uma temporada com o mesmo número de trotinetes, sendo possível restaurar 99% das trotinetes sem as desativar (*Climate positive by the end of 2020: the Bolt E-Scooter Sustainability Pledge* | Bolt Blog, 2020). Nos centros de manutenção com equipas especializadas da Bolt, as trotinetes são reparadas e totalmente inspecionadas antes de retornarem às cidades e a existência de mecânicos locais permite reparos e manutenções regulares.

No fim de vida, quando não é possível reparar nem reutilizar uma trotinete, a mesma é reciclada de acordo com a Diretiva Europeia WEEE. Esta diretiva foi introduzida pela UE de forma a controlar o progressivo crescimento de Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrónicos (REEE) e contribuir para uma produção e consumo sustentável. Cooperar para uma utilização eficiente de recursos, uma recuperação de matérias-primas secundárias através de diversas formas de valorização tal com o a reciclagem e a reutilização, para uma melhoria do desempenho ambiental de todo o ciclo de vida do equipamento elétrico e eletrónico e principalmente para a prevenção e criação de REEE, são os principais objetivos desta diretiva (*Waste from Electrical and Electronic Equipment (WEEE)*, 2022).

Existe ainda parcerias com empresas de armazenamento de energia de forma a dar uma segunda vida útil a baterias que já não se encontram num estado apropriado para as trotinetes, mas que ainda se encontram aptas para serem usadas para armazenar energia noutras utilizações (*The benefits of controlling scooter design and manufacturing processes* | Bolt Blog, 2020).

A Bolt refere que a nível das operações encontra-se empenhada a projetar e manter o seu sistema bastante eficiente, usando energia renovável nos seus armazéns e no carregamento de ESSS sempre que possível, um software operacional que minimize o percurso percorrido e optimize as viagens necessárias para recarregar as trotinetes, e veículos energeticamente eficientes (*Climate positive by the end of 2020: the Bolt E-Scooter Sustainability Pledge* | Bolt Blog, 2020). Para além das ações nas operações a empresa compromete-se ainda a partilhar dados relevantes e a comunicar com as cidades onde opera de forma a ajudar na transição para um transporte urbano mais ecológico, e a apoiar projetos de compensação de CO₂ como projetos de energia eólica na China e na Índia.

A introdução de *swappable batteries* nas trotinetes mais recentes permite reduzir o consumo de energia, pois como é possível trocar as baterias no local não são necessários transportes de

grandes dimensões, produzindo menos emissões (*Charging up: The opportunities and challenges of running an electric scooter fleet* | Bolt Blog, 2022).

De maneira a ajudar as cidades europeias a reduzir as suas emissões, a Bolt pretende fazer uma transição para veículos elétricos na sua fase operacional, permitindo uma redução das emissões de GEE e da poluição atmosférica local, sendo que essa redução não é de 100% devido ao mix energético. Desta forma, não existe uma solução única para todas as cidades, mas sim diferentes soluções dependendo da localização geográfica e das suas políticas. Uma solução implementada em Talín, Estónia, foi a criação de docas de carregamento de trotinetes que contribuiu para a otimização da fase operacional e redução das emissões (uma redução de cerca de 300 kg de CO₂ por mês) mas também resolver problemas associados ao estacionamento (*Charging up: The opportunities and challenges of running an electric scooter fleet* | Bolt Blog, 2022).

Devido ao seu uso contínuo e exposição a condições climatéricas, ao longo dos anos o *design* e a tecnologia usada nestas trotinetes têm sido melhorados de forma a aumentar os seus anos de vida e nível de sustentabilidade. As trotinetes elétricas privadas apresentam características bastante diferentes comparativamente às de ESSS, sendo mais leves e com um *design* bastante diferente (mais pequenas/menor volume).

Para a realização do CEIP foram selecionadas a terceira (Figura 4.4) e a quinta geração (Figura 4.5) das ESSS da Bolt. Na Tabela 4.2 estão apresentadas as respostas selecionadas no teste para ambas as gerações e a pontuação final adquirida.

Tabela 4.2 – Respostas e pontuação adquirida no teste CEIP realizado para a 3ª e 5ª geração de ESSS da Bolt. Legenda: design- amarelo; fabrico- laranja; comercialização- azul; uso- cinzento; fim de vida- verde.

Perguntas CEIP	Bolt			
	3ª Geração		5ª Geração	
	Modelo: Valk 3		Modelo: Bolt 5	
	Ano de lançamento: 2020		Ano de lançamento: 2022	
Resposta	Pontuação adquirida	Resposta	Pontuação adquirida	
1	0% reutilizado + 100% reciclado	10	0% reutilizado + 100% reciclado	10
2	Não.	0	Não.	0
3	Sim + pelo menos 1 químico + pelo menos 1 material	2	Sim + pelo menos 1 químico + pelo menos 1 material	2
4	Sim, até 25 %.	4	Sim, até 25 %.	4
5	Não.	0	Não.	0
6	Sem necessidade de embalagem.	5	Sem necessidade de embalagem.	5
7	10 anos + ou vitalícia ou aluguer.	10	10 anos + ou vitalícia ou aluguer.	10
8	Sim.	15	Sim.	15
9	Nível 4: produtos com ID embutido, perfil online, equipa de atendimento ao cliente, ativação/registo online e registo automático de uso.	10	Nível 5: ID incorporado, perfil online, equipa de suporte, ativação/registo online, registo automático de uso e alertas de manutenção usando "Internet of Things" (IoT).	15
10	Garantia vitalícia ou aluguer.	5	Garantia vitalícia ou aluguer.	5
11	4 das opções anteriores.	8	4 das opções anteriores.	8
12	Produto pode ser alugado em vez de comprado.	5	Produto pode ser alugado em vez de comprado.	5
13	Esquema de devolução de qualquer produto deste tipo pela empresa de retalho.	12	Esquema de devolução de qualquer produto deste tipo pela empresa de retalho.	12
14	Produto é separado no final de vida útil pela empresa do produto e mais de 25% é devolvido ao fabricante.	10	Produto é separado no final de vida útil pela empresa do produto e mais de 25% é devolvido ao fabricante.	10
15	50% reutilizado + 50% reciclado	10	50% reutilizado + 50% reciclado	10
Total	106		111	



Figura 4.4 – Terceira geração de ESSS da Bolt (*Bolt launches new, custom-built scooter model | Bolt Blog, 2020*).



Figura 4.5 – Quinta geração de ESSS da Bolt (*Introducing the Bolt 5, our fifth generation scooter | Bolt Blog, 2022*).

Devido a falta de informação clara e direta, na resposta a algumas perguntas foi necessário assumir valores em função de diferentes referências bibliográficas:

Questão 1: “O produto é feito de material reciclado/reutilizado?” – Segundo a Bolt todas as suas trotinetes são 100% recicláveis e modulares, sendo possível reparar 100% (*The benefits of controlling scooter design and manufacturing processes | Bolt Blog, 2020*). Desta forma, como o teste não permite uma taxa de 100% para os dois parâmetros e colocando 50% em cada não permite uma boa pontuação (o máximo é atingido quando a percentagem de material reutilizado

é 100%, e na realidade isso não acontece) assumiu-se 0% para material reutilizado e 100% para material reciclado no *design* do produto, de forma a obter-se metade da pontuação.

Questão 2: “O produto é mais leve que versão anterior?” – A 3ª geração pesa 17 kg (*Bolt launches new, custom-built scooter model | Bolt Blog, 2020*), mais 3 kg que a primeira (o modelo Segway ES4, que pesava apenas 14 kg (*Ninebot KickScooter By Segway ES4 | Electric Scooter | Segway Official Store, [s.d.]*). Já a 5ª geração, Bolt 5, não foi encontrado o valor do seu peso, no entanto o modelo da trotinete é muito semelhante ao modelo ES600 da marca OKAI (Figura 4.6), tendo se assumido o peso desta, 32 kg (*OKAI Electric Scooter OKAI ES600 – SpeedtronicPro, 2022*), também mais pesada que as gerações anteriores.



Figura 4.6 – Modelo OKAI ES600 (*OKAI Electric Scooter OKAI ES600 – SpeedtronicPro, 2022*).

Questão 4: - A percentagem de energia utilizada no processo de produção das trotinetes não é partilhada pela empresa, nem o seu local, mas sendo a empresa europeia e considerando que utiliza sempre que possível energia renovável nos seus processos (*Climate positive by the end of 2020: the Bolt E-Scooter Sustainability Pledge | Bolt Blog, 2020*), assumiu-se que a percentagem de energias renováveis utilizadas era de 22%, a média de energia consumida de origem renovável da União Europeia (*União Europeia ultrapassou meta de energia renovável em 2020. Portugal acima da média - Energia - Jornal de Negócios, 2022*).

Questão 9: - “O estado de uso e identificação do produto é estabelecido?” - Os ESSS encontram-se todos identificados pela empresa, com um perfil online de forma aos utilizadores as poderem encontrar e com uma equipa de atendimento ao cliente e de manutenção. Cada usuário é ainda obrigado a registar-se na plataforma da empresa para poder ter acesso ao serviço. Na 5ª geração da Bolt o software IoT da trotinete permite ainda monitorização em tempo real da condição do veículo, recolha de dados, comunicação remota sem barreiras e autenticação dupla. Possui ainda diversos recursos de alarme associados ao IoT que emitem alertas quando a trotinete é utilizada

ilegalmente ou derrubada, bem como quando a bateria está fraca. Devido a estes factos, assumiu-se o nível 4 para a 3ª geração e o nível 5 para a 5ª geração (*Introducing the Bolt 5, our fifth generation scooter* | Bolt Blog, 2022).

Questão 11: “O produto pode ser reutilizado?” - Em ambas as gerações da Bolt as trotinetes estão constantemente a ser reutilizadas, pois sempre que uma trotinete se encontra danificada a mesma é reparada totalmente, nos centros de manutenção presentes em cada cidade, e inspecionada de acordo vários critérios antes de voltar a ser utilizada (*The benefits of controlling scooter design and manufacturing processes* | Bolt Blog, 2020). Desta forma, para as opções de resposta apresentadas no teste considerou-se quatro opções: “Fabricante oferece uma versão recondicionada certificada do produto”, “Fabricante/Revendedor oferece um teste de qualidade certificado para produtos usados”, Fabricante/Revendedor tem uma plataforma online para vender/ comprar/alugar produtos usados” e “Fabricante/revendedor apoia centros de reutilização locais”.

Questão 13: “Que esquema de devolução está disponível para este produto?” - Cada empresa de ESSS é responsável por todas as etapas do ciclo de vida das suas trotinetes, inclusive o seu fim de vida, sendo que a opção selecionada foi “Esquema de devolução de qualquer produto deste tipo pela empresa de retalho”, onde a “empresa de retalho.” corresponde à operadora do ESSS, a Bolt (*The benefits of controlling scooter design and manufacturing processes* | Bolt Blog, 2020).

Questão 14: “O produto é separado de outros produtos no fim da sua vida útil?”- No fim de vida útil de uma trotinete Bolt todos os materiais das trotinetes são reciclados e como não foi encontrada informação clara sobre a separação dos materiais, assumiu-se que a separação é feita pela empresa que também é a fabricante, pois as trotinetes são construídas inteiramente internamente por eles com equipas responsáveis por cada ciclo de vida do ESSS(*The benefits of controlling scooter design and manufacturing processes* | Bolt Blog, 2020).

Questão 15: “Os materiais do produto retornam à cadeia de abastecimento?” - Tanto a 3ª como a 5ª geração da Bolt são feitas de 90% de alumínio que é 100% reciclável e de outros materiais facilmente recicláveis. Caso uma trotinete não possa ser reparada a mesma é reutilizada (*The benefits of controlling scooter design and manufacturing processes* | Bolt Blog, 2020). Considerando estes dois pressupostos e de forma a obter a pontuação máxima nesta pergunta, assumiu-se 50% para materiais reutilizados e 50% para materiais reciclados no fim de vida do produto.

4.3.2 TIER

Na secção 4.3.1 é possível verificar que as gerações das trotinetes da Bolt sofreram uma grande evolução desde a primeira geração até aos dias de hoje. De forma a perceber se esta empresa é um caso único ou se de facto se trata de uma evolução generalizada dos operadores de ESSS, foi feita uma pesquisa semelhante relativa a outra empresa - TIER.

A TIER Mobility é uma empresa de micromobilidade europeia sediada em Berlim, fundada por Lawrence Leuschner, Matthias Laug. e Julian Blessin. O seu ESSS foi lançado a 13 de outubro de 2018, na cidade de Viena, no entanto já opera em mais de 85 cidades em 10 países (*TIER reached 1 million rides, faster than any eScooter company before - TIER, 2022*).

A sustentabilidade e a neutralidade carbónica são dois conceitos muito importantes para esta operadora, onde a redução de emissões, uma cadeia de suprimentos responsável e o cumprimento dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas são os seus principais compromissos. Possuem ainda um compromisso conjunto de sustentabilidade desde 2020, onde juntamente com outras duas operadoras, a Dott e a Voi, trabalham para elevar os padrões de sustentabilidade da indústria de micromobilidade (*Sustainability at TIER | How TIER Lowers the Impact of Mobility | TIER, 2022*).

Através da Figura 4.7 é possível verificar que também houve uma evolução significativa desde a primeira geração das trotinetes TIER até aos dias de hoje. Tendo sido realizado um trabalho de pesquisa idêntico quer para a TIER quer para a Bolt, verificou-se uma evolução semelhante em ambas. Em todas as fases do ciclo de vida das trotinetes da TIER houve uma melhoria, desde a introdução de materiais reciclados no *design*, o uso de energia renovável nas operações de manutenção e a reutilização e reciclagem de peças de trotinetes no seu fim de vida (*Dott, TIER and Voi commit to raising the bar for e-scooter sustainability - TIER, 2020*). Por esta razão e pelo facto de estarem acessíveis menos dados optou-se por não realizar o teste CEIP para a TIER, pois tendo em conta também a informação anterior, relativamente à sustentabilidade da empresa, os resultados da TIER seriam muito semelhantes aos da Bolt.

	
<p>A - 1ª Geração (<i>Tier, the Berlin-based scooter rental startup, raises €25M as European e-scooter market heats up TechCrunch, 2018</i>)</p>	<p>B - 6ª Geração (<i>TIER unveils new, sixth-generation e-scooter model and renews fleet in Germany, Austria, Hungary, and Sweden - TIER, 2022</i>)</p>

Figura 4.7 – Primeira e sexta geração de trotinetes da empresa TIER.

4.4 Discussão dos resultados

Nesta secção são apresentados os resultados dos diversos testes CEIP realizados para os casos de estudo. Cada figura foi retirada dos diferentes testes, onde é apresentada a avaliação e classificação a nível da circularidade para cada fase do ciclo de vida do produto e ainda a total.

Nas Figuras 4.8 a 4.11 é possível verificar que todos os casos de estudo obtiveram resultados diferentes, sendo a trotinete privada o pior caso, avaliação de 19% e uma classificação “Fracó” (Figura 4.8), e a quinta geração da Bolt o melhor, com uma avaliação de 73% e uma classificação “Muito bom” (Figura 4.11).

Na Figura 4.8 a trotinete privada apresenta a pior classificação comparativamente aos restantes casos de estudo, essencialmente devido à sua fase de comercialização de apenas de 3%. As fases de uso e fim de vida apresentam as percentagens mais baixas (29% e 23%, respetivamente) dos testes realizados, contribuindo também para a classificação final de “Fracó”.

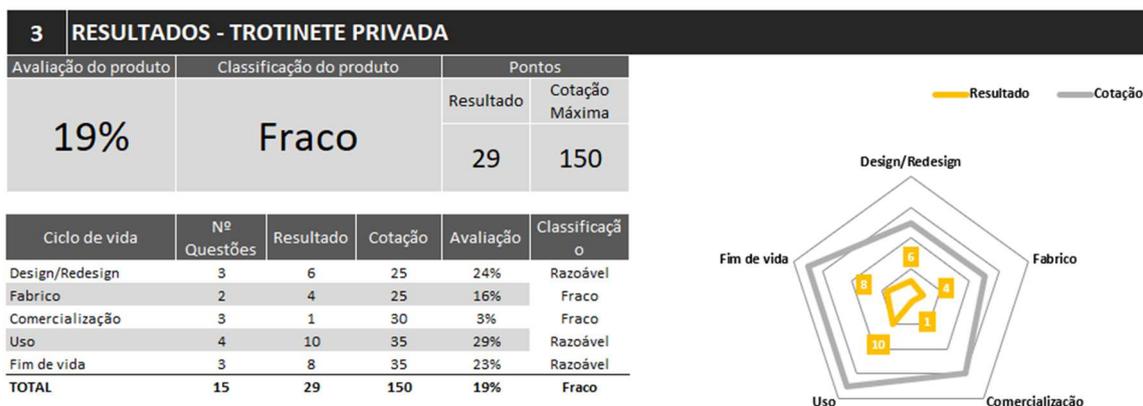


Figura 4.8 – Resultado do teste CEIP para a trotinete privada (imagem retirada do teste).

A Figura 4.9 mesmo modelo de trotinete, mas num contexto sistema partilhado, aumenta consideravelmente a avaliação do produto de 19 para 57%. As fases de comercialização, uso e fim de vida apresentam melhores classificações neste caso. A classificação “Excelente” na fase de comercialização demonstra que o serviço de aluguer é sem dúvida uma grande contribuição para a circularidade de um produto.



Figura 4.9 – Resultado do teste CEIP para a trotinete 1ª geração da Bolt (imagem retirada do teste).

Os resultados do teste CEIP para as gerações mais recentes da Bolt estão apresentados nas Figuras 4.10 e 4.11, em que para ambas se obteve a classificação final de “Muito Bom” e avaliação do produto com uma ligeira diferença de 3%, em consequência da fase de uso (80% na terceira geração e 94% na quinta geração). Comparando a classificação das diversas fases do ciclo de vida destas gerações com as da primeira geração na Figura 4.9, é possível verificar que existiram grandes evoluções principalmente nas fases de uso e fim de vida do produto.



Figura 4.10 – Resultado obtido no teste CEIP para a 3ª geração da Bolt (imagem retirada do teste).



Figura 4.11 - Resultado obtido no teste CEIP para a 5ª geração da Bolt (imagem retirada do teste).

Examinando todas as fases do ciclo de vida do produto é possível compreender o porquê de haver diferenças entre um modelo privado e um partilhado e perceber que melhorias têm sido feitas nas diferentes gerações para ao longo dos anos terem conseguido aumentar a sua circularidade.

Na primeira fase do ciclo de vida, *design*, as variações não foram muito significativas ao longo das gerações. Relativamente ao estudo realizado com modelo Segway ES4 para o modo privado e partilhado, não houve diferença pois a trotinete em estudo era a mesma, já comparando com a primeira geração da Bolt com as seguintes gerações existe uma ligeira diferença. A partir da terceira geração a percentagem de materiais reciclados/reutilizados introduzidos na constituição

da trotinete aumentou, fazendo com que a necessidade de matéria-prima virgem diminuísse. Devido a isto, a avaliação da primeira para a terceira e quinta geração melhorou 20 %, pois na pergunta 3 a resposta foi igual para todos os casos e apesar da pergunta 2 já ser contabilizada nos testes das gerações mais recentes obteve-se zero pontos. Um bom *design* circular tipicamente implica menos material para a mesma performance e qualidade, no entanto isto aplica-se bem para produtos convencionais e não para o caso dos ESSS, pois para ser possível aumentar os anos de vida de uma ES é necessário torná-la mais robusta, porque se trata de um produto de aluguer exposto a todo o tipo de condições climáticas, danos físicos devido a eventual mau uso por parte dos utilizadores e também a uso intensivo. Tendo em conta isto, pode-se afirmar que a pergunta 2 não é muito adequada para modelos de negócios de ESSS, acabando por prejudicar a pontuação final nos três testes realizados em casos de partilha.

A informação relativa ao processo de fabrico é geralmente muito escassa. As empresas apenas partilham alguma como por exemplo os países onde se produz o produto e não os dados de energia consumida e a quantidade de resíduos produzida no processo. Tal como foi explicado anteriormente, assumiu-se determinados valores para os diferentes casos na questão 4, que acabaram por não variar muito ao longo dos anos, e a questão 5 obteve pontuação nula em todos os casos de estudo devido à falta de informação. Consequentemente, esta etapa do ciclo de vida das trotinetes acabou por ter uma avaliação igual em todos os casos de estudo, influenciando o resultado das mesmas, principalmente na terceira e quinta geração da Bolt que com a evolução que teve ao longo dos anos na reutilização e reciclagem provavelmente obteria uma avaliação “Razoável” ou até “Bom”.

A comercialização da primeira geração da Bolt tem a pontuação máxima, tal como qualquer produto de aluguer iria ter. O facto de não existir embalagem reduz o gasto extra de materiais. Já o contrário implica uma maior quantidade de materiais por produto produzido, o que acontece na trotinete privada daí a sua pontuação ser muito menor comparativamente ao ESSS. A necessidade de aquisição ou criação de novos produtos é reduzida através da garantia do produto e a possibilidade de alugar o mesmo. Uma garantia extensa minimiza a substituição dos produtos existentes por novos, sendo importante a vida útil das trotinetes. No caso da trotinete privada em estudo a garantia é apenas até dois anos, já as ESSS como são um produto de aluguer possuem uma garantia “vitalícia”, obtendo a pontuação máxima nesta questão para todas as gerações. Para uma avaliação mais correta do objeto de estudo esta questão deveria ter em conta os anos de vida do produto, no caso das ESS, pois não é correto dar a mesma pontuação na primeira geração, que tinha apenas 2 a 3 meses de vida útil, e na quinta geração que possui uma vida útil de 5 anos aproximadamente (*Introducing the Bolt 5, our fifth generation scooter | Bolt Blog, 2022*). A opção de aluguer permite ter acesso aos produtos sem ser necessário os adquirir, possibilitando circular produtos no seu valor máximo, o que não acontece no modo privado, acabando por adquirir menor pontuação na questão 8. Neste

contexto, justifica-se que, na fase de comercialização, as ESSS apresentem classificação “Excelente”.

A fase de uso no ciclo de vida do produto é a que apresenta uma avaliação crescente ao longo dos resultados obtidos. Uma correta identificação de um produto e o conhecimento do seu estado de uso permite planear ações de manutenção antes que surja uma avaria. Neste aspeto, as trotinetes da Bolt voltam a superar o modelo privado de primeira geração que apenas apresenta uma identificação base do produto. Sendo as trotinetes da Bolt um serviço com uso mais intensivo, as mesmas necessitam de uma maior manutenção, por isso possuem uma identificação e sistema de controlo do uso mais rigoroso que as privadas, obtendo por isso uma melhor pontuação. É possível ainda verificar nas Figuras 4.10 e 4.11 uma melhoria na avaliação na fase de uso devido à introdução IoT na quinta geração da Bolt para a sua manutenção. Relativamente à reparação e reutilização do produto tem vindo a melhorar com a evolução das gerações. A modularidade introduzida a partir da terceira geração da Bolt permitiu que o processo de reparação reduzisse o desperdício de resíduos e prolongasse a vida útil das trotinetes.

No fim de vida do produto a trotinete privada apresenta o pior resultado, apenas 23%. Para que um produto apresente um bom resultado nesta fase do seu ciclo, o seu fim de vida deve ser substituído por procedimentos de reutilização e reciclagem essencialmente. Na aquisição de uma trotinete privada, o fim de vida fica sempre a cargo do comprador, podendo esta vir a ser reciclada, reutilizada ou até vendida em segunda mão ou não. Nas trotinetes Bolt, verifica-se uma melhoria 28% na avaliação desta fase do ciclo de vida. Na primeira geração, não existem dados concretos sobre a reutilização, no entanto tratando-se de um produto eletrónico e sendo a empresa responsável pelo seu fim de vida, pelo menos a diretiva europeia de REEE teve de ser aplicada. A partir da terceira geração as trotinetes começaram a ser 100% recicladas e reutilizadas e sendo a Bolt responsável pelo fabrico é possível reintroduzir materiais na produção de novas trotinetes. Desta forma, a sua avaliação nesta etapa foi de 91% com uma classificação de “Excelente”.

Tendo em conta análise feita para cada etapa do ciclo de vida dos diversos casos de estudo, os princípios de economia circular e os resultados obtidos nos quatro testes, pode afirmar-se que a Bolt desde a primeira geração até ao presente tornou as suas trotinetes e operações mais sustentáveis e circulares. Antes da realização dos testes já se previa que o resultado iria ser melhor no modelo partilhado, pelo simples motivo de se tratar de um serviço de aluguer, com base num modelo de negócio “*product-as-a-service*”, que promove uma maior utilização e a reutilização de um produto, evitando a extração de matérias-primas para a criação de novos e reduzindo o desperdício, e que o resultado nas trotinetes privadas iria ser o pior.

5. CONCLUSÃO

O principal objetivo desta dissertação consiste em perceber se os ESSS estão a evoluir de forma sustentável e circular, isto é, se estão a contribuir na transição para a economia circular.

Para se encontrar uma resposta, iniciou-se o estudo com uma revisão da literatura científica sobre economia circular e micromobilidade, apresentada no capítulo Estado de Arte. Através da síntese desta informação foi possível verificar que existem poucos estudos que abordem a economia circular com a micromobilidade, mais precisamente com ESSS. A maioria dos estudos baseia-se em análise de ciclo de vida dos ESSS. No entanto como referido no subcapítulo 2.3, embora esta ferramenta forneça informações sobre a dimensão e impacto ambiental não permite avaliar a circularidade de um sistema em toda a sua complexidade.

Na análise da evolução dos ESSS foi possível verificar grandes mudanças nas trotinetes desde a primeira geração até às mais recentes. Foram efetuadas melhorias em praticamente todas as fases do seu ciclo de vida, salientando-se as fases de *design*, manutenção e fim de vida. Os testes realizados com a ferramenta CEIP comprovam essa evolução na circularidade dos ESSS, onde os resultados foram melhorando ao longo das gerações, sendo a última geração a que apresenta melhor resultado. Permitiram ainda verificar que um sistema de partilha é muito mais circular que uma trotinete privada, apresentando esta o pior resultado dos testes.

Existe ainda um grande esforço de melhoria nas baterias utilizadas nas trotinetes, em tentando torná-las cada vez mais eficientes, com processos de manutenção mais sustentáveis e ainda a criação de parcerias com outras empresas de forma a ser possível reciclá-las ou dar-lhes uma segunda vida.

Através de uma parceria com o Instituto Norueguês de Economia dos Transportes, foi realizado um estudo para se descobrir se a aplicação Bolt poderia ser usada para influenciar os hábitos de mobilidade urbana de forma positiva (*Case study: Reducing congestion and emissions with electric scooters* | *Bolt Blog*, 2022). Influenciar as pessoas a usar veículos leves e partilhados, como as trotinetes, ajudando a reduzir a poluição, ruído e congestionamento, e transformando as cidades em espaços melhores para todos, é um grande objetivo da Bolt. O projeto piloto baseava-se numa recomendação na aplicação, quando os utilizadores solicitavam uma viagem de carro com menos de 3 quilómetros eram incentivados a usar uma scooter, isto quando havia uma trotinete disponível a uma distância de 5 minutos a pé. Os resultados obtidos mostraram

que 40 a 60% das pessoas escolheram a recomendação, aumentando o número de viagens de ESSS em diversas cidades.

Em Portugal, já se encontram implementados muitos ESSS em diversas cidades. No entanto, as empresas de micromobilidade não disponibilizam os mesmos serviços em todas, acabando por gerar desigualdade entre as grandes cidades, como Lisboa e Porto, e as restantes. Tomando como exemplo a Bolt, as novas gerações de trotinetes apenas são implementadas nas grandes cidades e as gerações mais antigas são transferidas para cidades mais pequenas, como é o caso de Coimbra, onde apenas se encontram disponíveis trotinetes da terceira geração.

O Decreto-Lei nº44/2018 de 20 de junho regula as condições de acesso e de exercício da atividade de aluguer de veículos de passageiros sem condutor, também designada por atividade de *rent-a-car* (DL 47_2018 - *Regula atividades de aluguer e partilha de veículos de passageiros sem condutor_ (sharing_ velicípedes)*, 2018). Aqui é possível encontrar diversos requisitos que as empresas de ESSS têm de cumprir para poderem operar em Portugal, tais como: possuir um sistema eletrónico de reserva, dispor de uma linha telefónica permanente de apoio ao cliente, atribuir aos veículos um número de identificação único, possuir um seguro de acidentes pessoais e de responsabilidade civil, entre outros. No artigo 112º do código da estrada português as trotinetes são equiparadas a velicípedes (*Segurança Rodoviária | Código da Estrada*, 2023).

A 22 de março de 2022 foi publicado o novo Regulamento de Atribuição do Incentivo pela Introdução no Consumo de Veículos de Emissões Nulas, do Fundo Ambiental português. Neste ano de 2022 o incentivo foi alargado face aos anos anteriores, apoiando agora também a aquisição de trotinetes e outros veículos elétricos de mobilidade individual. Este apoio possui uma visão de economia linear, apelando à aquisição de produtos e consequentemente a um maior gasto de materiais na produção e a um maior desperdício. Tal como foi comprovado no subcapítulo 4.2.1 as trotinetes privadas apresentam um baixo nível de circularidade, desta forma este incentivo vai contra os princípios de economia circular.

De forma a melhorar a sustentabilidade das cidades portuguesas, as mesmas devem seleccionar corretamente as empresas de ESSS a introduzir no seu meio urbano. Um bom exemplo disso é a Câmara Municipal do Porto. De acordo com o código regulamentar do município, as empresas de ESSS são sujeitas a um concurso público e todos os veículos associados à operação das trotinetes têm de ter nível de emissões zero (*Partes*, 2022).

Nesta dissertação demonstrou-se que os sistemas de trotinetes partilhadas são de facto uma boa solução na transição para uma economia circular, no entanto existem diversos estudos que ainda devem ser realizados. Neste caso, considera-se que se deve analisar que transportes estão a ser substituídos por estes sistemas e se de facto compensa seria um possível trabalho futuro. Por

outro lado, considera-se que seria muito importante o desenvolvimento de uma ferramenta de análise de economia circular vocacionada para a micromobilidade partilhada e não apenas para o produto em si.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDULJABBAR, Rusul L.; LIYANAGE, Sohani; DIA, Hussein - The role of micro-mobility in shaping sustainable cities: A systematic literature review. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**. . ISSN 13619209. 92:2021). doi: 10.1016/j.trd.2021.102734.

Bolt launches new, custom-built scooter model | Bolt Blog - [Em linha], atual. 6 mai. 2020. [Consult. 4 jan. 2023]. Disponível em WWW:<URL:https://blog.bolt.eu/en/bolt-launches-new-custom-built-scooter-model/>.

Bolt scooters are now in Tallinn! | Bolt Blog - [Em linha], atual. 20 jun. 2019. [Consult. 19 jan. 2023]. Disponível em WWW:<URL:https://blog.bolt.eu/en/bolt-scooters/>.

BONGARDT, Daniel *et al.* - Sustainable Urban Transport - ASI_Avoid-Shift-Improve_[TUMI_No_9_April-2019]. **Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH**. 2019).

BORTOLI, Anne DE - Environmental performance of shared micromobility and personal alternatives using integrated modal LCA. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**. . ISSN 13619209. 93:2021). doi: 10.1016/j.trd.2021.102743.

BOZZI, Alberica Domitilla; AGUILERA, Anne - Shared e-scooters: A review of uses, health and environmental impacts, and policy implications of a new micro-mobility service. **Sustainability (Switzerland)**. . ISSN 20711050. 13:16 (2021). doi: 10.3390/su13168676.

BRAUNGART, Michael; MCDONOUGH, William - **Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things**

CARDELL, Martin; MOLLER, Thomas Holm; MUGNIER, Eric - Micromobility: moving cities into a sustainable future. **EY**. 2020).

Careers: Join Europe's Fastest-Growing Tech Company | Bolt - [Em linha], atual. 25 dez. 2022. [Consult. 25 dez. 2022]. Disponível em WWW:<URL:https://bolt.eu/en/careers/about-bolt/>.

Case study: Reducing congestion and emissions with electric scooters | Bolt Blog - [Em linha], atual. 21 fev. 2022. [Consult. 25 dez. 2022]. Disponível em

WWW:<URL:https://blog.bolt.eu/en/case-study-reducing-congestion-and-emissions-with-electric-scooters/>.

CAYZER, Steve; GRIFFITHS, Percy; BEGHETTO, Valentina - Design of indicators for measuring product performance in the circular economy. **International Journal of Sustainable Engineering**. . ISSN 19397046. 10:4–5 (2017) 289–298. doi: 10.1080/19397038.2017.1333543.

CAZZOLA, Pierpaolo; CRIST, Philippe - **Corporate Partnership Board CPB Good to Go? Assessing the Environmental Performance of New Mobility Corporate Partnership Board Report** [Em linha] [Consult. 29 set. 2022]. Disponível em WWW:<URL:https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/environmental-performance-new-mobility.pdf>.

Charging up: The opportunities and challenges of running an electric scooter fleet | Bolt Blog - [Em linha], atual. 10 nov. 2022. [Consult. 1 fev. 2023]. Disponível em WWW:<URL:https://blog.bolt.eu/en/opportunities-and-challenges-of-running-an-electric-scooter-fleet/>.

Climate positive by the end of 2020: the Bolt E-Scooter Sustainability Pledge | Bolt Blog - [Em linha], atual. 16 set. 2020. [Consult. 3 jan. 2023]. Disponível em WWW:<URL:https://blog.bolt.eu/en/climate-positive-by-the-end-of-2020-the-bolt-e-scooter-sustainability-pledge/>.

CONSELHO DA UNIÃO EUROPEIA - **Mobilidade limpa e sustentável para uma UE com impacto neutro no clima - Consilium** [Em linha], atual. 15 jun. 2022. [Consult. 21 nov. 2022]. Disponível em WWW:<URL:https://www.consilium.europa.eu/pt/policies/clean-and-sustainable-mobility/>.

CONSELHO DA UNIÃO EUROPEIA - **Objetivo 55 – O plano da UE para uma transição ecológica - Consilium** [Em linha], atual. 11 nov. 2022. [Consult. 21 nov. 2022]. Disponível em WWW:<URL:https://www.consilium.europa.eu/pt/policies/green-deal/fit-for-55-the-eu-plan-for-a-green-transition/>.

CRADLE TO CRADLE CERTIFIED™ PRODUCT STANDARD VERSION 4 BASIC LEVEL RESTRICTED SUBSTANCES LIST (RSL) - [Em linha] [Consult. 24 jan. 2023]. Disponível em WWW:<URL:http://www.pvc.org/en/p/ecvm->.

DL 47_2018 - Regula atividades de aluguer e partilha de veículos de passageiros sem condutor_(sharing_velocípedes) -

Dott, TIER and Voi commit to raising the bar for e-scooter sustainability - TIER - [Em linha], atual. 22 jul. 2020. [Consult. 7 fev. 2023]. Disponível em WWW:<URL:<https://about.tier.app/dott-tier-and-voi-commit-to-raising-the-bar-for-e-scooter-sustainability/>>.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION - **The technical cycle of the butterfly diagram** [Em linha], atual. 2019. [Consult. 29 set. 2022]. Disponível em WWW:<URL:<https://ellenmacarthurfoundation.org/articles/the-technical-cycle-of-the-butterfly-diagram>>.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION - **The biological cycle of the butterfly diagram** [Em linha], atual. 2019. [Consult. 29 set. 2022]. Disponível em WWW:<URL:<https://ellenmacarthurfoundation.org/articles/the-biological-cycle-of-the-butterfly-diagram>>.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION - **The Butterfly Diagram: Visualising the Circular Economy** [Em linha], atual. fev. 2019. [Consult. 19 set. 2022]. Disponível em WWW:<URL:<https://ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy-diagram>>.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION - **Life Cycle Assessment for the circular economy** [Em linha], atual. 2022. [Consult. 18 nov. 2022]. Disponível em WWW:<URL:<https://ellenmacarthurfoundation.org/life-cycle-assessment-for-the-circular-economy>>.

FERRÃO TRINDADE, Ana Filipa - **O PAPEL DA MICRO-MOBILIDADE NOS TRANSPORTES URBANOS DO FUTURO THE ROLE OF MICROMOBILITY IN THE FUTURE OF URBAN TRANSPORTATION**

GÖSSLING, Stefan - Integrating e-scooters in urban transportation: Problems, policies, and the prospect of system change. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**. . ISSN 1361-9209. 79:2020) 102230. doi: 10.1016/J.TRD.2020.102230.

HOLLINGSWORTH, Joseph; COPELAND, Brenna; JOHNSON, Jeremiah X. - Are e-scooters polluters? The environmental impacts of shared dockless electric scooters You may also like Are e-scooters polluters? The environmental impacts of shared dockless electric scooters. (2019). doi: 10.1088/1748-9326/ab2da8.

Introducing the Bolt 5, our fifth generation scooter | Bolt Blog - [Em linha], atual. 30 mar. 2022. [Consult. 4 jan. 2023]. Disponível em WWW:<URL:https://blog.bolt.eu/en/bolt-introduces-the-bolt-5-its-fifth-generation-scooter-model/>.

ITF; OECD - Corporate Partnership Board CPB Safe Micromobility Corporate Partnership Board Report. 2020).

KAZMAIER, Markus; TAEFI, Tessa; HETTESHEIMER, Tim - Techno-economical and ecological potential of electrical scooters: A life cycle analysis. **European Journal of Transport and Infrastructure Research**. . ISSN 15677141. 20:4 (2020) 233–251. doi: 10.18757/ejtir.2020.20.4.4912.

LEAL FILHO, Walter *et al.* - Framing electric mobility for urban sustainability in a circular economy context: An overview of the literature. **Sustainability (Switzerland)**. . ISSN 20711050. 13:14 (2021). doi: 10.3390/su13147786.

MOREAU, Hélie *et al.* - Dockless e-scooter: A green solution for mobility? Comparative case study between dockless e-scooters, displaced transport, and personal e-scooters. **Sustainability (Switzerland)**. . ISSN 20711050. 12:5 (2020). doi: 10.3390/su12051803.

Ninebot KickScooter By Segway ES4 | Electric Scooter | Segway Official Store - [Em linha], atual. 16 set. 2022. [Consult. 18 jan. 2023]. Disponível em WWW:<URL:https://store.segway.com/segway-ninebot-kickscooter-es4>.

Ninebot KickScooter By Segway ES4 | Electric Scooter | Segway Official Store - [Em linha] [Consult. 4 jan. 2023]. Disponível em WWW:<URL:https://store.segway.com/segway-ninebot-kickscooter-es4>.

OKAI Electric Scooter OKAI ES600 – SpeedtronicPro - [Em linha], atual. 2022. [Consult. 4 jan. 2023]. Disponível em WWW:<URL:https://speedtronicpro.com/products/okai-electric-scooter-neon-1>.

Partes - [Em linha], atual. dez. 2022. [Consult. 2 fev. 2023]. Disponível em WWW:<URL:https://crmp.cm-porto.pt/apex/f?p=1501:24:16052805735321::NO::P24_REG_ID_PARTE,F100_ID_MENU:68701,68701>.

Record your Product's Serial Number - [Em linha]. [S.l.] : Segway, 2022 [Consult. 18 jan. 2023]. Disponível em WWW:<URL:http://www.segway.com/support/service-warranties.>.

REEE — o que significa o rótulo, requisitos da UE - Your Europe - [Em linha], atual. 13 set. 2022. [Consult. 19 jan. 2023]. Disponível em WWW:<URL:https://europa.eu/youreurope/business/product-requirements/labels-markings/weee-label/index_pt.htm>.

Renewable energy consumption (% of total final energy consumption) - China, United States | Data - [Em linha], atual. 10 jul. 2022. [Consult. 18 jan. 2023]. Disponível em WWW:<URL:<https://data.worldbank.org/indicador/EG.FEC.RNEW.ZS?locations=CN-US>>.

Segurança Rodoviária | Código da Estrada - [Em linha], atual. 2023. [Consult. 7 fev. 2023]. Disponível em WWW:<URL:<https://www.segurancarodoviaria.pt/codigo-da-estrada/titulo-iv-dos-veiculos/cap%C3%ADtulo-i-classificacao-dos-veiculos/artigo-112o-velocipedes/?returnUrl=%2fcodigo-da-estrada%2f%3fshow%3d2137%23a-capitulo-2129>>.

Segway Ninebot ES4 Review | Long Batteries for Daily Commute - [Em linha], atual. 12 jul. 2022. [Consult. 18 jan. 2023]. Disponível em WWW:<URL:<https://rideonelectric.com/segway-ninebot-es4-review/>>.

Sustainability at TIER | How TIER Lowers the Impact of Mobility | TIER - [Em linha], atual. 2022. [Consult. 3 fev. 2023]. Disponível em WWW:<URL:<https://www.tier.app/en/sustainability>>.

The 2020 EU Critical Raw Materials List – Policies - IEA - [Em linha], atual. 26 out. 2022. [Consult. 24 jan. 2023]. Disponível em WWW:<URL:<https://www.iea.org/policies/15274-the-2020-eu-critical-raw-materials-list>>.

The benefits of controlling scooter design and manufacturing processes | Bolt Blog - [Em linha], atual. 9 dez. 2020. [Consult. 28 dez. 2022]. Disponível em WWW:<URL:<https://blog.bolt.eu/en/the-benefits-of-controlling-scooter-design-and-manufacturing-processes/>>.

The wild west of micromobility: the evolution of e-scooters in urban environments | by Humanising Autonomy | Medium - [Em linha], atual. 10 out. 2020. [Consult. 19 jan. 2023]. Disponível em WWW:<URL:<https://humanisingautonomy.medium.com/the-wild-west-of-micromobility-the-evolution-of-e-scooters-in-urban-environments-d821a6a5c2cc>>.

TIER reached 1 million rides, faster than any eScooter company before - TIER - [Em linha], atual. 2022. [Consult. 3 fev. 2023]. Disponível em

WWW:<URL:https://about.tier.app/tier-reached-1-million-rides-faster-than-any-escooter-company-before/>.

Tier, the Berlin-based scooter rental startup, raises €25M as European e-scooter market heats up | TechCrunch - [Em linha], atual. 23 out. 2018. [Consult. 3 fev. 2023]. Disponível em WWW:<URL:https://techcrunch.com/2018/10/23/tier-scooters/>.

TIER unveils new, sixth-generation e-scooter model and renews fleet in Germany, Austria, Hungary, and Sweden - TIER - [Em linha], atual. 1 ago. 2022. [Consult. 3 fev. 2023]. Disponível em WWW:<URL:https://about.tier.app/tier-unveils-new-sixth-generation-e-scooter-model/>.

União Europeia ultrapassou meta de energia renovável em 2020. Portugal acima da média - Energia - Jornal de Negócios - [Em linha], atual. 19 jan. 2022. [Consult. 4 jan. 2023]. Disponível em WWW:<URL:https://www.jornaldenegocios.pt/empresas/energia/detalhe/uniao-europeia-ultrapassou-meta-de-energia-renovavel-em-2020-com-portugal-acima-da-media>.

User Manual ES series - [Em linha]. [S.l.] : Segway, 2022 [Consult. 18 jan. 2023]. Disponível em WWW:<URL:www.segway.com>.

VANHUYSE, Fedra *et al.* - The lack of social impact considerations in transitioning towards urban circular economies: a scoping review. **Sustainable Cities and Society**. . ISSN 22106707. 75:2021). doi: 10.1016/j.scs.2021.103394.

Waste from Electrical and Electronic Equipment (WEEE) - [Em linha], atual. 28 dez. 2022. [Consult. 28 dez. 2022]. Disponível em WWW:<URL:https://environment.ec.europa.eu/topics/waste-and-recycling/waste-electrical-and-electronic-equipment-weee_en>.

Waste statistics - electrical and electronic equipment - Statistics Explained - [Em linha], atual. nov. 2022. [Consult. 19 jan. 2023]. Disponível em WWW:<URL:https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Waste_statistics_-_electrical_and_electronic_equipment>.

ANEXO A – PERGUNTAS CEIP

Table 3. Questions used in the CEIP.

Lifecycle Stage	Question	Variable measured: Rationale	Points	Associated CE Principles
Design/Redesign	Is the product made from recycled/reused material?	<i>Material Selection – Use of Recovered Material.</i> The use of reused or recycled materials reduces waste, demonstrates social responsibility and can help to ensure continuity of material supply	20	Material Selection, Cascades Thinking
	Is the product lighter than its previous version?	<i>Material Selection – Dematerialisation.</i> A good circular design demands less material for the same performance and quality	2	Material Selection
Manufacturing	Is there a complete bill of materials and substances for the product?	<i>Material Identification – Presence of Bill of Materials.</i> A complete bill of materials and substances provides the information required to plan for the capture and re-use of component materials and enables the management of hazardous substances	5	Material Identification
	Is there a complete bill of energy for the manufacturing process?	<i>Energy Identification – Presence of Bill of Energy.</i> A complete bill of energy provides the information required to plan for the energy consumption and efficiency of manufacturing processes. It also contribute to the shift for using more renewable energy sources	10	Energy Identification
	Is there a complete bill of solid waste for the manufacturing process?	<i>Manufacturing Waste Management.</i> Waste must be avoided in a CE and it must be treated as 'food' for other processes. The waste of one process must be the resource for another process. This decreases the pressure and impacts of waste to the environment	15	Waste Management
Commercialisation	What packaging is being used?	<i>Product Packaging.</i> The impact of the packaging of the product or service has been reduced or eliminated with any packaging that has been used being clearly labelled to allow for effective recycling	5	Cascades Thinking, Materials, Waste
	What is the product's warranty?	<i>Product Lifetime Extension – Warranty.</i> Extended product guarantees that minimise the need to purchase replacement products can help to enhance our reputation for providing high quality, durable products	10	Cascades Thinking, Waste
In Use	Is there a rental option for the product?	<i>Product Access – Rental Schemes.</i> Rental schemes beside acquisition enables customers to access higher quality products and materials without having to purchase the product themselves	15	Diversity
	Can the usage status and identification of the product be established?	<i>Product Lifetime Extension – Usage Status and ID.</i> Knowing the usage status and the identification of the product contributes to plan maintenance actions before a malfunction happens. Thus, the lifetime of the product is extended	15	Cascades Thinking, Waste
	Can the product be repaired?	<i>Product Lifetime Extension – Repair Options.</i> Product lifetimes can be extended where products have been specifically designed for easy repair. This helps to retain custom and enhance our reputation for providing quality products and services	5	Cascades Thinking, Waste
	Can the product be reused?	<i>Product Lifetime Extension – Reuse Options.</i> Product lifetimes can be extended where used products have been designed to be traceable and their usage status can be easily established. Second hand markets development fosters products to find new users and extend their lifetime	10	Cascades Thinking, Waste
End of Use	Does the product reduce waste through its use?	<i>Waste Reduction.</i> Products that reduce waste facilitate the CE by enabling other products to become more circular	5	Waste Reduction
	What take-back scheme is available for this product?	<i>Product Recovery – Availability of Take Back Schemes.</i> Take-back schemes enables customers to dispose of their unwanted products and provide a mechanism for the recapture of materials and their introduction into the supply chain	15	Cascades Thinking, Materials, Waste
	Is the product separated out from other products at the end of its life?	<i>Product Recovery – Segregation.</i> The products recovered via take-back schemes are segregated properly and can be used to provide raw materials for the manufacture of new products. This reduces the risk of material scarcity and pricing fluctuations in the supply chain	10	Cascades Thinking, Materials, Waste
	Are the product's materials passed back into the supply chain?	<i>Product Recovery – Product's Materials Reintroduction.</i> Reusing or recycling a high proportion of the reclaimed material drives the development of a CE	10	Cascades Thinking, Materials, Waste

ANEXO B – PONTUAÇÃO E OPÇÕES DE RESPOSTA CEIP

Q1 Material Selection - Use of Recovered Material	
See the 'recycle reuse tables' tab.	
Q2 Material Selection - Dematerialization	
Not applicable to product type	0
No	0
Yes	2
Q3 Material Identification - Presence of Bill of Materials	
No	0
Yes	2
<i>Bonus Points if main answer is "Yes"</i>	
<i>Materials assessed and included in C2C banned list of chemicals</i>	
None	2
At least 1	0
<i>Materials assessed and included in EC list of critical raw materials</i>	
None	1
At least 1	0
Q4 Energy Identification - Presence of Bill of Energy	
No	0
Yes	2
<i>Bonus Points if main answer is "Yes"</i>	
<i>% of Renewable Energy of Total Energy consumed to manufacture one product</i>	
None	0
Up to 25%	2
25% < x < 75%	5
75% or more	8
Q5 Manufacturing Waste Management	
No	0
Yes	2
<i>Bonus Points if main answer is "Yes"</i>	
<i>waste treated for reintroduction in same/similar processes (not as energy)</i>	
0%	0
10%	1
20%	1
30%	2
40%	2

50%	4
60%	4
70%	5
80%	6
90%	9
100%	13

Q6 Product Packaging

Packaging is not recyclable	0
Packaging made from multiple materials and is recyclable	1
Packaging made only from recycled content	2
Packaging made only from paper or cardboard	3
Packaging reused multiple times (including rental)	4
No packaging required	5

Q7 Product Lifetime Extension - Warranty

Up to 2 years	0
2 to 3 years	2
4 to 5 years	5
6 to 9 years	7
10 years + or lifetime or rental	10

Q8 Product Access - Rental Scheme

Not applicable to product type	0
No	0
Yes	15

Q9 Product Lifetime Extension - Usage Status and ID

Not applicable to product type	0
None of below	0
Tier 1: product includes embedded ID details (model, serial #, recycling, etc)	1
Tier 2: Tier 1 + available online product profile and support team service	2
Tier 3: Tier 2 + online product activation/registration with customer details	5
Tier 4: Tier 3 + product usage is registered automatically, i.e. "odometer"	10
Tier 5: Tier 4 + product automatically alerts maintenance actions through IoT	15

Q10 Product Lifetime Extension - Repair Options

No repair service or replacement offered	0
Repair offered by retailer/manufacturer, chargeable	2
Nationwide repair by specialist firms, chargeable	3
Product can be repaired with standard tools & online repair manual	5

Lifetime guarantee or rental	5
------------------------------	---

Q11 Product Lifetime Extension - Reuse Options

None of the below	0
Manufacturer offers a certified refurbished version of the product	2
Manufacturer/Retailer offers a certified quality test for used products	2
Manufacturer/Retailer have an online platform to sell/buy/rent used products	2
Manufacturer/Retailer supports local reuse centers	2
Manufacturer/Retailer offers online information on how to reuse the product	2
2 of the previous options	4
3 of the previous options	6
4 of the previous options	8
All of the previous options	10

Q12 Waste Reduction

None of the below	0
Enables recycling or composting	5
Enables reuse preventing item becoming waste/discarded	5
Enables the extension of another product's lifetime	5
An alternative to a commonly consumable product	5
Can be rented rather than purchased	5

Q13 Product Recovery - Availability of Take Back Schemes

No take-back scheme available	0
Manufacturer take-back scheme of this product without incentive	6
Manufacturer take-back scheme of this product with incentive	8
Retailer take-back scheme of any product of this type without incentive	12
Retailer take-back scheme of any product of this type with incentive	15

Q14 Product Recovery - Segregation

None of the below	0
Over 50% of the product type is segregated in local public refuse streams (for example, WEEE)	4
Product is segregated at end of life by product/brand retailer	6
As above and more than 25% returned to manufacturer	10
Compostable/biodegradable product	10

Q15 Product Recovery - Product's Materials Reutilization

See the 'recycle reuse tables' tab.

		Q1. Material Selection - Use of Recovered Material											
		Reuse					Recycle						
		0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%	
Q1. Material Selection - Use of Recovered Material	Reuse	0	1	2	2	2	4	4	4	4	6	6	10
	10%	1	3	4	4	4	6	6	6	6	7	7	
	20%	2	4	5	5	5	7	7	7	7	8		
	30%	3	5	6	6	6	8	8					
	40%	4	6	7	7	7							
	50%	5	7	7	7	7	9						
	60%	6	7	7	7	7							
	70%	6	8	9	9								
	80%	8	9	10									
	90%	9	10										
100%	10	10											
100%	20												
		Reuse					Recycle						
		0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%	
Q17. Product Recovery - Product's Materials Reutilization	Reuse	0	0	2	2	2	4	4	4	4	6	6	8
	10%	2	4	6	6	6	8	8	8	8	10		
	20%	4	6	8	8	8	10	10	10	10			
	30%	6	8	10	10	10	10	10					
	40%	8	10	10	10	10	10						
	50%	10	10	10	10	10	10						
	60%	10	10	10	10	10							
	70%	10	10	10	10								
	80%	10	10	10									
	90%	10	10										
100%	10	10											