

iscte

INSTITUTO
UNIVERSITÁRIO
DE LISBOA

CarbonTracker:

Medir e melhorar a consciência sobre a pegada de carbono através do desenvolvimento de uma App

Bruno Filipe Martins Pegado Andrade

Mestrado em Informática e Gestão

Orientador:

Professor Doutor Luís Filipe da Silva Rodrigues, Professor
Auxiliar
Convidado,
ISCTE – IUL

Setembro, 2024



TECNOLOGIAS
E ARQUITETURA

Departamento de Ciências e Tecnologias da Informação

CarbonTracker:

Medir e melhorar a consciência sobre a pegada de carbono através do desenvolvimento de uma App

Bruno Filipe Martins Pegado Andrade

Mestrado em Informática e Gestão

Orientador:

Professor Doutor Luís Filipe da Silva Rodrigues, Professor
Auxiliar
Convidado,
ISCTE – IUL

Setembro, 2024

Direitos de cópia ou Copyright

©Copyright: Bruno Filipe Martins Pegado Andrade

O Iscte - Instituto Universitário de Lisboa tem o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicitar este trabalho através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, de o divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

Agradecimentos

Gostaria de agradecer ao meu orientador de tese, Professor Luís Filipe Rodrigues, pela sua orientação e apoio, aos meus pais, irmã, avós e minha esposa que sempre me proporcionaram amor, apoio incondicional, sempre me inspiraram, apoiaram e me incentivaram a perseguir os meus

Resumo

Nas últimas décadas, o aumento da população mundial, juntamente com os avanços tecnológicos, tem contribuído significativamente para o crescimento das emissões de carbono. Além disso, a iliteracia ambiental prevalece, levando muitos a desconhecerem as implicações dos seus comportamentos diários nas mudanças climáticas e nas emissões de carbono.

Neste contexto o objetivo desta dissertação passa por investigar, em que medida o avanço tecnológico poderá impactar positivamente os níveis de emissões mundiais de carbono. Iniciando com a questão central "Será que uma calculadora da pegada de carbono familiar beneficiaria a literacia e os comportamentos ambientais?". Para tal será modulada uma aplicação móvel, com recurso aos softwares, *Outsystems* e *Signavio*, que permitirá criar diagramas de fluxo com o objetivo de calcular a pegada de carbono emitida por cada família, e ao mesmo tempo tentar combater o nível de iliteracia, fornecendo informação e recursos sobre a mesma.

Para avaliar o artefacto desenvolvido, foi elaborado um questionário com o objetivo de recolher feedback após a utilização da aplicação. Pelos resultados obtidos, verificou-se que, 92,9% dos participantes referiram, que no futuro, iriam fazer uma maior reflexão e ponderação nas suas escolhas, relativamente a aspetos ambientais e 71,4% consideraram que esta aplicação foi excelente para ganhar conhecimento ambiental, pelo que se conclui que a calculadora da pegada de carbono familiar beneficiaria a literacia e os comportamentos ambientais.

Esta investigação, o desenvolvimento e a utilização da aplicação destacam que ações individuais e intervenções gamificadas podem reduzir emissões de carbono. No entanto muitas oportunidades dependem de ajustes estruturais.

Palavras-Chave: Pegada de Carbono, Jogo, ISO, GHG, Tecnologia

Abstract

In recent decades, the increase in the global population, along with technological advancements, has significantly contributed to the growth of carbon emissions. Furthermore, environmental illiteracy persists, leading many to be unaware of the implications of their daily behaviors on climate change and carbon emissions.

In this context, the aim of this dissertation is to investigate the extent to which technological advancements can positively impact global carbon emission levels. It begins with the central question: 'Would a family carbon footprint calculator enhance environmental literacy and behaviors?' To address this, a mobile application will be developed using Outsystems and Signavio software, allowing the creation of flow diagrams to calculate the carbon footprint emitted by each family, while also aiming to combat illiteracy by providing information and resources on the subject.

To evaluate the developed artifact, a questionnaire was created to gather feedback after the use of the application. The results showed that 92.9% of participants indicated that they would reflect more on their choices regarding environmental aspects in the future, and 71.4% considered the application excellent for gaining environmental knowledge, which leads to the conclusion that the family carbon footprint calculator would benefit literacy and environmental behaviors.

This research, development and use of the application highlights that individual actions and gamified interventions can reduce carbon emissions. However, many opportunities depend on structural adjustments.

Keywords: Carbon Footprint, Game, ISO, GHG, Technology

Índice

Agradecimentos.....	i
Resumo.....	iii
Abstract	v
Lista de Tabelas.....	viii
Lista de Figuras	viii
Lista de Abreviações	ix
1. Introdução	1
1.1 Definição do problema	1
1.2 Motivação e necessidade do tema.....	3
1.3 Questões e objetivos de investigação	4
2. Revisão de Literatura	7
2.1. Impactos das famílias nas mudanças climáticas	7
2.2. Preocupação acerca da iliteracia ambiental	8
2.3 Relação entre tecnologia e pegada de carbono.....	10
2.4 Tecnologia como inovação de carbono.....	13
2.5 Ineficiência das calculadoras existentes no mercado	15
2.6 Fatores impactantes no cálculo da pegada de carbono de cada família	16
3. Metodologia	19
3.1 Desenvolvimento da Aplicação	19
3.2 Use Case	24
3.2.1 Descrição Geral.....	24
3.3 Questionário de avaliação da aplicação	26
3.3.1 Objetivo do Questionário	26
3.3.2 Estrutura do Questionário	27
4 Resultados	29
4.1 Resultados Aplicação.....	29
4.2 Resultados Questionário	34
5. Discussão	37
6. Conclusão	41
6.1 Limitações e Melhorias Futuros	43
6.2 Melhoramentos Futuros.....	44
Referências Bibliográficas.....	47

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Dados considerados para Cálculo	20
Tabela 2 - Configuração das Variáveis Condicionais	21
Tabela 3 - Descrição das Variáveis Condicionais.....	21
Tabela 4 - Descrição das variáveis da Fórmula	22

Lista de Figuras

Figura 1 - Diagrama UML.....	23
Figura 2 - Subcategorias.....	24
Figura 3 - Mensagem de boas vindas	29
Figura 4 - Layout dos fatores "Energy" e "Home".....	30
Figura 5 - Layout das opções possíveis de construção de habitação.....	30
Figura 6 - Layout dos fatores "Trash" e "Water"	30
Figura 7 - Layout do fator "Trips"	31
Figura 8 - Layout do fator "Transport"	31
Figura 9 - Layout do fator "Food"	32
Figura 10 - Layout do botão "Calculate"	32
Figura 11 - Layout da mensagem a vermelho.....	32
Figura 12 - Layout da mensagem a verde.....	33
Figura 13 - Layout do botão "Download Report"	33
Figura 14 - Layout do documento quando efetuado o download	33

Lista de Abreviações

TCFM - The Carbon Footprint Movement

GHG - Greenhouse gas

CF - Carbon footprint

GEEs - Gases de Efeito de Estufa

PME - Pequenas e Médias Empresas

MTFC – Movimento da Pegada de Carbono

UNESCO – Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura

PNUMA – Programa das Nações Unidas para o meio ambiente

TIC – Tecnologias de Informação e Comunicação

ITU - International Telecommunication Union

CO₂ – Dióxido de Carbono

1. Introdução

1.1 Definição do problema

Muitas evidências científicas mostram que as alterações climáticas são definitivamente uma grande ameaça para a humanidade nos dias de hoje e, conseqüentemente, também para o futuro. (Turner et al. 2012)

Verificou-se um crescimento populacional exponencial a nível mundial, contando com 1 bilhão de pessoas no início dos anos 2000 e após, aproximadamente, 200 anos tornámo-nos 7.7 bilhões, (Sojecka e Drozd-Rzoska 2024), o que gera obrigatoriamente uma maior procura por recursos, resultando assim numa maior produção de energia, utilização de transportes, consumo de bens, queima de combustíveis fósseis, agricultura e desflorestação, que conseqüentemente, aumenta a emissão de gases efeito de estufa (GEEs), das quais, provêm maioritariamente de fontes de energia não renovável (Filippone, Sancho, e Labella 2021) (Abrahamsson, Mahapatra, e Lerman, 2022).

Um estudo feito por (Hertwich e Peters 2009), foi verificado que entre 60% e 70% das emissões de GHG são devido ao consumo individual ou pessoal, sendo que mais de 33% das mesmas correspondem aos meios de deslocação utilizados pelos mesmos, mas essencialmente na sua utilização de energias.

Tal, pode dever-se a uma falta de literacia por parte de um grande número de pessoas sobre pegada de carbono, poluição ou meio ambiente, pois seguindo (Jiang, Nuță, e Zamfir 2023), um dos grandes fatores que leva a uma resistência por parte dos indivíduos em tomar as decisões certas, prende-se com uma falha no denominado comportamento-atitude, ou seja, devido á falta de informação e de conhecimento.

Apesar de existirem diversos artigos que comprovam que a consciência sobre as alterações climáticas tem vindo a aumentar, ainda existem muitos investigadores que demonstram que para além de existir falta de informação, existem também conceções erradas por parte da população sobre os impactos. Condições estruturais, económicos e sociais, constituem ainda, grandes impedimentos no acesso à informação pela população (Abrahamsson, Mahapatra, e Lerman, 2022).

Deste modo, pode afirmar-se que muitas destas pressões ambientais têm sido causadas pelo ser humano, o que deve invocar um pedido declarativo não só generalizado, mas também individual/pessoal para a sensibilização ambiental (Priyadarshini et al. 2021)

Para que tal seja possível, será necessário um esforço conjunto de todas as partes interessadas, em termos do conceito de sustentabilidade, em que o mesmo exigirá a integração sobre o mesmo nas diversas empresas, o que, conseqüentemente, implicará um crescimento económico sustentável e um compromisso com o bem-estar social.

Os resultados dos inquéritos solicitados pela Comissão Europeia, em 2012, indicaram que aproximadamente 52% dos cidadãos europeus acreditam que as empresas têm uma influência positiva na sociedade, com 71% a considerar que, em comparação com as grandes empresas, as pequenas e médias empresas (PME) fazem esforços para atuar com responsabilidade. No entanto, existe ainda uma falta de compreensão sobre a pegada de carbono, o que torna difícil adotar práticas sustentáveis e impulsionar mudanças significativas (Loyarte-López, Barral, e Morla 2020a).

Paralelamente, o progresso tecnológico, também exponencial, que tem sido adotado cada vez mais em todos os setores existentes (setor da educação, energia, financeiro, social e o da saúde) tenha trazido diversas inovações e melhorias na qualidade de vida, também tem tido um efeito negativo na sustentabilidade, pois tem aumentado as emissões de carbono provenientes de diversas fontes, como por exemplo, a maior produção de dispositivos eletrônicos e a expansão de infraestruturas digitais (Loyarte-López, Barral, e Morla 2020b).

Um estudo feito pelo “*Intergovernmental Panel*” sobre as alterações climáticas mostra que as temperaturas médias globais dos oceanos e da Terra aumentaram entre o ano de 1880 e 2012, 0,85°C e o fator mais impactante é a emissão *greenhouse gases* (GHG) referido anteriormente (Battistini et al. 2022).

Consequentemente, as alterações das condições meteorológicas extremas poderão ter consequências catastróficas tais como, descongelamento dos glaciares, subida do nível do mar, perda de biodiversidade, deslocamento de terras e muito mais (Palangi e Zare-Abyaneh, 2017).

Das alterações climáticas faladas anteriormente a mais importante, referida em diversos artigos científicos, é o descongelamento dos glaciares, mais em específico a camada de solo denominada por *Permafrost*. Esta está permanentemente congelada e encontra-se em regiões com temperaturas baixas (Árticas), de forma a conseguirem regular o clima no planeta, refletindo a luz solar de volta para o espaço, que por consequente faz com que exista uma diminuição da temperatura. A camada *Permafrost*, armazena aproximadamente 70% da água doce do planeta, sendo responsável por muitos habitats naturais únicos para muitas e diversas espécies adaptadas a condições extremas. Além da sua importância ecológica, esta camada é a principal responsável por armazenar gases prejudiciais para o planeta, tais como por exemplo, metano (CH₄) e dióxido de carbono (CO₂) (Palangi e Zare-Abyaneh, 2017).

De forma, a estar coerente com o Movimento da Pegada de Carbono (MTFC), desenvolvido com base nas recomendações sobre gamificação, educação para as alterações climáticas e cálculos de carbono, e também com o tema da falta de informação sobre o meio ambiente, abordado anteriormente, será desenvolvida uma plataforma de desenvolvimento “low-code” denominado “Outsystems”. Esta plataforma tem como objetivo produzir um cálculo da pegada de carbono e ao

mesmo tempo inserir informação, de forma a estimular a literacia e informação sobre a pegada de carbono e, conseqüentemente, promover comportamentos mais amigos do ambiente.

Esta “gamificação” pode ser considerada uma abordagem que utiliza diversos elementos de jogos, com o objetivo de motivar e envolver os indivíduos na aprendizagem das atividades educacionais e, juntamente, com o cálculo da emissão de carbono, que permite compreender o impacto das suas ações, os indivíduos, consigam obter mais conhecimento sobre o meio ambiente e tomar melhores decisões ambientais.

1.2 Motivação e necessidade do tema

A necessidade que visa a escolha deste tema está profundamente ligada a diversos elementos e aspetos, nos quais se inserem:

- O crescimento populacional exponencial, a nível mundial, tem conduzido inevitavelmente a uma crescente procura por recursos, o que, por sua vez, implica uma alargada necessidade na geração de energia, no aumento dos meios de transporte e no consumo de bens. Este ciclo ascendente, está também associado à queima de combustíveis fósseis, práticas agrícolas intensivas e à desflorestação, o que leva, conseqüentemente, ao aumento das emissões de carbono e à poluição mundial.
- A elevada falta de conhecimento por parte da população relativamente a temas ambientais (Emissões de carbono, descongelamento de glaciares, camada de ozono, poluição, etc...)
- O efeito positivo do desenvolvimento tecnológico na eficiência, produtividade e conhecimento nas práticas aplicadas, bem como o seu auxílio na medição, mas também influencia positiva no comportamento humano em direção a práticas mais sustentáveis.

Pode considerar-se que a importância deste tema não seja só devido a problemas da atualidade, mas também a problemas do passado, que ao longo dos anos foi tendo conseqüências cada vez mais catastróficas. Esta dissertação pretende verificar não só quais os impactos positivos que a implementação de uma calculadora, que calcule a pegada de carbono das famílias e dos próprios indivíduos, possa ter na consciencialização individual relativamente às emissões, mas também que contribuições terá para conhecimento ambiental por parte dos indivíduos e sociedade.

1.3 Questões e objetivos de investigação

O objetivo central deste estudo começou por investigar como é que o avanço tecnológico poderá ser benéfico para os diversos comportamentos pró-ambientais, neste caso criando uma aplicação, também denominado como uso de técnicas de gamificação, permitindo assim criar uma abordagem a nível individual e familiar para aumentar a literacia e compreensão sobre a pegada de carbono.

Esta intervenção foi projetada de forma a envolver ativamente os diversos participantes, capturar sua atenção e incentivá-los a comprometer e a aprofundar o seu envolvimento ambiental, por meio da recolha de dados combinado uma grande inovação denominada, elementos de jogos, e educação ambiental.

Tendo por base as evidências práticas e fundamentos teóricos que estão presentes ao longo deste documento, o resultado pode ser incluído em como tornar visíveis os impactos ocultos do consumo e, por sua vez, incentivar comportamentos ecologicamente sustentáveis. Por outras palavras, poder-se-á revelar os impactos negativos muitas vezes não perceptíveis no consumo individual e encorajar práticas que sejam benéficas para o meio ambiente.

Portanto, as metas e propósitos desta dissertação podem ser direcionados pela seguinte principal questão de pesquisa:

- Será que uma calculadora da pegada de carbono familiar beneficiaria a literacia e os comportamentos ambientais?

Este trabalho será constituído pela seguinte estrutura:

1. Revisão de Literatura - Nesta categoria será efetuada uma análise abrangente e crítica da literatura existente, relacionada com o tema da pesquisa, e com o objetivo de estabelecer uma base sólida do conhecimento, contextualizando o estudo presente com o meio ambiente.
2. Metodologia- Nesta fase, será descrito qual o método de análise que usado na realização da pesquisa, tendo-se utilizado, neste caso, as tecnologias *outsystems* e *signavio* e diversos artigos para analisar quais as etapas existentes nos mesmos.

3. Discussão e Resultados – Nesta fase ir-se-á não só, realizar uma exploração aprofundada das implicações e significados dos resultados em relação à pergunta de pesquisa, como também demonstrar os resultados obtidos neste estudo.

4. Conclusão - Nesta fase apresentam-se as respostas e os aspetos mais cruciais retirados do desenvolvimento deste trabalho, juntamente com as diversas limitações e melhorias existentes.

2. Revisão de Literatura

2.1. Impactos das famílias nas mudanças climáticas

Muitas evidências científicas indicam que as mudanças climáticas representam uma ameaça significativa para a humanidade, tanto no presente quanto no futuro, em que as mesmas continuam a ser um desafio constante na sociedade atual (Kaya e Elster 2019a).

Podemos dizer que existem diversos desequilíbrios graves e de grande escala, tais como por exemplo, tempestades, tremores de terra, chuvas intensas, etc, cuja ocorrência tem de ser atenuada. Para isto, serão precisas aplicar esforços urgentes por parte de toda a população (Palangi e Zare-Abyaneh, 2017).

O rápido crescimento populacional global, que aumentou de 1 bilhão para 7,7 bilhões de habitantes em aproximadamente 200 anos, gerou uma crescente procura por recursos naturais e energéticos. Esse aumento populacional, sem precedentes, resultou em uma intensificação da produção de energia, na expansão dos meios de transporte, no aumento do consumo de bens e serviços, na elevada da queima de combustíveis fósseis, na intensificação das práticas agrícolas e na aceleração da desflorestação. Todas essas atividades têm contribuído significativamente para o aumento das emissões de gases de efeito estufa, sendo que a maior parte dessas emissões provém de fontes de energia não renováveis.

Estudos demonstram que entre 60% e 70% das emissões de gases de efeito estufa estão diretamente ligadas ao consumo individual, com mais de 33% dessas emissões relacionadas especificamente ao deslocamento individual e o restante ao uso pessoal de energia. Esses dados ressaltam a importância das escolhas e comportamentos individuais no contexto das mudanças climáticas globais, evidenciando a necessidade urgente de repensar os padrões de consumo e produção em busca de um desenvolvimento mais sustentável. (Kaya e Elster 2019a) (Wang, Ji, e Xie 2023) (Sojecka e Drozd-Rzoska 2024).

Essas evidências são corroboradas por análises que mostram um aumento significativo na concentração de dióxido de carbono (CO₂) na atmosfera, atingindo níveis nunca antes observados desde os últimos 800.000 anos, principalmente causado pela queima de combustíveis fósseis. Além disso, as temperaturas globais têm aumentado consistentemente desde 1880, com a última década sendo a mais quente já registrada. A influência humana no aquecimento do planeta é incontestável, e a comunidade científica internacional concorda amplamente que as mudanças climáticas são resultado direto da atividade humana (Palangi e Zare-Abyaneh, 2017) (Brosius et al. 2023).

Um estudo realizado pelo “Intergovernmental Panel” sobre as alterações climáticas mostra que as temperaturas médias globais dos oceanos e do planeta registaram um aumento, entre o ano

de 1880 e 2012, no valor de 0,85°C, sendo o principal fator responsável, a emissão *greenhouse gases* (GHG) referido anteriormente.

Para tentar combater este desafio foi estabelecido marco histórico conhecido como "Acordo de Paris" em 2015. O acordo une 195 países com o objetivo de manter o aumento da temperatura global abaixo de 2°C em relação aos níveis pré-industriais, até ao ano de 2050 (Wynes e Nicholas 2017).

Entre os principais pontos do Acordo, destacam-se o compromisso dos países desenvolvidos de fornecer anualmente 100 milhões de dólares aos países em desenvolvimento de forma a auxiliá-los a enfrentar as mudanças climáticas. Além disso, cada país deve reportar regularmente as suas emissões e o progresso em relação às metas estabelecidas, entre outros pontos principais.

De forma a continuar o combate às alterações climáticas, foram também reportadas diversas possíveis mudanças no comportamento humano que podem ajudar a combater o mesmo, tais como relatado pelo autor (Wynes 2017) a diminuição de o uso diário de um carro, que atualmente emite aproximadamente 2,3kg de CO₂ por litro de combustível, e 2,4 toneladas de CO₂ por ano. Como medida alternativa, incentivam-se o uso de transportes públicos, bicicletas e caminhadas, existindo assim uma redução da emissão de gases com efeito de estufa, poluição atmosférica, congestionamento urbano e, conseqüentemente, redução de dependência de combustíveis fósseis.

Outra possível mudança sugerida é a redução das viagens de avião, que têm uma pegada de carbono significativa devido ao alto consumo de combustível. É estimado que cada viagem de ida e volta emita aproximadamente 1,6 toneladas de CO₂. Assim, por cada viagem de avião evitada pode reduzir-se até 1,6 toneladas de CO₂ emitidos para a atmosfera (Wynes 2017).

2.2. Preocupação acerca da iliteracia ambiental

Um dos fatores que contribui tanto para o aumento como para a redução da emissão de gases para atmosfera é o denominado nível de literacia ambiental de uma sociedade, que apresenta uma relação inversa, uma vez que, á medida que a literacia ambiental da sociedade aumenta, menor será a pegada de carbono causada pela mesma (Jiang, Nuță, e Zamfir 2023).

Com isto, pode afirmar-se que é crucial compreender os diversos fatores que para ela contribuem. Tal, requer uma análise abrangente que considere não apenas a educação formal, mas também fatores socioeconômicos, culturais e políticos. Além disso, é fundamental reconhecer que a literacia ambiental não é apenas uma questão individual, mas também uma responsabilidade coletiva da sociedade como um todo.

Perante este cenário, é imperativo que sejam criados diversos acordos e iniciativas para combater a falta de literacia ambiental, os quais podem incluir programas educacionais inovadores, campanhas de consciencialização pública, políticas governamentais de incentivo à educação ambiental, parcerias entre setores público e privado, e investimento no desenvolvimento de novas abordagens pedagógicas (Battistini et al. 2022).

Contudo, é essencial que tais iniciativas sejam adaptadas às necessidades específicas de diferentes grupos populacionais e contextos regionais, levando em consideração as disparidades existentes, relativamente ao acesso à educação e a recursos. Somente através de uma abordagem abrangente e colaborativa poderemos enfrentar efetivamente os desafios relacionados com literacia ambiental e promover uma maior consciencialização e ação em prol da sustentabilidade ambiental.

A literacia é um fator que tem sido investigado ao longo dos anos, pois ganhou reconhecimento mundial com a declaração de Estocolmo em 1972 que passados 4 anos, em 1976, provocou diversas reuniões, uma delas considerada um marco histórico de elevada importância em relação ao desenvolvimento da iliteracia ambiental denominada “Conferência de Belgrado” organizada pela UNESCO e pela PNUMA. Esta abordava questões-chave relacionadas à importância da educação ambiental para promover a compreensão e a consciencialização sobre as questões ambientais emergentes (Kaya e Elster 2019b) (Jiang, Nuță, e Zamfir 2023). Desde o ano, 1972, foram feitas várias conferências que destacam a importância da literacia ambiental para a redução da pegada de carbono.

Uma vez que existem diversos fatores que influenciam a literacia ambiental, de forma a combater este problema foram realizados diversos estudos e acordos, tais como por exemplo seguindo o artigo (Kaya e Elster 2019b) foi utilizado o método Delphin.

Este método consiste em juntar diversas opiniões de especialistas sobre a literacia ambiental, com a realização de diferentes questionários consecutivos direcionados aos mesmos, permitindo assim que expressassem as suas opiniões de forma independente e anônima (Fang, Hassan, e LePage 2023).

Como resultado da implementação deste método, foi destacado o papel crucial do apoio da família, dos professores, das organizações não-governamentais e dos meios de comunicação no desenvolvimento da literacia ambiental, pois desempenham um papel fundamental na formação de valores, atitudes, têm capacidade de transmitir conhecimentos e promover a consciencialização. Ambas estas organizações podem fornecer recursos e programas de educação ambiental, como também, alcançar um grande público e disseminar informação sobre o ambiente (Fang, Hassan, e LePage 2023).

Foi também recomendado que os grupos mencionados anteriormente desempenhassem um papel ativo na promoção de atitudes e comportamentos ambientalmente responsáveis.

Os mesmos concordaram que os currículos escolares devem incluir mais tópicos ambientais e práticas relacionadas ao meio ambiente de forma a aumentar a consciencialização e o conhecimento dos alunos sobre questões ambientais e incentivá-los a adotar comportamentos sustentáveis, pois é o sistema escolar que prepara os mais jovens a entenderem os desafios ambientais. Com este propósito, foram identificados métodos de ensino eficazes e atividades extracurriculares que podem contribuir para o desenvolvimento da literacia ambiental, tais como por exemplo, a realização de excursões, visitas de campo e a integração de exemplos de comportamento ambientalmente amigável. (Kollmuss e Agyeman 2002).

2.3 Relação entre tecnologia e pegada de carbono

Ao longo dos anos têm se verificado uma evolução tecnológica á escala exponencial, resultando assim, em mudanças profundas em diversas áreas da sociedade, impactando como vivemos, trabalhamos e nos comunicamos (Halit Eren et 2016).

Pode considerar-se o ano da Revolução Industrial, pois marcou o início de avanços tecnológicos significativos, como a mecanização da produção, o uso de energia a vapor e o surgimento de diversas fábricas. Esses avanços aumentaram os níveis de produtividade e a capacidade de produção de bens. (Halit Eren et 2016) (Palangi e Zare-Abyaneh, 2017).

O século XX foi demarcado como uma era critica no setor tecnológico em que surgiu a denominada “eletricidade”, transformando a forma como as pessoas viviam e trabalhavam. Esta inovação permitiu a criação e o desenvolvimento dos meios de comunicações, tal como o telefone e a rádio. Na segunda metade deste século, existiu um crescimento exponencial na tecnologia da informação e na computação, contribuindo para o aparecimento da internet e para a digitalização de processos, o qual permitiu o avanço nas áreas da comunicação, educação entre outras (Halit Eren et 2016).

Isto demonstra que o avanço tecnológico foi bastante positivo para a sociedade e para o setor económico, pois como se pode, por exemplo, verificar que a produção industrial aumentou em cerca de 100 vezes desde a década de 1750, com um crescimento médio anual de 3.5% nos últimos 100 anos, o que também auxiliou em grande escala a vida da sociedade, tornando-a mais pratica e eficiente (Halit Eren et 2016). No entanto, este avanço tecnológico requer a utilização de diversos recursos do planeta, pelo que, se não existir precaução e cuidados necessários, poderá ter impactos irreversíveis no ambiente, pois existe uma relação diretamente proporcional, ou seja, á medida que a tecnologia aumenta a emissão de carbono aumenta.

É irrefutável o facto de que as indústrias do século XXI estão a causar alterações ambientais graves, nomeadamente na biosfera, na hidrosfera e na atmosfera (Halit Eren et 2016).

Estas alterações são o resultado de ações locais por parte de muitas indústrias, acumuladas no tempo e no espaço, conduzindo a problemas ambientais globais.

Como por exemplo nos Estados Unidos, as emissões de poluentes primários para a atmosfera são maioritariamente devido aos transportes (46%), ao consumo de combustível em fontes fixas (29%), processos industriais (16%), eliminação de resíduos sólidos (2%) e outros (7%) (Halit Eren et 2016).

Dados percentuais indicam que a poluição do ar é considerada um problema grave em muitos países. O setor de transportes, responsável por aproximadamente 60% das emissões de poluentes atmosféricos, emite cerca de 1,3 bilhões de toneladas de carbono para a atmosfera. Além disso, a geração de energia contribui com cerca de 15% dessas emissões.

Segundo a literatura, a maior causa da poluição da água são as descargas de resíduos industriais, agrícolas e urbanos nos corpos de água (Rios, oceanos, etc) sem quaisquer cuidados e ferramentas que permitam a redução da mesma. Estima-se que esta indústria mobilize cerca de 20 mil milhões de toneladas de materiais resultando, assim, na produção de 40 mil milhões toneladas de carbono para atmosfera. A produção em massa de bens e o consumo excessivo, contribui COM cerca de 40 mil milhões de toneladas de carbono (Halit Eren et 2016) (Abrahamsson, Mahapatra, e Lerman, 2022).

A tecnologia desempenha um papel fundamental na sociedade, impulsionando avanços significativos em diversas áreas, desde a comunicação até a medicina, e transformando a maneira como o ser humano vive e interage. No entanto, à medida que as inovações tecnológicas são adotadas e os seus benefícios são aproveitados, torna-se crucial reconhecer e abordar os impactos ambientais e sociais a elas associados. (Rapport, Dennehy, e Cindrich 2023a).

É inegável que a tecnologia trouxe inúmeras vantagens e melhorias para a qualidade de vida, aumentando a eficiência, a produtividade e a conectividade global. No entanto, o ritmo acelerado de desenvolvimento tecnológico também tem gerado preocupações crescentes relativamente à sustentabilidade ambiental, ao consumo excessivo de recursos naturais, à poluição e às mudanças climáticas (Gao et al. 2022).

Existem diversos métodos aplicáveis às indústrias numa tentativa de reduzir as suas emissões, tais como Implementação de iluminação LED, uso de equipamentos com certificação de eficiência energética, realização de auditorias energéticas para identificar oportunidades de economia, poderão também instalar filtros de ar nas chaminés industriais, usarem catalisadores para reduzir emissões de gases poluentes, implementarem processos de produção mais eficientes, implementação de programas de reciclagem de materiais, reutilização de embalagens, adoção de práticas de redução de resíduos na produção e por ultimo instalar painéis solares no local da

empresa, compra de energia de fontes renováveis e uso de tecnologias de cogeração para aproveitar o calor residual (Wang, Ji, e Xie 2023) (Gao et al. 2022) .

Tal, fará com que exista uma redução dos custos operacionais, diminuição das emissões de gases com efeito estufa, assim, aumento da competitividade no mercado e cumprimento de regulamentações ambientais.

Ainda existe uma considerável resistência por parte de empresas e famílias em implementar as políticas ambientais descritas, devido a diversos fatores relevantes. Entre eles, o facto de que algumas políticas exigem um alto investimento inicial, o que muitas vezes ultrapassa a capacidade financeira das empresas para arcar com esse capital, a falta de incentivos financeiros ou benefícios tangíveis, tais como por exemplo, subsídios governamentais, créditos fiscais ou vantagens competitivas no mercado por parte do estado faz com que a empresa não justifique os custos adicionais associado á implementação da mesma e por último, poderá também existir uma incerteza relativamente ás regulamentações ambientais futuras, existindo uma falta de clareza e previsibilidade nas políticas governamentais que fará com que não implementem estas politicas ambientais (Zhivkova 2022) (Turner et al. 2012).

Diante este cenário, é imperativo adotar cuidados redobrados ao avançar com a tecnologia e criar incentivos por parte do governo para que seja mais fácil aderir às políticas ambientais. Deve procurar-se também soluções inovadoras que minimizem os impactos negativos no meio ambiente, e ao mesmo tempo promover a eficiência energética, reduzir a geração de resíduos e incentivar práticas sustentáveis em todos os setores da sociedade. Além disso, é essencial considerar os aspetos éticos e sociais da tecnologia, garantindo que o seu desenvolvimento beneficie a todos de forma equitativa (Zhivkova 2022).

A consciencialização sobre os desafios ambientais e a responsabilidade coletiva de preservar o planeta para as gerações futuras, devem orientar as nossas ações e decisões em relação à tecnologia. A inovação sustentável, baseada em princípios de responsabilidade ambiental e social, é essencial para garantir um futuro equilibrado e próspero para todos (McAusland e Najjar 2015).

2.4 Tecnologia como inovação de carbono

Como descrito anteriormente a evolução da tecnologia tem sido um dos principais fatores impulsionadores de mudanças significativas na sociedade em diversas áreas. Ao longo das últimas décadas, avanços tecnológicos em áreas como computação, comunicações, saúde, transportes, entretenimento e educação têm transformado a forma como o ser humano vive, trabalha e se relaciona.

A sociedade da informação é um conceito complexo que aborda a interseção entre tecnologia, informação e sociedade. Neste contexto, a tecnologia da informação e comunicação (TIC) desempenha um papel fundamental na interação, comunicação, trabalho e acesso à informação (Kaya e Elster 2019b) (Belloni 2005).

A transição para uma sociedade da informação tem sido impulsionada pela rápida expansão da internet, dispositivos móveis, redes sociais e outras tecnologias digitais. Essas ferramentas permitem a disseminação instantânea de informações à escala global, conectando pessoas e culturas de maneiras antes inimagináveis. A acessibilidade à informação e ao conhecimento tornou-se mais democrática, possibilitando assim educação à distância, ao teletrabalho e a colaboração em tempo real (Gao et al. 2022).

Além disso, a sociedade da informação é caracterizada pela economia do conhecimento, na qual o valor está cada vez mais associado à criação, compartilhamento e uso eficaz da informação. Empresas e organizações que conseguem aproveitar os dados e transformá-los em *insights* valiosos têm uma vantagem competitiva significativa. Neste sentido, a inovação e a criatividade são impulsionadas pela capacidade de consultar e utilizar informações de forma estratégica (Mancini et al. 2016).

De acordo com dados da UNESCO, em 2020, cerca de 463 milhões de crianças em todo o mundo não tinham acesso à tecnologia necessária para o ensino remoto durante a pandemia de COVID-19. O avanço da tecnologia permitiu a criação da *World Wide Web*, por Tim Berners-Lee em 1989, que transformou a forma como compartilhamos e acedemos aos mais diversos tipos de informação, abrindo novas oportunidades para a educação à distância e o aprendizagem colaborativo. De acordo com dados da *International Telecommunication Union (ITU)*, em 2020, foi possível conseguir com que mais de 4,5 bilhões de pessoas em todo o mundo utilizassem a internet, representando cerca de 59% da população global (Belloni 2005).

No que diz respeito à inovação tecnológica em diferentes setores, na área da saúde, os avanços tecnológicos têm aprimorado diagnósticos, tratamentos e cuidados médicos. A digitalização de registos de saúde, o uso de dispositivos médicos inteligentes e a telemedicina estão a possibilitar

uma prestação de serviços de saúde mais eficiente, acessível e personalizada, beneficiando pacientes globalmente. (Belloni 2005) (Kaya e Elster 2019b).

No área do entretenimento, a tecnologia tem proporcionado experiências imersivas e interativas, como realidade virtual, jogos eletrônicos avançados e *streaming* de conteúdo audiovisual, que têm aumentado as opções disponíveis para o público e transformado a indústria do entretenimento (Belloni 2005).

No trabalho, a tecnologia tem automatizado tarefas repetitivas, aumentando a eficiência operacional e criando novas oportunidades de emprego em setores emergentes, como inteligência artificial, análise de dados e desenvolvimento de software. A digitalização de processos de negócios e a adoção de ferramentas colaborativas têm facilitado a comunicação e a colaboração entre equipes distribuídas geograficamente (Filippone, Sancho, e Labella 2021).

Na educação, neste caso, o setor mais importante desta dissertação, a tecnologia tem revolucionado a forma como o conhecimento é adquirido e compartilhado. Plataformas de aprendizagem online, recursos educacionais digitais e ferramentas de colaboração virtual têm democratizado o acesso à educação, permitindo que alunos de todas as idades e em qualquer lugar do mundo possam aprender novas habilidades e adquirir conhecimento de forma flexível e personalizada. Com a proliferação de recursos educacionais online, como cursos, tutoriais e palestras disponíveis gratuitamente ou a baixo custo na internet, milhões de pessoas em todo o mundo agora têm a oportunidade de aprender e adquirir novas habilidades, independentemente da sua localização geográfica ou situação socioeconômica (Belloni 2005).

Em resumo, a evolução da tecnologia tem sido um catalisador de mudanças profundas na sociedade, influenciando diversos aspectos da vida cotidiana e impulsionando a inovação em diferentes setores. Pode afirmar-se que a sociedade atual está cada vez mais conectada às tecnologias, pois estudos, mostram que mais de 67% da população mundial possui um smartphone, continuando a verificar-se um aumento acelerado. Pode então, refutar-se, que a construção de uma aplicação que calcule a pegada de carbono dos indivíduos e que forneça literacia sobre o mesmo, poderá ser uma forma de usar o avanço tecnológico para contribuir positivamente para o ambiente.

2.5 Ineficiência das calculadoras existentes no mercado

Como explicado até ao momento, as calculadoras de pegada de carbono têm o potencial de desempenhar um papel importante na abordagem de diversos problemas, incluindo a iliteracia ambiental e outros desafios relacionados com o meio ambiente, tais como, a tomada de decisões conscientes, a monitorização e avaliação do estado do meio ambiente e ao incentivo à inovação e tecnologia.

No entanto, a sua eficácia está diretamente ligada à qualidade e eficiência com que são desenvolvidas e implementadas (Enlund, Andersson, e Carlsson 2023).

As calculadoras da pegada de carbono têm sido uma ferramenta amplamente utilizada para ajudar indivíduos, empresas e governos a entender e mitigar o seu impacto ambiental. No entanto, até ao presente momento, diversas calculadoras já desenvolvidas apresentam sérias limitações, inconsistências e aparentando não ter a melhor qualidade e eficiência, o que, conseqüentemente, pode comprometer a eficácia e precisão da mesma (Aytac 2023).

Diferentes calculadoras podem usar diferentes *inputs* e modelos de cálculo, levando a resultados discrepantes e pouco confiáveis, que por sua vez pode confundir os utilizadores e dificultar a comparação entre diferentes produtos, serviços ou atividades (Enlund, Andersson, e Carlsson 2023).

Além do mais, tendem a simplificar excessivamente a complexidade das emissões, desconsiderando nuances e fatores contextuais importantes. Por exemplo, algumas não têm em consideração as emissões associadas ao lixo produzido por pessoa ou, simplesmente, existe um cálculo parcial da pegada de carbono, excluindo determinados aspetos relevantes. Tal, pode subestimar significativamente a verdadeira pegada de carbono de uma atividade ou produto, uma vez que os utilizadores acabam por confiar em estimativas ou médias gerais, que muitas vezes não refletem com precisão as suas emissões individuais. Conseqüentemente, isto levará a resultados imprecisos e errados, prejudicando a tomada de decisões por parte dos utilizadores (Enlund, Andersson, e Carlsson 2023).

O tema do ambiente é considerado sensível a nível global, logo as calculadoras terão que ser o mais intuitivo e apelativo possível. No entanto, muitas calculadoras existentes apresentam um défice de informação sobre como os utilizadores podem encontrar os dados necessários para inserir corretamente. O objetivo principal dos utilizadores ao utilizar estas ferramentas é obter resultados que reflitam a realidade de forma precisa, mas a falta de orientações claras pode dificultar o alcance desse objetivo. Para isto, é essencial que o utilizador consiga preencher o que é pedido pela calculadora com a informação correta. Por exemplo, ao aparecer na calculadora “Qual a quantidade de emissão de carbono que o seu veículo pessoal emite?”, o utilizador pode não entender de

imediatamente onde encontrar essa informação. Aspecto tal, que pode tornar a procura demorada e desgastante, resultando numa frustração e, eventualmente, no abandono da calculadora. (Aytac 2023).

Um dos aspetos mais importantes na abordagem deste tema e crucial para o impacto ambiental, é o nível de literacia fornecido pelas calculadoras após o término do cálculo, pois influencia diretamente a compreensão e consciencialização dos respetivos utilizadores sobre as suas emissões de CO₂ e o impacto ambiental das suas ações. Calculadoras de carbono eficazes, não só fornecem os resultados do cálculo das emissões, mas também explicam o significado desses resultados, oferecem orientações sobre como as reduzir e fornecem informações educativas sobre práticas sustentáveis. Um estudo realizado com 327 participantes sobre os efeitos do feedback após o cálculo da pegada de carbono revelou resultados significativos: 86% dos participantes relataram um impacto positivo na aprendizagem, 89% perceberam um aumento na consciencialização ambiental, e 82% consideraram o feedback valioso para guiar melhorias em várias áreas (Aichholzer, Allhutter, e Strauß 2012a).

Ao aumentar a literacia ambiental dos utilizadores através de feedback detalhado e educativo, as calculadoras podem motivar diversas mudanças de comportamento mais significativas e sustentáveis, incentivando a reflexão sobre os comportamentos e promovendo assim a adoção de práticas mais sustentáveis (Brosius et al. 2023).

Portanto, o nível de literacia proporcionado pelas calculadoras não só ajuda os utilizadores a compreenderem melhor o impacto das suas ações no ambiente, mas também os incentiva a adotarem as medidas concretas para reduzir a pegada de carbono e contribuir para a proteção do meio ambiente.

2.6 Fatores impactantes no cálculo da pegada de carbono de cada família

O cálculo das emissões de carbono de cada família pode ser uma ferramenta educativa altamente eficaz, contribuindo para aumentar a consciencialização sobre a relevância da sustentabilidade e os efeitos das mudanças climáticas. Além disso, esse processo promove uma cultura de responsabilidade ambiental, incentivando a adoção de práticas mais sustentáveis nas comunidades. Assim, é fundamental que o cálculo da pegada de carbono familiar seja realizado com a maior precisão e eficiência possível, a fim de maximizar seu impacto e promover ações informadas. Para isto temos de ter em consideração e saber quais são os fatores mais importantes que será necessário incluir nesta calculatória.

Fatores que poderão ser considerados imprescindíveis para o cálculo da pegada de carbono das famílias são o consumo de energia geral de cada família incluindo eletricidade ou gás, o tipo de

alimentação, o tipo de construção da casa onde coabitam, quantidade de lixo que produzem, o tipo de transporte que a respetiva família usa e o tipo de combustível, o fator de quantidade de viagens de avião efetua e por ultimo o fator consumo de água (Rapport, Dennehy, e Cindrich 2023b).

Cada fator tem a sua importância no cálculo da pegada de carbono, por exemplo, o consumo de energia elétrica é uma parte muito essencial da vida moderna, pois é com ela que se alimenta as casas, empresas e indústrias. Grande parte da eletricidade ainda é gerada a partir de fontes de energia não renováveis, como carvão, gás natural e petróleo, que libertam quantidades significativas de dióxido de carbono e outros gases de efeito estufa para a atmosfera.

No caso da alimentação, sendo esta muito diversificada, inclui o consumo de fruta, vegetais, peixe, carne, cereais e derivados (Massas, pão, etc), leguminosas, gorduras, alimentos de origem animal (ovos, leite), snacks (batatas fritas, bolachas, etc), comidas preparadas (lasanhas embaladas, quesadillas, etc) e bebidas (coca cola, pepsi, etc). Cada um destes, com uma respetiva emissão de CO₂. Esta emissão também, não só, dependerá do tipo de uso do solo em que é produzida, o tipo de cuidados que têm com os produtos, tais como alimentação dos animais, produtos químicos que usam nos vegetais, frutas, como também dependerá do tipo de transporte e o tipo de embalagem de cada produto, (Rapport, Dennehy, e Cindrich 2023b).

Pelo artigo (Carlsson-Kanyama e González 2009) (Scarborough et al. 2014) existe uma média para cada categoria de alimentação, respetivamente:

- Vegetais: 1.6 kg CO₂ /kg
- Fruta: 0.9 kg CO₂ /kg
- Peixe: 5.4 kg CO₂ /kg
- Carne: 35.9 kg CO₂ /kg
- Cereais: 1.8 kg CO₂ /kg
- *Snacks*: 3 kg CO₂ /kg
- Comida Preparada: 3 kg CO₂ /kg
- Origem Animal: 4 kg CO₂ /kg
- Gorduras: 2 kg CO₂ /kg
- Legumes: 3.3 kg CO₂ /kg
- Bebidas: 1 kg CO₂ /kg

As viagens de avião é um dos fatores cruciais para o cálculo da pegada de carbono pois, este também dependerá de diversos fatores, tais como, o controle de peso de bagagem, o tipo de classe que a pessoa pretenda ir (económica ou primeira classe), o tipo de eficiência do motor, as rotas específicas, as das diferentes condições meteorológicas a distância percorrida e o tipo de avião que dependerá da distância percorrida, (OnFly. 2024).

Por exemplo, companhias como a Ryanair operam voos de curta distância, enquanto a Qantas cobre distâncias intermediárias, e a Emirates utiliza aviões para voos de longa distância.

Um avião Airbus A350 considerado de longa distância, ao efetuar uma viagem de mais ou menos 500 KM's com cerca de 400 passageiros emite quase 8 toneladas de CO₂ para a atmosfera excluindo carga e bagagens, o que sai a uma média de 55 kg de CO₂ por passageiro (OnFly. 2024).

Juntamente com o consumo dos aviões, está também o consumo dos veículos próprios da família, pelo que este irá igualmente depender de diversos fatores, tais como, o tipo de combustível do veículo, peso do mesmo, tipo de condução do proprietário, cavalagem, cilindrada, estado das vias e do respetivo veículo. Pelo (Skuza, Szumska, e Jurecki 2023) (Manzoli 2009) existem 5 tipos de veículos, tais como, elétrico, gás, gasolina, gasóleo ou híbrido e cada um com um valor médio de consumo por KM percorrido, respetivamente:

- Gasóleo 100-150 g CO₂/km
- Gasolina 120-180 g CO₂/km
- Gás entre 90-120 g CO₂/km
- Híbrido entre 50-100 g CO₂/km
- Elétrico 0 g CO₂/km

Poderemos verificar que o veículo elétrico não emite CO₂, mas isto é somente de forma direta, pois estes veículos imitem bastante CO₂ indiretamente com a produção das baterias e o carregamento das mesmas. Um estudo efetuado pela União Europeia demonstra que a média de produção de uma bateria de íon-lítio com 24 kWh emite cerca entre 5 a 10 toneladas de CO₂ para a atmosfera fazendo assim uma média de 320 kg de CO₂ por kWh (Skuza, Szumska, e Jurecki 2023).

A produção de lixo, é também um fator fundamental a ter em consideração no cálculo da pegada de carbono. Este depende de diversos fatores, tais como, composição do lixo, métodos de tratamento de resíduos (reciclagem) e o destino final. Mesmo com estas variações, um estudo revelou que um cidadão americano médio gera cerca de 1 tonelada de lixo por ano, resultando em aproximadamente 227 kg de emissões de CO₂ anuais, o que por sua vez, equivale a uma emissão média de 0,2 kg de CO₂ por cada quilo de lixo produzido (Prefeitura de Maricá. 2024).

3. Metodologia

Embora a literatura existente ofereça descobertas importantes no domínio das emissões de GEE e dos cálculos do FC (um aspecto-chave nesta revisão da literatura) em diferentes famílias, ainda há uma lacuna significativa no que diz respeito ao estudo do conhecimento ambiental.

Atualmente, não existem dados específicos disponíveis permitam calcular o FC de famílias com 100% de precisão, ou seja, não existe um método que reflita exatamente as emissões de carbono de uma família num período específico. No entanto, existem métodos que oferecem estimativas próximas à realidade (Enlund, Andersson, e Carlsson 2023).

Para alcançar esse objetivo, foi desenvolvido um plano de ação que visa fornecer feedback aos utilizadores. Este plano tem a finalidade de ajudá-los a compreender as causas das emissões, ilustrar como cada fator impacta o meio ambiente e, finalmente, oferecer conhecimentos e recomendações personalizadas com base nos resultados obtidos.

3.1 Desenvolvimento da Aplicação

Uma vez que, a base da presente investigação foi a implementação de uma metodologia para determinar as emissões de GEE e calcular o FC de uma família, cujo principal ativo é o conhecimento, serão usadas 2 tecnologias/software para alcançar este objetivo, as quais se denominam: *OutSystems* e *Signavio*.

OutSystems é um software de desenvolvimento de aplicações que permite criar processos e sistemas de forma rápida e eficiente, com uma interface gráfica onde a real aplicação será desenvolvida. Já, o *Signavio* é uma ferramenta de modelagem de processos que permite criar diagramas de fluxo e modelar os processos de negócios que irão ser aplicados na aplicação.

Este processo de desenvolvimento será dividido em 3 fases, calculatória, modelagem e implementação:

- Fase da Calculatória:

Esta primeira fase serve para analisar e ter em consideração quais os fatores mais importantes a inserir nesta calculatória, tal como a emissão a considerar por unidade de avaliação em cada um deles.

Neste caso, serão considerados 7 fatores: Energia, Composição da Habitação, Consumo de Água, Viagens de Avião, Tipo de Transporte, Tipo de Dieta, Produção de Lixo. Cada um deles terá um tempo de avaliação e uma unidade de avaliação a considerar para o cálculo. Através da Tabela 1, é possível verificar, detalhadamente, cada fator abordado anteriormente.

Tabela 1 - Dados considerados para Cálculo

Valores a considerar no cálculo da pegada de carbono por agregado familiar				
Fatores	Tempo de Avaliação	Unidade de Medida	Emissão por Unidade de Medida	Autor
Energia				
Emissão de Energia	Mês	-	-	-
Emissão de Gás (Canalizado)	Mês	-	-	-
Botijas de Gás	Mês	Nº de unidades	291 kg de CO ₂ /Botija	Carbotainer, 2019
Composição da Habitação				
Ambiental	Mês	m ²	13 kg CO ₂ /m ²	Lima, Fernandes, e Dantas, 2018
Tradicional	Mês	m ²	225 kg CO ₂ /m ²	Lima, Fernandes, e Dantas, 2018
Construção Híbrida	Mês	m ²	67 kg CO ₂ /m ²	Lima, Fernandes, e Dantas, 2018
Consumo de Água				
Emissão de Gasto de Água	Mês	L (Litro)	1,3 kg CO ₂ /l	Danfoss, 2021
Reutilização	Mês	L (Litro)	0,9 kg CO ₂ /l	Danfoss, 2021
Viagens de Avião				
Nº de Viagens	Anual	Nº	55 kgs de CO ₂ por pessoa por viagem	OnFly, 2024
Tipo de Transporte				
Elétrico	Semana	km	0 g CO ₂ /km	Skuzza, Szumska, e Jurecki 2023
Gás	Semana	km	100 g CO ₂ /km	Skuzza, Szumska, e Jurecki 2023
Gasolina	Semana	km	125 g CO ₂ /km	Skuzza, Szumska, e Jurecki 2023
Híbrido	Semana	km	95 g CO ₂ /km	Skuzza, Szumska, e Jurecki 2023
Diesel	Semana	km	150g CO ₂ /km	Skuzza, Szumska, e Jurecki 2023
Tipo de Dieta				
Vegetais	Semana	kg	0,9 kg CO ₂ /kg	Scarborough et al. 2014
Gorduras	Semana	kg	4 kg CO ₂ /kg	Scarborough et al. 2014 and Carlsson-Kanyama e González 2009
Frutas	Semana	kg	0,4 kg CO ₂ /kg	Simões, Oliveira, e Amorim, 2022
Derivados de Animal	Semana	kg	8,4 kg CO ₂ /kg	Simões, Oliveira, e Amorim, 2022
Enlatados	Semana	kg	2,3 kg CO ₂ /kg	Carlsson-Kanyama e González 2009
Cereais	Semana	kg	1,1 kg CO ₂ /kg	Carlsson-Kanyama e González 2009
Comidas Prontas	Semana	kg	3 kg CO ₂ /kg	Carlsson-Kanyama e González 2009
Snacks	Semana	kg	3 kg CO ₂ /kg	Carlsson-Kanyama e González 2009
Bebidas	Semana	kg	1 kg CO ₂ /kg	Carlsson-Kanyama e González 2009
Produção de Lixo				
Emissão de Produção de Lixo	Semana	kg	0,5 kg CO ₂ /kg	Prefeitura de Maricá, 2024
Reciclagem	Semana	kg	3 kg CO ₂ /kg	Prefeitura de Maricá, 2024

Na Tabela acima demonstrada, todos os dados foram retirados e corroborados pelos artigos descritos ao lado de cada valor atribuído ao respetivo fator.

Os artigos (Aichholzer, Allhutter, e Strauß 2012), (Aytac 2023) e (Enlund, Andersson, e Carlsson 2023), que construíram, também, calculatórias de pegada de carbono para as famílias, consideraram somente a Energia, a Alimentação (Dieta), o Transporte e tipo de construção da habitação. Após revisão, foram tidos em consideração outros 3 fatores, nomeadamente, viagens, consumo de água, e a quantidade de lixo produzido, pois apresentam elevada relevância para atingir uma maior precisão no cálculo da pegada de carbono das famílias (OnFly. 2024), (Prefeitura de Maricá. 2024) e (Frijns 2012).

Com isto, a fórmula final que apresentará o resultado da pegada de carbono do utilizador será:

$$\begin{aligned}
 PC = & (EE + C \times 291) \times 12 + (Q \times TI + AG \times WI) \times 4 \times 12 + \frac{(M \times HI)}{V} + (PI \times 55) \\
 & + (D \times 150 + G \times 125 + Gs \times 100 + EL \times 0 + HY \times 95 + V \times 0,9 \\
 & + F \times 04 + Sn \times 3 + Fa \times 4 + AD \times 8,4 + CP \times 2,3 + Dk \times 1 \\
 & + Ce \times 1,1 + PM \times 3) \times 4 \times 12
 \end{aligned}$$

Nesta fórmula foram criadas 3 variáveis condicionais, HI, WI e TI, com a seguinte configuração (Tabela 2) e respetiva descrição (Tabela 3):

Tabela 2 - Configuração das Variáveis Condicionais

HI	T/E/H
WI	K/NK
TI	NR/R

Tabela 3 - Descrição das Variáveis Condicionais

T	Tradicional
E	Ambiental
H	Híbrido
K	Reutiliza Água
NK	Não Reutiliza a Água
NR	Não Recicla
R	Recicla

As 3 variáveis acima descritas, foram criadas pelo facto de existirem fatores que farão com que o utilizador tenha de escolher 1 de 2/3 opções, então cada variável terá em consideração mais do que

um fator. Por exemplo, se o utilizador escolher a opção “Ambiental” na categoria “Composição da Habitação”, a calculadora irá multiplicar a área da habitação pela quantidade de CO₂ emitida (13), e depois dividir o resultado pela vida útil média da habitação, que será considerada como 50 anos. No caso de escolher a opção 'Tradicional', a calculadora irá multiplicar a área da habitação pela quantidade de CO₂ emitida (225), mantendo a divisão pelos mesmos 50 anos. Esse mesmo princípio aplica-se às outras duas variáveis condicionais.

Na seguinte tabela, estão apresentadas as restantes variáveis simples, e quais são os fatores correspondentes.

Tabela 4 - Descrição das variáveis da Fórmula

PC	Pegada de Carbono	EL	Elétrico	Gs	Gás
EE	Emissão de Energia	HY	Híbrido	F	Fruta
C	Botijas de Gás	V	Vegetais	Sn	Snacks
M	m ²	AG	Quantidade de Água Consumida	Fa	Gorduras
HI	Informação da Casa	WI	Informação de Água Consumida	AD	Derivados de Animal
V	Vida Média de uma Habitação	PI	Viagens de Avião	CP	Produtos Enlatados
Q	Quantidade de Lixo Produzida	D	Gasóleo	Dk	Bebidas
TI	Informação de Reciclagem	G	Gasolina	Ce	Cereais
				PM	Comidas Preparadas

- Fase de Modelagem:

Nesta fase, será utilizado o *Signavio* para criar o fluxo dos processos e modelar os processos de negócios, juntamente com a definição das regras e lógicas dos mesmo do cálculo do FC, conseguindo assim perceber detalhadamente como irá funcionar o processo interno da aplicação.

-Fase de Implementação:

Nesta segunda fase, será utilizado o software *Outsystems* de forma a conseguir implementar os processos e lógicas definidas na fase de desenvolvimento em funcionamento e onde, também, será criada a interface gráfica, em que será realmente possível efetuar os cálculos para o utilizador.

Na Figura 1, é demonstrado um diagrama de classes (UML), com o objetivo de fornecer uma visão geral da estrutura, dos processos, lógicas e do comportamento desta aplicação, juntamente, com a visualização das classes, objetos, atributos, métodos e relações mútuas, usando o *Signavio*.

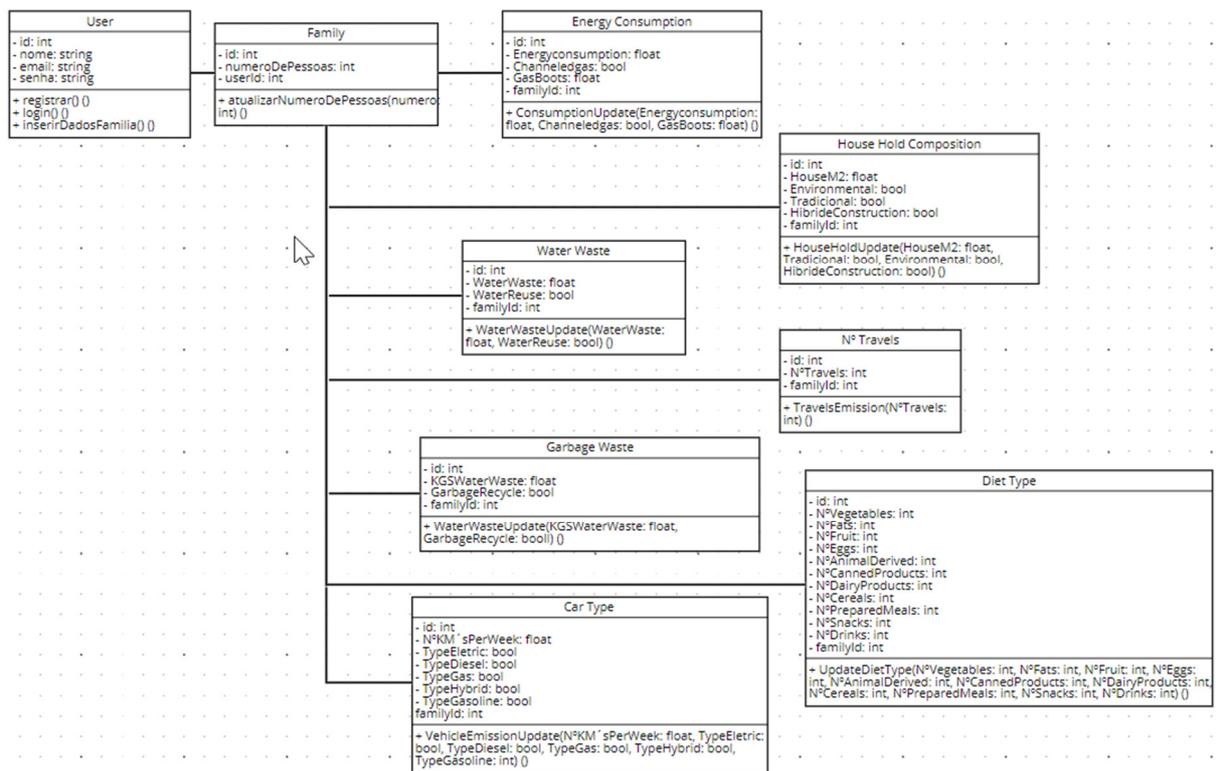


Figura 1 – Diagrama UML

Tendo em conta este diagrama e o que foi acima referido, será efetuada uma subcategorização dos 7 fatores em 3 diferentes setores. Estes setores são, a mobilidade, habitação e alimentação, que englobarão respetivamente, “Viagens de Avião” e “Tipo de Transporte”, “Energia”, “Composição da Habitação” e “Consumo de Água”, e “Tipo de Dieta” e “Produção de Lixo”, tal como mostrado na figura 2.

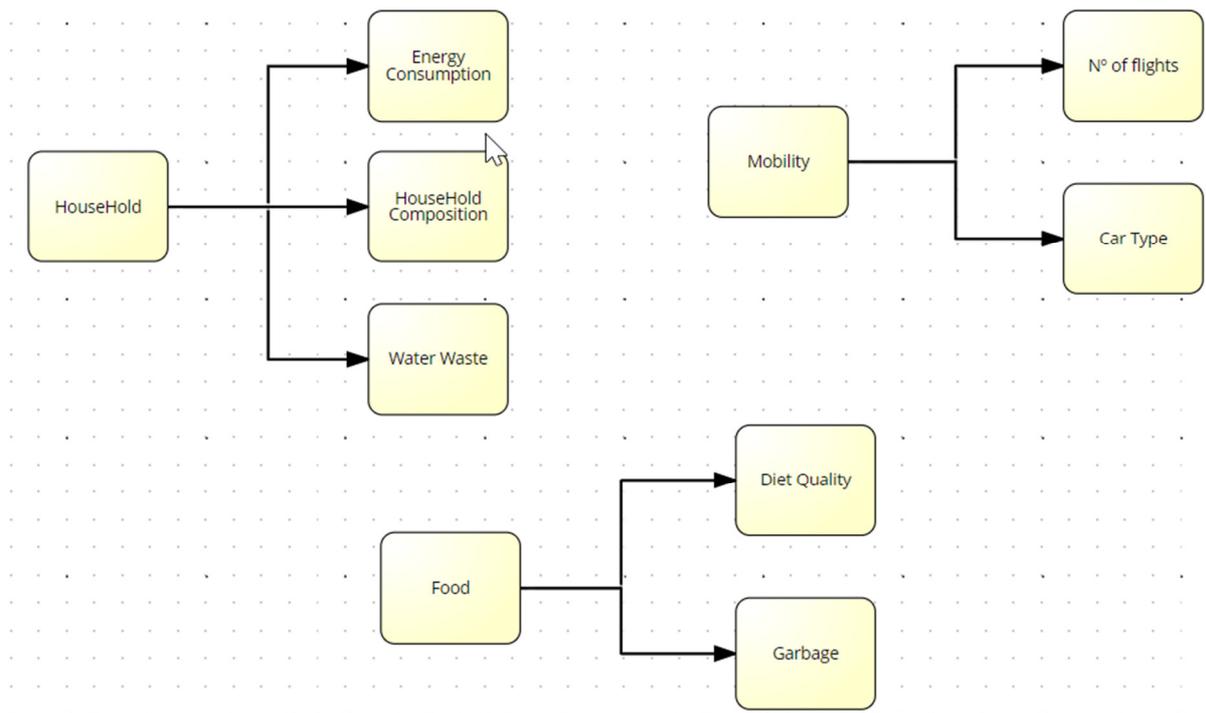


Figura 2 - Subcategorias

3.2 Use Case

3.2.1 Descrição Geral

Este *use case* irá descrever a interação completa de um utilizador com a aplicação desenvolvida para calcular a pegada de carbono, pois o objetivo é exemplificar como irá o utilizador interagir com a aplicação, desde o momento em que inicia, até obter o valor do cálculo de pegada de carbono e sair da aplicação.

Atores:

- Utilizador: Individuo que pretende calcular a sua pegada de carbono ou da sua família.
- Aplicação: Sistema que providenciará o cálculo da pegada de carbono

Pré-Condições:

- O utilizador deverá ter acesso a um dispositivo com conexão á internet
- A aplicação deverá estar acessível através de um navegador

Fluxo primário

1º) Autenticação e Login

- O Utilizador acede à aplicação, em que lhe aparecerá a tela de login

- O utilizador terá que inserir as credenciais (Email e Password) para entrar
- O sistema faz a devida autenticação e redireciona o mesmo para a tela principal

2º) Tela Principal

- O sistema apresenta uma mensagem de boas-vindas ao utilizador

3º) Inserção dos dados

Nesta fase o utilizador começa a preencher o que é pedido com os seus próprios dados e, ao mesmo tempo, aprende e adquire mais conhecimento sobre a importância de cada fator pedido, pois na aplicação, cada fator terá uma associada uma *tool tip* de forma a tornar a aplicação mais intuitiva e de forma, também, a fornecer *insights* aos utilizadores.

Neste caso, terá de preencher os seguintes dados sobre os seguintes fatores:

Composição Familiar: O utilizador terá de inserir o número de pessoas que vivem na sua casa ou então o número de pessoas que pretende analisar a pegada de carbono

Energia: O utilizador terá de inserir o valor respetivo de CO₂ mensal emitido pelo consumo de energia, tal como indicar se possui gás canalizado, e em caso afirmativo, quantas botijas de gás usa por mês.

Composição da Habitação: O utilizador terá de inserir a área (m²) e o tipo de construção do respetivo imóvel (habitação), neste caso, escolher uma das 3 variáveis, construção tradicional, híbrida ou ambiental.

Consumo de Água: O utilizador terá de inserir a quantidade de água que consome por mês e selecionar se efetua algum tipo de reutilização da água. Neste caso, será selecionar ou não o espaço que assim o refere.

Viagens de Avião: O utilizador terá de inserir somente o número de viagens de avião que efetua por ano.

Tipo de Transporte: O utilizador fornece informações sobre quantos quilómetros efetua por mês e que tipo de veículos utiliza para se deslocar. Neste caso poderá escolher entre Gás, Diesel, Gasolina, Híbrido e Elétrico.

Produção de Lixo: O utilizador terá de fornecer informações sobre a quantidade de lixo (kg) que efetua por mês e selecionar o espaço no caso de efetuar ou não reciclagem.

Tipo de Dieta: O utilizador terá de inserir a quantidade (kg) de cada tipo de alimentos consome por semana. Neste caso, indicar o consumo relativamente a vegetais, gorduras, frutas, derivados de animais, produtos enlatados, cereais, comidas preparadas, *snacks* e de bebidas.

4º) Cálculo da Pegada de Carbono

Após preencher todos os requisitos, pedidos pela aplicação, irá clicar em “Calculate” de forma que consiga obter o seu resultado do cálculo da pegada de carbono. Com isto o sistema irá processar todos os dados inseridos pelo utilizador.

5º) Resultados

O sistema irá apresentar o resultado de toda a calculatória efetuada a partir de todas informações fornecidas pelo utilizador, juntamente com um gráfico que mostrará qual o seu resultado tendo em conta os resultados médios de emissões mundialmente, por número de pessoas. A partir deste resultado, o utilizador conseguirá ter uma perceção dentro dos valores normais de emissões.

Depois ainda terá a opção de efetuar o descarregamento dos resultados para o seu computador, em formato *Excel*, conseguindo assim, guardar os seus resultados para que consiga comparar com resultados de emissões futuras. Juntamente apareceram tanto recomendações personalizadas, como informações relevantes acerca do nível atingido de emissões, com o objetivo de fornecer conhecimento e a melhorar o seu nível de emissões futuras.

3.3 Questionário de avaliação da aplicação

Para garantir que a aplicação corresponda às necessidades e expectativas das famílias, será realizado um questionário para avaliar a eficácia da calculadora de pegada de carbono e para identificar possíveis áreas de melhorias.

3.3.1 Objetivo do Questionário

O objetivo do questionário é recolher informações sobre a experiência dos utilizadores, bem como dados sobre seus hábitos e rotinas que influenciam a pegada de carbono. Pretende-se entender como diferentes aspetos quotidianos, como consumo de energia, uso de gás, alimentação e tipo de habitação, contribuem para as emissões de CO₂. Além disso, tenciona-se também saber, como é avaliada a usabilidade, funcionalidade e precisão da calculadora.

3.3.2 Estrutura do Questionário

O questionário é dividido em várias seções, cada uma focada num aspeto específico da sua pegada de carbono, neste caso existirão 6 questões, 3 de escolha múltipla e 3 de resposta aberta.

1º) Acha que esta aplicação teve impacto no ganho de conhecimento ambiental? Com as seguintes opções: Excelente, Bom, Razoável, Fraco, Muito Fraco.

2º) Acha que a aplicação é intuitiva? Com as seguintes opções: Sim, Não, Poderia ser melhor.

3º) Vai ter mais cuidado nas suas escolhas ambientais a partir de agora? Com as seguintes opções: Sim, Não, Talvez.

4º) Identifique quais os fatores que considera mais relevantes para a utilidade da aplicação e como ela contribui para o aumento do conhecimento sobre a pegada de carbono. Por favor, elabore 2 frases.

5º) De que forma esta aplicação pode ajudar a mudar comportamentos para reduzir a Pegada de Carbono? Por favor, forneça, no mínimo 2 exemplos.

6º) O que acha que esta aplicação poderia melhorar?

4 Resultados

4.1 Resultados Aplicação

Esta secção apresenta os resultados obtidos pela aplicação desenvolvida ao longo da elaboração desta dissertação. Esta aplicação, como referido anteriormente, foi projetada para processar e analisar os dados obtidos, com o objetivo de extrair informações relevantes e precisas acerca da emissão de dióxido de carbono (CO₂) e oferecer literacia ambiental sobre o mesmo.

De seguida, apresenta-se o resultado final da aplicação, considerando o seu *layout* gráfico e o enquadramento relativamente à média global.

Primeiramente quando se entra na aplicação aparecerá a seguinte mensagem de boas-vindas (Figura 3):

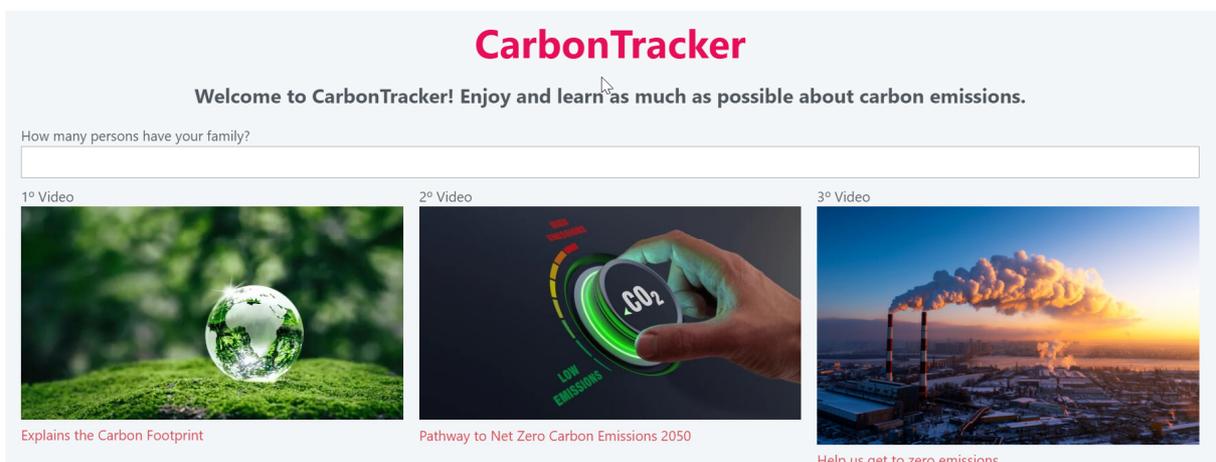


Figura 3 - Mensagem de boas-vindas

Aqui será inserido o número de pessoas com que se pretende efetuar a análise, onde também, será possível visualizar 3 vídeos sobre as emissões de carbono, bastando clicar em qualquer um, que abrirá, automaticamente, uma aba diretamente para o vídeo.

Depois, serão inseridos os dados relativos ao fator “Energia” e ao fator “Composição da Habitação”:

Define energy information (You can find this information in your energy bill)

Curiosity - Do you know that it is a very essential part of modern life as it is what homes, businesses and industry are powered by and a large part of electricity is still generated from non-renewable energy sources such as coal, natural gas and oil?
[Learn more about it by clicking here.](#)

Energy Emission Gas Emission (Canalised) How many cylinders per month?

Define Home Information

Curiosity - Did you know that building your own house also emits carbon dioxide? These resulting emissions must be divided by the number of years the house is expected to be used.
[Learn more about it by clicking here.](#)

How many m2 does your house have?

Which material your house is built on?
Tradicional (Cement and Brick)

Figura 4 - Layout dos fatores "Energia" e "Composição da Habitação"

O valor para o fator energia consegue verificar-se a partir da conta paga de energia mensal, conjuntamente existirá a opção de selecionar gás canalizado e/ou o número de botijas de gás que são utilizadas por mês. Neste caso, a opção de gás canalizado será somente utilizada para possíveis estatísticas futuras, pois no *backend* não irá ter impacto.

Em termos do fator de emissão "Composição da Habitação", será necessário inserir a área (m²) da respetiva habitação possui e qual o seu tipo de construção, neste caso terá 3 opções a selecionar, sendo elas:

Which material your house is built on?

Tradicional (Cement and Brick)	▼
Tradicional (Cement and Brick)	
Environmental (Wood)	
Hybrid (Cement and Wood)	

Figura 5 - Layout das opções possíveis de construção de habitação

De seguida teremos os fatores de "Consumo de Água" e "Produção de Lixo":

Define Trash information

Curiosity - Did you know that an average American citizen emits 227 kg of CO₂ per year with an average production of 1 ton of garbage, which gives an average emission of 0.2 kg of CO₂ per kilo of garbage. And that by recycling you can reduce emissions by around 60%?
[Learn more about it by clicking here.](#)

How many kgs of trash do you or your family does per week (average counting the members of the family)

Do you recycle?

Define Water Information

Curiosity - Did you know that for every liter of water used, there is an average emission of 1.3 KG of CO₂ and that if you reuse it to, for example, by watering the plants, you help to significantly reduce emissions?
[Learn more about it by clicking here.](#)

How much water do you waste per week (avarege counting the member of the family)

Do you reuse water in some ways?

Figura 6 - Layout dos fatores "Produção de Lixo" e "Consumo de Água"

Nestes fatores o utilizador terá, simplesmente, de inserir a quantidade de água consumida e de lixo produzido por semana. No *backend* será efetuado o cálculo da média por anual, uma vez que, será mais fácil para o utilizador fornecer um valor mais aproximado ao contexto real, na medida em que, quanto maior for o período de tempo, mais complicado será para o utilizador conseguir fornecer valores concretos.

Existe em cada um destes 2 fatores um campo para selecionar se os membros da família efetuam a reciclagem do lixo e a reutilização da água, pois este campo, caso selecionado, terá impacto no cálculo das emissões de carbono.

Como passo seguinte existirá a opção de inserir informação acerca de quantas viagens o agregado familiar efetua por ano:

Define trips information

Curiosity - Did you know that when an Airbus A350 plane travels 500 km or so with around 400 passengers, it emits almost 8 tons of CO2 into the atmosphere, excluding cargo and luggage, which comes to an average of 55 kg of CO2 per passenger? [Learn more about it by clicking here.](#)

How many trips do you or your family does per year (average counting the member of the family)

Figura 7 - Layout do fator " Viagens de Avião"

Será somente contabilizado viagens de avião.

De seguida o utilizador terá de ter em consideração o veículo que usa para se transportar:

Define Transport information

Curiosity - Did you know that an electric vehicle does not emit CO2 directly into the atmosphere, but instead indirectly? In this case, the average production of a 24 kWh lithium-ion battery emits around 5 to 10 tons of CO2 into the atmosphere, making an average of 320 kg of CO2 per kWh. [Learn more about it by clicking here.](#)

(Only fill in the spaces that correspond to the type of your vehicles.)

Diesel - How many km's do you do per week with your Diesel vehicle

Gasoline - How many km's do you do per week with your Gasoline vehicle

Gas - How many km's do you do per week with your Gas vehicle

Electric - How many km's do you do per week with your Electric vehicle

Hybrid - How many km's do you do per week with your Hybrid vehicle

Figura 8 - Layout do fator " Tipo de Transporte"

Neste caso, consideraram-se os tipos, Diesel, Gasolina, Gás, Elétrico e Híbrido. Como esta aplicação ainda está na fase de protótipo, caso o utilizador ou o agregado familiar use veículos como, bicicletas, trotinetes elétricas, transportes públicos, as emissões serão contabilizadas como nulas.

Relativamente ao fator alimentação, são apresentados os seguintes aspetos:

Define food information

Curiosity - Did you know that your daily diet also has a CO2 emission value? For example, a person with a meat-only diet will emit more CO2 than a person with a varied/balanced diet.
[Learn more about it by clicking here.](#)

How much kilograms of vegetables do you consume per week? <input type="text"/>	How much kilograms of fat do you consume per week? <input type="text"/>	How many liters of drinks do you consume per week? <input type="text"/>
How much kilograms of fruit do you consume per week? <input type="text"/>	How much kilograms of animal-derived products do you consume per week? <input type="text"/>	How much kilograms of cereals do you consume per week? <input type="text"/>
How much kilograms of snacks do you consume per week? <input type="text"/>	How much kilograms of canned products do you consume per week? <input type="text"/>	How much kilograms of prepared meals do you consume per week? <input type="text"/>

Figura 9 - Layout do fator "Tipo de Dieta"

Nesta secção, será tudo contabilizado por quilogramas, mesmo o consumo de água, pois esta apresenta uma densidade igual a $1\text{kg}/\text{dm}^3$, pelo artigo (Abdulraheem et al. 2020).

No final, o utilizador terá a possibilidade de clicar no botão para a aplicação efetuar o cálculo:

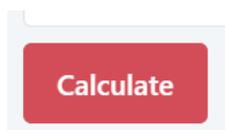


Figura 10 - Layout do botão "Calculate"

Assim que a tarefa é efetuada, aparece o resultado do respetivo gráfico e juntamente, uma mensagem de informação acerca do resultado, como por exemplo:



Figura 11 - Layout da mensagem a vermelho

Poderemos verificar que caso o agregado familiar seja de 2 pessoas e obtenha 22222 quilogramas de CO₂, valor acima da média mundial, aparecerá uma mensagem a vermelho a informar que o consumo está muito elevado.

Mas também existe a possibilidade de aparecer uma mensagem a verde a informar que o consumo está dentro do esperado, tal como por exemplo:

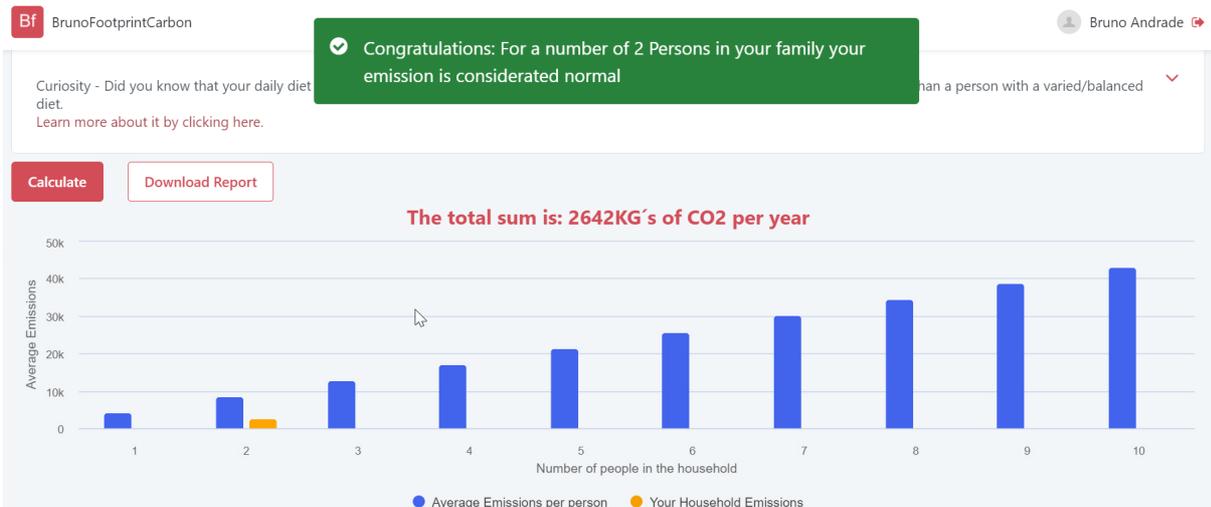


Figura 12 - Layout da mensagem a verde

Finalmente, existirá um botão com a funcionalidade de efetuar o download para o próprio dispositivo, para que consigam ter sempre um relatório com os seus resultados, e desta forma, possibilitar o acompanhamento da emissão de CO₂ ao longo dos anos. Tal, é demonstrado na seguinte figura:



Figura 13 - Layout do botão "Download Report"

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Canned	KMs_CarGas	KMs_Diesel	KMs_Eletric	KMs_Gasoline	KMs_Hibride	m2Home	Sum	Animal	Cereals
2	2	0	222	0	0	0	221	8429,3	2	2

Figura 14 - Layout do documento quando efetuado o download

4.2 Resultados Questionário

Depois de efetuado o questionário anteriormente referido serão apresentados, nesta secção, os resultados obtidos.

Este questionário foi elaborado com 6 questões (3 de escolha múltipla e 3 de resposta aberta), destas 6 questões, 3 centram-se no funcionamento da aplicação, em si, e as 3 restantes são relativas ao conhecimento ganho pelo respetivo utilizador.

A amostra foi composta por um total de 15 pessoas com os seguintes resultados:

- Questão 1: “Acha que esta aplicação teve impacto no ganho de conhecimento ambiental?”. Em que obtivemos 73,3% dos participantes que votam em Excelente e 26,7% que votaram Bom.

- Questão 2: “Acha que a aplicação é intuitiva?” Em que obtivemos 93,3% dos participantes que votam em “Sim” e 6,7% que votaram “Poderia ser melhor”.

- Questão 3: “Vai ter mais cuidados nas suas escolhas ambientais a partir de agora?” Em que obtivemos 93,3% dos utilizadores que votam em “Sim” e 6,7% que votaram “Talvez”.

- Questão 4: “Identifique quais os fatores que considera mais relevantes para a utilidade da aplicação e como ela contribui para o aumento do conhecimento sobre a pegada de carbono. Por favor, elabore 2 frases:”. Em que obtivemos algumas das seguintes respostas:

- " Os fatores mais relevantes na avaliação da utilidade de uma aplicação de pegada de carbono incluem a sua capacidade de fornecer dados precisos e em tempo real sobre as emissões individuais e familiares, além da sua capacidade de oferecer informações práticas para reduzir essas emissões. Ao integrar feedback personalizado e recursos educativos, uma aplicação desse tipo aumenta a consciência dos utilizadores e orienta escolhas mais informadas, promovendo práticas sustentáveis e aumentando o conhecimento geral sobre as pegadas de carbono"
- "Os vídeos introdutórios e as descrições relativas a cada pergunta"
- "Instruções e vídeos"
- " Informações fáceis de usar sobre gestão ambiental e partilha de conhecimento."
- "Os fatores mais relevantes incluem a precisão do aplicativo no rastreamento e cálculo das emissões de carbono individuais e a sua capacidade de fornecer informações e recomendações acionáveis para a redução da pegada de carbono. Ao oferecer dados personalizados e conselhos práticos, o aplicativo capacita os usuários a tomarem decisões informadas e mais acertadas, aumentando assim a sua consciencialização e compreensão do impacto ambiental."

- " Consciencialização do público e obtenção de uma versão digital de algo que muitas vezes as gerações mais jovens não veem"
- "Os fatores mais relevantes incluem a precisão da aplicação no rastreamento e cálculo das emissões de carbono e a sua capacidade de fornecer insights práticos e recomendações."

- Questão 5: "De que forma esta aplicação pode ajudar a mudar comportamentos para reduzir a Pegada de Carbono? Por favor, forneça, no mínimo 2 exemplos:". Em que obtivemos algumas das seguintes respostas:

- "Este aplicativo pode ajudar a mudar comportamentos para reduzir a pegada de carbono ao fornecer feedback sobre o impacto ambiental das atividades diárias, incentivando os usuários a adotarem práticas mais sustentáveis. Por exemplo, ele pode sugerir o uso de transporte público em vez do uso do carro."
- " Facilmente, convencendo as pessoas a reduzi-la ao realizar algumas ações específicas."
- " Dando alguns exemplos ou soluções para que as pessoas comuns tomem melhores decisões."
- " Recomendações Personalizadas: A aplicação pode analisar os dados dos utilizadores sobre consumo de energia, transporte e produção de resíduos, e depois fornecer sugestões personalizadas para reduzir a pegada de carbono, como adotar eletrodomésticos mais eficientes, reduzir o uso de automóveis ou diminuir o uso de plásticos descartáveis. Ao tornar essas recomendações acionáveis e específicas para os hábitos dos utilizadores, a aplicação ajuda-os a tomar decisões informadas que contribuem diretamente para a redução das emissões. Rastreamento e Incentivos: A aplicação pode oferecer funcionalidades para rastrear o progresso ao longo do tempo e definir metas, como reduzir o consumo de energia mensal ou aumentar os esforços de reciclagem. Ao visualizar melhorias e fornecer recompensas ou reconhecimento por alcançar marcos, a aplicação motiva os utilizadores a manter e melhorar as suas práticas sustentáveis, promovendo mudanças comportamentais de longo prazo que, coletivamente, reduzem a pegada de carbono."

- Questão 6: "O que acha que esta aplicação poderia melhorar?". Em que obtivemos algumas das seguintes respostas:

- "Ter mais dados e diferentes tipos de indústrias para ajudar as empresas a reduzir a sua pegada de carbono."
- "Adição de outras linguagens, explicação das siglas (ex:m2), explicações menos massivas de ler"
- "Torná-la mais interativa e dinâmica, com perguntas de resposta mais rápida"
- " Boa aplicação com boa informação, mas poderia ser mais interativa com o público."
- "Podia ser em português. Mas se a app for mais para a frente vê e ser mais reconhecida mundialmente, estar em inglês é uma ótima opção por ser uma língua universal. Mas é um

aplicativo bastante educacional e relevante para estarmos cientes sobre este tema importante sobre as emissões de carbono e o quanto estas estão a afetar o nosso meio ambiente e que devemos estar cientes em fazer a mudança para diminuir as pesadas de carbono."

- " Para melhorar a aplicação, considere estas melhorias: Integração com Dispositivos Inteligentes: Incorporar conectividade com dispositivos inteligentes domésticos e veículos para rastrear e analisar automaticamente o consumo de energia, padrões de viagem e outros dados relevantes em tempo real. Esta funcionalidade aumentaria a precisão e facilidade de uso, fornecendo aos utilizadores informações e recomendações mais precisas. Funcionalidades Comunitárias e Sociais: Adicionar funcionalidades que permitam aos utilizadores participar em desafios, partilhar progresso e colaborar com outros na redução da sua pegada de carbono. Isso poderia fomentar um senso de comunidade e responsabilidade, encorajando os utilizadores a manterem os seus objetivos de sustentabilidade por meio de apoio social e ação coletiva."

5. Discussão

O objetivo geral desta dissertação foi criar uma aplicação que calculasse as emissões de carbono das famílias, e ao mesmo tempo fornecer literacia sobre o ambiente, mais especificamente os impactos que os seus consumos, diretamente relacionados com as emissões de carbono, poderão ter no meio ambiente.

A criação de uma calculadora de emissões de carbono é uma tarefa complexa e multidisciplinar, que requer a consideração de diversos fatores importantes para proporcionar uma estimativa precisa das emissões individuais ou coletivas. E para tal, será necessário efetuar uma pesquisa longa e pormenorizada. Neste caso, existiram algumas calculadoras elaboradas por diversos autores tal como (Aichholzer, Allhutter, e Strauß 2012), (Aytac 2023) e (Enlund, Andersson, e Carlsson 2023), em que cada um teve um esforço adicional para incluir fatores diferenciadores que ampliam ainda mais a abrangência da calculadora. A seguir, discute-se detalhadamente os fatores considerados por cada autor e a importância de cada um na composição da calculadora.

Pelo artigo (Aichholzer, Allhutter, e Strauß 2012), o autor baseou a sua contribuição nos fatores de fornecimento de energia, mobilidade, nutrição e consumo. O fornecimento de energia abrange tanto o consumo de eletricidade quanto o de aquecimento. A energia elétrica e o aquecimento são responsáveis por uma porção significativa das emissões de carbono devido à dependência de combustíveis fósseis em muitos sistemas de geração de energia. A análise deste fator envolve a quantidade de energia consumida, a eficiência do uso dessa energia e a origem da mesma, seja ela renovável ou não-renovável. A mobilidade refere-se às emissões relacionadas ao transporte, incluindo veículos pessoais, transporte público e outras formas de locomoção. Este setor é um dos maiores contribuidores para as emissões de carbono, especialmente devido ao uso de combustíveis fósseis como gasolina e diesel. A consideração deste fator inclui a distância percorrida, a eficiência dos veículos, a frequência de uso e a possibilidade de alternativas mais sustentáveis, como veículos elétricos ou bicicletas.

A pegada de carbono associada ao consumo de alimentos é significativa, uma vez que a produção, transporte e processamento de alimentos requerem uma quantidade substancial de energia e recursos. Diferentes tipos de dietas possuem diferentes níveis de emissões de carbono, com dietas ricas em carne geralmente resultando em emissões mais altas em comparação com dietas vegetarianas (Alimentação em que não inclui peixe e carne) ou vegans (Alimentação em que não inclui nenhum alimento proveniente dos animais). Este fator considera todos os aspetos desde a produção agrícola até o consumo final dos alimentos. O consumo de bens e serviços, incluindo produtos manufacturados, roupas, eletrônicos e outros itens, também contribui para as emissões de carbono. A produção e distribuição desses produtos envolvem o uso de energia e materiais, que

geram emissões em todas as etapas do ciclo de vida dos produtos. Este fator avalia a quantidade e o tipo de produtos consumidos, destacando a importância do consumo consciente e sustentável.

Pelo segundo artigo (Enlund, Andersson, e Carlsson 2023) estes autores adicionaram uma perspectiva complementar com os mesmos fatores que o autor referido anteriormente adicionando também o fator do tamanho e tipo de construção do imóvel em que os utilizadores vivem, isto pois o tipo as construções que utilizam materiais tradicionais, como cimento e tijolo, tendem a ter uma emissão de carbono elevada devido ao alto consumo de energia na produção desses materiais. Em contrapartida, construções denominadas híbridas (Cimento e Madeira) ou então ambientais (Somente Madeira) em que ambas adotam materiais sustentáveis de fontes renováveis, e técnicas inovadoras, podem reduzir significativamente as emissões de carbono. Estas práticas de construção sustentável, minimizam o desperdício e promovem a eficiência dos recursos, são bastante fundamentais.

Para aumentar a precisão e a abrangência da calculadora, foram incluídos, nesta aplicação, não só os fatores considerados pelos autores, referidos anteriormente, como também fatores adicionais que proporcionam uma análise ainda mais detalhada, tal como o número de viagens de avião que a respetiva família faz por ano, a quantidade de água consumida por semana e a quantidade de lixo que produzida por semana.

As viagens de avião são uma das principais fontes de emissões de carbono no setor de transporte e é responsável por uma parte significativa das emissões globais de CO₂ devido ao alto consumo de combustível por quilómetro percorrido. Existe um grande número de pessoas que efetuam um número elevado de viagens a nível particular por ano e a sociedade tende a não considerar a importância de o que uma única pessoa emite ao efetuar uma viagem de avião. Com isto, o fator referido será um ponto importante a considerar na calculadora.

A pegada de carbono associada ao uso e desperdício de água é crucial, pois embora a água não produza emissões de carbono diretamente, emite indiretamente, devido ao processo de fornecimento de água, incluindo a captação, tratamento e distribuição da mesma. Juntamente com este fator considerou-se, também, a quantidade de lixo produzida por semana, isto porque o tratamento e descarte de resíduos sólidos, incluindo a sua recolha, transporte, incineração e aterro, são processos que geram emissões significativas. Além disso, as decomposições de resíduos orgânicos em aterros libertam metano, considerado um gás efeito estufa muito mais impactante que o dióxido de carbono a nível ambiental.

Embora os artigos anteriormente mencionados apresentem algumas funcionalidades similares àquelas integradas na calculadora que desenvolvi, como gráficos de comparação, atualizações contínuas de dados e mensagens informativas, a minha solução destaca-se pela integração de uma gama mais ampla e complexa de funcionalidades. Além dos elementos básicos, a

calculadora oferece conteúdo educacional adicional, como vídeos explicativos e links direcionados para sites oficiais, que fornecem informações mais detalhadas sobre cada um dos fatores considerados no cálculo da pegada de carbono. Este recurso não apenas informa o utilizador sobre os dados inseridos, mas também promove uma compreensão mais profunda dos conceitos subjacentes, ajudando a aumentar a literacia ambiental.

Adicionalmente, a calculadora desenvolvida inclui detalhes específicos que são essenciais para tornar os cálculos mais precisos e realistas. Um exemplo claro é a introdução de opções relacionadas ao consumo de água e à produção de lixo, onde o utilizador pode indicar se a sua família adota práticas sustentáveis, como a reutilização de água e a reciclagem de lixo.

Embora a aplicação desenvolvida seja atualmente um protótipo e ainda faltem diversas funcionalidades que serão essenciais para o seu aprimoramento, esta dissertação foi elaborada com o objetivo de, caso o projeto avance futuramente, consiga expandir as capacidades da calculadora, garantindo que sejam incorporadas funcionalidades adicionais que irão aumentar a sua qualidade e utilidade no mercado. Entre essas melhorias, estão previstas várias novas *features*, que serão abordadas mais detalhadamente ao longo deste trabalho.

Observou-se que os três artigos abordados anteriormente convergem para resultados semelhantes, indicando que a pesquisa sobre o uso de calculadoras de carbono em iniciativas climáticas locais revela um elevado nível de interesse por parte dos participantes em relação ao feedback ecológico fornecido. Por exemplo, no estudo de (Aichholzer, Allhutter e Strauß, 2012), constatou-se que 86% dos participantes relataram efeitos positivos na aprendizagem, enquanto 89% mencionaram um aumento na conscientização ambiental. Além disso, destacaram que essa interação teve um impacto benéfico nos comportamentos dos usuários, com aqueles que consumiam acima da média reduzindo o seu consumo. Por sua vez, o artigo de (Enlund, Andersson e Carlsson 2023) demonstrou que os utilizadores do aplicativo de cálculo de carbono conseguiram reduzir sua pegada de carbono em cerca de 10% logo após efetuar o cálculo. Contudo, essa redução tende a diminuir ao longo do tempo, sugerindo que os efeitos das intervenções informativas não são sustentáveis a longo prazo sem ações contínuas que mantenham o engajamento e a consciencialização.

A partir dos resultados obtidos pelo questionário efetuado aos diversos participantes, verificou-se que apesar do número da amostra ter sido reduzido (15 utilizadores), a aplicação teve um impacto significativo na promoção da sabedoria ambiental entre os utilizadores indicando um elevado reconhecimento do seu valor educativo. Além disso, a intuição da mesma foi amplamente apreciada, com 92,9% dos participantes afirmando que a acharam intuitiva, sugerindo que a interface é eficaz e de fácil utilização, embora exista espaço para melhorias adicionais, conforme indicado por 7,1% dos participantes.

Esta aplicação demonstra também o potencial em influenciar mudanças de comportamento sustentável devido á sua constituição (Imagens, resultados, informação facultada), uma vez que os dados revelaram que 92,9% dos participantes estão mais inclinados a fazer escolhas mais conscientes a nível ambiental no futuro. Existe uma importância da precisão e da capacidade de fornecer dados aproximados da realidade e recomendações individuais. Com isto, poderá afirmar-se que os utilizadores valorizam ferramentas que não apenas informem, mas também que guiem ativamente os seus comportamentos para reduzir a pegada de carbono. A capacidade da aplicação em promover práticas sustentáveis através de recomendações personalizadas e específicas, pode ser verificado quando questionamos os utilizadores sobre como a aplicação pode ajudar a mudar comportamentos, e verifica-se que os mesmos forneceram bons exemplos práticos, como o incentivo ao uso de transporte público em vez de carros e a adoção de eletrodomésticos energeticamente eficientes.

Os artigos publicados pelos autores referidos anteriormente, juntamente com a inclusão dos fatores diferenciadores adicionais, foram cruciais na criação desta ferramenta (Aplicação) robusta e abrangente para a análise das emissões de carbono. Cada conjunto de fatores aborda aspetos distintos e cruciais acerca das emissões, permitindo uma análise detalhada e multifacetada, sendo esta abordagem integrada, fundamental para entender o impacto das atividades humanas no meio ambiente e para desenvolver estratégias eficazes de mitigação das mudanças climáticas.

6. Conclusão

No desenvolvimento desta dissertação foi verificado que vários especialistas e entendedores desta matéria têm alertado cada vez mais para a necessidade urgente de implementar diversas abordagens com potencial para mitigar as alterações climáticas, pois como se verificou anteriormente, estas representam uma ameaça significativa para a humanidade, tanto no presente quanto no futuro, continuado a ser um dos maiores desafios da atualidade. Estudos estes, que mostram um aumento significativo na concentração de dióxido de carbono (CO₂) na atmosfera, atingindo níveis nunca antes observados nos últimos 800.000 anos, principalmente devido à queima de combustíveis fósseis.

O objetivo desta dissertação sempre foi conseguir calcular e avaliar as emissões de carbono que cada família emite anualmente e verificar em que medida, uma estratégia baseada na tecnologia e num “Jogo” consegue aumentar a consciencialização e influenciar as percepções e o conhecimento dos respetivos utilizadores, e que por sua vez, consiga orientar as práticas dos indivíduos relativamente à emissão de carbono.

Tendo em consideração os resultados obtidos, tanto através da aplicação desenvolvida como pelo questionário realizado aos respetivos utilizadores após a conclusão do seu uso, é possível observar uma correlação significativa entre a interação com a ferramenta e o aumento da consciencialização ambiental, pois 73,3% dos participantes afirmam que a aplicação em questão consegue ter impacto, relativamente a um maior ganho de conhecimento e informação acerca do meio ambiente.

É de notar que, embora o resultado verificado anteriormente tenha demonstrado eficácia no ganho de conhecimento sobre a pegada de carbono e provocado o estímulo a comportamentos mais sustentáveis, ainda existem evidências de que a literacia ambiental, sobretudo em termos de compreensão profunda de certos temas, requer ainda, um maior desenvolvimento. Com base nas respostas à questão do questionário “Identifique quais os fatores que considera mais relevantes para a utilidade da aplicação e como ela contribui para o aumento do conhecimento sobre a pegada de carbono. Por favor, elabore em 2 frases”, verifica-se que, embora algumas respostas demonstrem um certo ganho de conhecimento, muitas continuam a ser curtas, simplistas e pouco detalhadas. Este facto sugere que, apesar de existir progresso, ainda persiste uma lacuna na profundidade da compreensão e na capacidade de articular de forma mais completa os conceitos abordados.

Verifica-se que 93,3% dos utilizadores afirmaram que, no futuro, irão adotar uma maior cautela nas suas escolhas ambientais, sugerindo um impacto significativo da calculadora desenvolvida no aumento do conhecimento e da consciencialização ambiental. No entanto, 6,7% dos participantes expressaram incerteza quanto às suas atitudes ambientais futuras, respondendo “Talvez”, o que

indica que nem todos estão completamente convencidos ou comprometidos com a adoção de comportamentos mais sustentáveis. Esta hesitação pode refletir uma insatisfação com o nível de profundidade e de informação fornecido pela aplicação, ou uma possível dificuldade na sua utilização, sugerindo que a intuitividade da ferramenta pode não ter sido suficientemente eficaz para todos os utilizadores. Estes dados apontam para a necessidade de ajustes na aplicação, tanto em termos de acessibilidade como de conteúdo, para garantir que atenda às expectativas e necessidades de uma base de utilizadores mais ampla, maximizando o seu potencial educativo e motivacional.

Este facto poderá ser enfatizado, pois consta-se ainda que 6,7% dos 15 participantes consideraram que a aplicação poderia ser mais intuitiva, sugerindo diversas melhorias que, segundo eles, contribuiriam para otimizar a experiência e aumentar a eficácia da aplicação, tais como por exemplo “Adição de outras linguagens, explicação das siglas (ex:m2), explicações menos massivas de ler” ou “Integração com dispositivos inteligentes: incorpore conectividade com dispositivos domésticos e veículos inteligentes para rastrear e analisar automaticamente o consumo de energia, padrões de viagem e outros dados relevantes em tempo real.”

Em conclusão, o objetivo da aplicação, que foi desenvolvida para calcular a pegada de carbono individual e promover a literacia ambiental, foi alcançado de forma significativa. A análise dos resultados obtidos demonstra que a questão de partida “Será que uma calculadora de pegada de carbono familiar beneficiaria a literacia e os comportamentos ambientais?” foi respondida de maneira afirmativa, evidenciando um aumento considerável na consciencialização dos utilizadores, mas também uma disposição mais consciente em adotar práticas sustentáveis. Contudo, é crucial reconhecer que ainda existem áreas que necessitam de melhorias. O *Feedback* por parte dos participantes indicou a necessidade de uma interface mais intuitiva e de funcionalidades adicionais que possam aprofundar ainda mais a experiência de aprendizagem. Além disso, investir em tecnologia avançada será fundamental para enriquecer a aplicação, permitindo que ela forneça informações ambientais mais detalhadas e atualizadas. Ao fazer isso, será possível maximizar o impacto da ferramenta e fomentar mudanças comportamentais duradouras, contribuindo para uma sociedade mais consciente e responsável em relação à sustentabilidade e à redução da pegada de carbono.

6.1 Limitações e Melhorias Futuros

No processo de desenvolvimento desta dissertação, mais em específico, da aplicação “CarbonTracker”, mesmo tendo sido realizado uma análise abrangente e detalhada com o objetivo de alcançar resultados que reflitam o mais próximo da realidade das emissões de carbono emitidas por cada família e proporcionar o mais alto nível de literacia ambiental possível, pode constatar-se que certos desafios inevitáveis foram surgindo ao longo deste desenvolvimento.

Limitações estas que impactam a qualidade, eficiência e veracidade da aplicação poderão se ter em consideração primeiramente o tamanho da amostra analisada ser limitada/pequena, mais concretamente, 15 indivíduos, que não representa a população em geral e esta falta de representatividade tem impacto direto negativo nos resultados e conclusões finais.

Seguidamente tem de ser tido em consideração que, como esta aplicação ainda está na fase de protótipo, o questionário efetuado seria de resposta curta e com questões básicas de modo a facilitar a recolha de dados iniciais, de forma a permitir uma avaliação pormenorizada do funcionamento da aplicação sem sobrecarregar os participantes e introduzir complexidades desnecessárias. Isto leva a que a resposta dada pelos utilizadores neste questionário exigia pouco esforço e dedicação, o que conduz a respostas sem análise e conhecimento aprofundados, relativamente às questões ambientais. Consequentemente, fará com que o resultado não seja o expectável.

Existe um fator intrínseco á própria pessoa e no comportamento humano quando responde a questionários, independentemente de serem eles relacionados a questões ambientais ou a outros temas, cuja tendência passa por responder com o que é considera socialmente aceitável, ligada ao desejo de conformidade social e á preocupação com a perceção e opiniões de terceiros. Este facto que faz com que o individuo possa fornecer respostas erradas e não verdadeiras, impactando assim os resultados e conclusões da análise, e consequentemente, do próprio resultado do utilizador. Como por exemplo, um participante que realmente efetue 4 viagens de avião por mês, insere na aplicação que efetuou 2 viagens por mês de forma a manipular e diminuir o seu resultado final.

Existem também, outros fatores externos que podem não estar relacionadas com o próprio estudo e análise em cause, e que estejam ao mesmo tempo fora do alcance de quem cria o mesmo, tal como por exemplo, campanhas dos *media*, políticas publicas, notícias, entre outros fatores.

No questionário realizado, há um fator adicional que requer atenção na análise dos resultados. Embora os dados tenham revelado um desempenho bastante positivo, como evidenciado pela primeira questão “Acha que esta aplicação teve impacto no ganho de conhecimento ambiental?”, onde 73,3% dos utilizadores avaliaram como 'Excelente' e 26,7% como 'Bom', e na terceira questão “Vai ter mais cuidados nas suas escolhas ambientais a partir de agora?”, onde 93,3%

responderam 'Sim' e 6,7% 'Talvez', é importante considerar que a amostra foi composta por apenas 15 indivíduos. Este grupo, formado por amigos, colegas e familiares, pode estar mais propenso a fornecer feedback positivo, o que pode comprometer a sinceridade e a objetividade das respostas. Portanto, embora os resultados sejam encorajadores, é fundamental ampliar a amostra e diversificar os participantes para obter uma avaliação mais abrangente e precisa do impacto da aplicação na literacia ambiental."

6.2 Melhoramentos Futuros

Como o desenvolvimento desta dissertação, mais em concreto desta aplicação, é um protótipo, ainda existem muitas melhorias a serem feitas para tornar esta aplicação mais robusta, eficiente, mais intuitiva, confiável e adaptável às necessidades dos utilizadores.

De forma a tornar tal possível, serão apresentadas propostas de melhorias futuras:

Primeiramente, a aplicação ainda é muito simples em termos de *layout* e interface gráfica, com 3 imagens que redirecionam para vídeos sobre o ambiente na plataforma digital *Youtube*, com isto, poderiam ser criadas animações, juntamente com mini jogos, enquanto o participante está a usar a aplicação, ou seja, efetuar uma melhoria de *layout* para cativar a atenção do utilizador e fazer com que este se mantenha na aplicação.

De seguida, a presente aplicação apresenta, em cada fator de emissão de carbono e respetiva descrição, um link, no qual caso o utilizador queira saber mais sobre um tema em específico, seja redirecionado para uma página web que esclareça detalhadamente as suas dúvidas. Neste caso, substituir-se-ia o redirecionamento para a página web, para uma página criada pela aplicação, mostrando assim ao participante autenticidade da própria aplicação, e consequentemente, confiança no que está a ler e a preencher.

Relativamente aos detalhes necessários a preencher em cada fator, poderia ser adicionado no fator "Energia" uma componente para o utilizador conseguir inserir qual a marca do respetivo fornecedor de energia e também da marca das botijas de gás que utiliza, neste caso a marca do fornecedor não terá impacto no resultado final mas servirá para possíveis dados estatísticos futuros, como também, para uma apresentação de resultados mais detalhados para quando o utilizador efetuar o download do respetivo calculo.

Em relação ao fator "Produção de Lixo", uma melhoria sugerida seria a inclusão de mais detalhes e curiosidades sobre o tema, bem como a adição de uma animação que tornasse o conteúdo mais envolvente. Esta mesma abordagem de melhoria também seria necessária para o fator "Tipo de Dieta", onde, além de enriquecer os detalhes fornecidos, seria vantajoso integrar uma funcionalidade de leitura de código QR. Com esta função, os utilizadores poderiam adicionar os produtos

consumidos de forma mais precisa e eficiente, registrando as informações de maneira mais concreta e assegurando um acompanhamento mais rigoroso das suas escolhas alimentares.

No que diz respeito ao fator " Viagens de Avião", a inclusão de mais detalhes seria uma melhoria significativa. Seriam adicionadas opções como o tipo de avião utilizado (um ou dois andares), as companhias aéreas dos respectivos voos, a classe de viagem (executiva/VIP ou econômica) e, por fim, a indicação da origem e destino da viagem. Estas adições permitiriam uma avaliação mais precisa das emissões associadas a cada viagem, oferecendo uma análise mais completa e personalizada. Uma funcionalidade bastante interessante passaria por possibilitar o preenchimento de todos estes dados referidos anteriormente para cada voo efetuado, pois se por exemplo, uma família faz 4 voos por ano, mas cada voo foi em companhias aéreas diferentes, para localizações diferentes e em diferentes classes, neste caso poderiam ser detalhados os dados de cada voo efetuado. A possibilidade de interligar a funcionalidade das companhias aéreas com a aplicação também seria muito importante, uma vez que haveria uma atualização constante dos dados necessários para efetuar os cálculos, com a maior precisão possível.

No fator "Tipo de Transporte", seria essencial criar um campo onde o utilizador pudesse inserir o número de veículos que a família possui, especificando o tipo de veículo (motociclo, carro, caminhão, carrinha, autocarro), o tipo de combustível utilizado por cada um, a marca, a potência do motor, a cilindrada e a distância percorrida com cada veículo. Além disso, seria altamente benéfico integrar uma funcionalidade que permitisse a comunicação direta entre a aplicação e os sites oficiais das marcas dos veículos, facilitando o acesso a informações detalhadas e atualizadas, melhorando a precisão na avaliação da pegada de carbono associada ao transporte.

Após preencher todos os detalhes nos diferentes fatores, é crucial implementar melhorias no momento em que os utilizadores finalizam o processo e desejam visualizar os seus resultados. Para tal, seria benéfico adicionar uma funcionalidade que, ao clicar em "calcular", apresentasse não só uma mensagem de aviso, mas também uma mensagem personalizada para o respetivo resultado. Por exemplo: "A sua emissão para uma família de 2 pessoas é equivalente à média de emissão de uma família de 4 pessoas". Além disso, seria importante permitir o cálculo individual de cada fator, destacando os fatores onde a família apresenta emissões acima da média e aqueles onde as emissões estão dentro dos níveis normais. Assim, a mensagem personalizada poderia ser aprimorada para algo como: "A sua emissão para uma família de 2 pessoas é equivalente à média de emissão de uma família de 4 pessoas, com emissões anormais nos fatores "energia" e "lixo"". Para complementar, seria vantajoso integrar um gráfico interativo na aplicação, permitindo ao utilizador acompanhar de forma visual as melhorias ou agravamentos nas suas emissões desde o último cálculo, facilitando uma análise mais clara do progresso ao longo do tempo.

Adicionalmente, seria interessante incluir a funcionalidade de download dos resultados atuais juntamente com os resultados anteriores, permitindo ao utilizador armazenar e comparar facilmente as emissões ao longo do tempo. Esta funcionalidade eliminaria a necessidade de guardar os relatórios individualmente, proporcionando uma forma mais eficiente e organizada de acompanhar a evolução dos dados de emissão. Ao permitir uma comparação direta entre os resultados históricos, o participante pouparia tempo e teria uma visão clara do progresso, facilitando a tomada de decisões ambientais mais informadas.

Referências Bibliográficas

Abdelbasier, A. Maher., Moataz M. Kamel, Noha S. Donia, e H. A. Nawar. «CARBON FOOTPRINT MONITORING AND MITIGATION IN HIGHER EDUCATION: A META-ANALYSIS REVIEW». *Journal of Environmental Science* 51, n.º 11 (1 de novembro de 2022): 1–31. <https://doi.org/10.21608/jes.2022.295030>.

Abrahamsson, Max, Krushna Mahapatra, e Peter Lerman. «Challenges and Opportunities for SMEs to Adopt GHG Calculation Tools». Em 2022. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1683267/FULLTEXT01.pdf>.

Aichholzer, Georg, Doris Allhutter, e Stefan Strauß. «Using Online Carbon Calculators for Participation in Local Climate Initiatives». Em *Electronic Participation*, editado por Efthimios Tambouris, Ann Macintosh, e Øystein Sæbø, 7444:85–96. Lecture Notes in Computer Science. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2012. https://doi.org/10.1007/978-3-642-33250-0_8.

Alegre-RS, Porto, e Maio de. «Avaliação preliminar da emissão de gases de efeito estufa na produção de alimentos». Em 2022. <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/247506/001147930.pdf?sequence=1>.

Ang, Ming Yang Avon, Nicolas Pontes, e Cassandra France. «Unsustainable Burgers? Deploying Carbon Footprint Labels to Enhance Sustainability Perceptions of Animal-Based Food Products». *Journal of Retailing and Consumer Services* 76 (janeiro de 2024): 103567. <https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2023.103567>.

Arnold, Will, Mike Cook, Duncan Cox, Orlando Gibbons, e John Orr. «Setting Carbon Targets: An Introduction to the Proposed SCORS Rating Scheme». *The Structural Engineer* 98, n.º 10 (1 de outubro de 2020): 8–12. <https://doi.org/10.56330/SQDI8782>.

Aytac, Selenay. «What Are Carbon Footprint and Carbon Footprint Calculators?» *Issues in Science and Technology Librarianship*, n.º 104 (5 de outubro de 2023). <https://doi.org/10.29173/istl2756>.

Battistini, Roberto, Fabrizio Passarini, Rita Marrollo, Claudio Lantieri, Andrea Simone, e Valeria Vignali. «How to Assess the Carbon Footprint of a Large University? The Case Study of University of Bologna's Multicampus Organization». *Energies* 16, n.º 1 (23 de dezembro de 2022): 166. <https://doi.org/10.3390/en16010166>.

Belloni, Maria Luiza. «Educação a distância e inovação tecnológica». *Trabalho, Educação e Saúde* 3, n.º 1 (março de 2005): 187–98. <https://doi.org/10.1590/S1981-77462005000100010>.

Brosius, L. S., K. M. Walter Anthony, C. C. Treat, M. C. Jones, M. Dyonisius, e G. Grosse. «Panarctic Lakes Exerted a Small Positive Feedback on Early Holocene Warming Due to Deglacial Release of Methane». *Communications Earth & Environment* 4, n.º 1 (25 de julho de 2023): 271. <https://doi.org/10.1038/s43247-023-00930-2>.

Carlsson-Kanyama, Annika, e Alejandro D González. «Potential Contributions of Food Consumption Patterns to Climate Change». *The American Journal of Clinical Nutrition* 89, n.º 5 (maio de 2009): 1704S-1709S. <https://doi.org/10.3945/ajcn.2009.26736AA>.

Dietz, Thomas, Gerald T. Gardner, Jonathan Gilligan, Paul C. Stern, e Michael P. Vandenbergh. «Household Actions Can Provide a Behavioral Wedge to Rapidly Reduce US Carbon Emissions». *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106, n.º 44 (3 de novembro de 2009): 18452–56. <https://doi.org/10.1073/pnas.0908738106>.

Enlund, Jakob, David Andersson, e Fredrik Carlsson. «Individual Carbon Footprint Reduction: Evidence from Pro-Environmental Users of a Carbon Calculator». *Environmental and Resource Economics* 86, n.º 3 (novembro de 2023): 433–67. <https://doi.org/10.1007/s10640-023-00800-7>.

Fang, Wei-Ta, Arba'at Hassan, e Ben A. LePage. *The Living Environmental Education: Sound Science Toward a Cleaner, Safer, and Healthier Future*. Sustainable Development Goals Series. Singapore: Springer Nature Singapore, 2023. <https://doi.org/10.1007/978-981-19-4234-1>.

Filippone, Guillermo, Rocío Sancho, e Sebastián Labella. «Determining the 2019 Carbon Footprint of a School of Design, Innovation and Technology». *Sustainability* 13, n.º 4 (6 de fevereiro de 2021): 1750. <https://doi.org/10.3390/su13041750>.

Frijns, Jos. «Towards a Common Carbon Footprint Assessment Methodology for the Water Sector». *Water and Environment Journal* 26, n.º 1 (março de 2012): 63–69. <https://doi.org/10.1111/j.1747-6593.2011.00264.x>.

Gao, Meng, Mingli Fu, Ran Zhuo, Lei Jia, Yuan La, e Lianhong Zhong. «Carbon Footprint of Power Transformer by Life Cycle Assessment». Em *2022 IEEE International Conference on High Voltage Engineering and Applications (ICHVE)*, 1–4. Chongqing, China: IEEE, 2022. <https://doi.org/10.1109/ICHVE53725.2022.9961748>.

Hertwich, Edgar G., e Glen P. Peters. «Carbon Footprint of Nations: A Global, Trade-Linked Analysis». *Environmental Science & Technology* 43, n.º 16 (15 de agosto de 2009): 6414–20. <https://doi.org/10.1021/es803496a>.

Huang, Tianyue, e Zi Tang. «Estimation of Tourism Carbon Footprint and Carbon Capacity». *International Journal of Low-Carbon Technologies* 16, n.º 3 (29 de setembro de 2021): 1040–46. <https://doi.org/10.1093/ijlct/ctab026>.

Jiang, Na, Alina Cristina Nuță, e Cristina Gabriela Zamfir. «Literacy Rate Impact on Innovations and Environmental Pollution in China». *Frontiers in Environmental Science* 11 (2 de março de 2023): 1154052. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2023.1154052>.

Kaya, Volkan, e Doris Elster. «A Critical Consideration of Environmental Literacy: Concepts, Contexts, and Competencies». *Sustainability* 11, n.º 6 (15 de março de 2019): 1581. <https://doi.org/10.3390/su11061581>.

Kollmuss, Anja, e Julian Agyeman. «Mind the Gap: Why Do People Act Environmentally and What Are the Barriers to pro-Environmental Behavior?» *Environmental Education Research* 8, n.º 3 (agosto de 2002): 239–60. <https://doi.org/10.1080/13504620220145401>.

Li, Xiaopeng, Xianyao Mo, Jiali Liu, Wei Zhang, Feiran Zhang, e Kun Jin. «Carbon Accounting Method Based on Power System Energy Carbon Footprint Characteristics and Multi-Source Data Fusion». Em *2023 8th Asia Conference on Power and Electrical Engineering (ACPEE)*, 2515–19. Tianjin, China: IEEE, 2023. <https://doi.org/10.1109/ACPEE56931.2023.10136011>.

Lima, Emerson Medeiros De, Rogério Taygra Vasconcelos Fernandes, e Simplícia Luana Dantas. «QUANTIFICAÇÃO DE CO2 EMITIDO DECORRENTE DOS MATERIAIS EMPREGADOS NA CONSTRUÇÃO DE UMA RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR». Em 2018. https://www.confex.org.br/sites/default/files/antigos/contecc2018/civil/171_qdceddmencduru.pdf.

Loyarte-López, Edurne, Mario Barral, e Juan Carlos Morla. «Methodology for Carbon Footprint Calculation Towards Sustainable Innovation in Intangible Assets». *Sustainability* 12, n.º 4 (21 de fevereiro de 2020): 1629. <https://doi.org/10.3390/su12041629>.

Lv, Hongpeng, Yang Sun, Shuwei Bai, Jirong Wang, e Junwei Ju. «Full Life Cycle Carbon Footprint Assessment of Circular Saw Blades Based on Design Feature Modelling». Em *2022 5th World Conference on Mechanical Engineering and Intelligent Manufacturing (WCMEIM)*, 1103–6. Ma'anshan, China: IEEE, 2022. <https://doi.org/10.1109/WCMEIM56910.2022.10021341>.

Mancini, Maria Serena, Alessandro Galli, Valentina Niccolucci, David Lin, Simone Bastianoni, Mathis Wackernagel, e Nadia Marchettini. «Ecological Footprint: Refining the Carbon Footprint Calculation». *Ecological Indicators* 61 (fevereiro de 2016): 390–403. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.09.040>.

Manzoli, Anderson. «Análise das emissões veiculares em trajetos urbanos curtos com localização por GPS». Doutorado em Infra-Estrutura de Transportes, Universidade de São Paulo, 2009. <https://doi.org/10.11606/T.18.2009.tde-26052009-170127>.

McAusland, Carol, e Nouri Najjar. «Carbon Footprint Taxes». *Environmental and Resource Economics* 61, n.º 1 (maio de 2015): 37–70. <https://doi.org/10.1007/s10640-013-9749-5>.

Nowarski, Joseph. «CO2 Emissions per Capita», 30 de outubro de 2022. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.7264405>.

Palangi, Sahar, e Hamid Zare-Abyaneh. «Impacts of Climate Change on PERMAFROST as a Threat to the Future of the Earth». Em 2017. <https://www.researchgate.net/publication/318672969>.

Priyadarshini, Rajashri, Indrayani Nishane, Nagesh Pokle, Ulfa Khwaja, e Chandan Dasgupta. «Carbon Warrior: A Game-Based Environment to Understand Carbon Footprint and Its Effect on Sustainable Living». Em *2021 International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT)*, 291–93. Tartu, Estonia: IEEE, 2021. <https://doi.org/10.1109/ICALT52272.2021.00094>.

Rapport, Ari, Conor Dennehy, e Nick Cindrich. «Carbon Emissions in a Typical New Production Home: A Case Study», 1 de fevereiro de 2023. <https://doi.org/10.2172/1959306>.

Scarborough, Peter, Paul N. Appleby, Anja Mizdrak, Adam D. M. Briggs, Ruth C. Travis, Kathryn E. Bradbury, e Timothy J. Key. «Dietary Greenhouse Gas Emissions of Meat-Eaters, Fish-Eaters, Vegetarians and Vegans in the UK». *Climatic Change* 125, n.º 2 (julho de 2014): 179–92. <https://doi.org/10.1007/s10584-014-1169-1>.

Simões, Sofia G, Paula Oliveira, e Filipa Amorim. «© LNEG, 2022 Como citar: Simoes, S.G., Oliveira, P., Amorim, F. (2022) Pegada de Carbono da Presidência da República Portuguesa. pp. 21. LNEG Nota Técnica, Amadora, Portugal.», sem data.

Skuza, Adriana, Emilia Szumska, e Rafał Jurecki. «Fuel Consumption and CO₂ Emission Analysis of Hybrid and Conventional Vehicles in Urban Conditions». *Combustion Engines*, 10 de agosto de 2023. <https://doi.org/10.19206/CE-169569>.

Suttakul, Pana, Thongchai Fongsamootr, Wongkot Wongsapai, Yuttana Mona, e Kittikun Poolsawat. «Energy Consumptions and CO₂ Emissions of Different Powertrains under Real-World Driving with Various Route Characteristics». *Energy Reports* 8 (novembro de 2022): 554–61. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2022.05.216>.

Turner, David, Ian Williams, Simon Kemp, Laurie Wright, Jon Coello, e Erin McMurtry. «Towards Standardization in GHG Quantification and Reporting». *Carbon Management* 3, n.º 3 (junho de 2012): 223–25. <https://doi.org/10.4155/cmt.12.26>.

Wang, Xuwei, Kaiwen Ji, e Tongping Xie. «AI Carbon Footprint Management with Multi-Agent Participation: A Tripartite Evolutionary Game Analysis Based on a Case in China». *Sustainability* 15, n.º 11 (2 de junho de 2023): 9013. <https://doi.org/10.3390/su15119013>.

Whitmarsh, Lorraine. «What’s in a Name? Commonalities and Differences in Public Understanding of “Climate Change” and “Global Warming”». *Public Understanding of Science* 18, n.º 4 (julho de 2009): 401–20. <https://doi.org/10.1177/0963662506073088>.

Wynes, Seth, e Kimberly A Nicholas. «The climate mitigation gap: education and government recommendations miss the most effective individual actions». *Environmental Research Letters* 12, n.º 7 (1 de julho de 2017): 074024. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa7541>.

Zhivkova, Stela. «SUSTAINABILITY AND THE REASONS FOR ITS ADOPTION IN THE COMPANIES». *Proceedings of CBU in Economics and Business* 3 (1 de dezembro de 2022): 75–80. <https://doi.org/10.12955/peb.v3.296>.

Carbotainer S.L. «A Study on the Reduction of the Carbon Footprint in the Use of Pressure Gas Cylinders». Em 2019. https://www.carbotainer.es/img/informe_tec_carbotainer300_2019.pdf

Danfoss. «The carbon footprint of potable water». Em 2021. <https://www.danfoss.com/en/about-danfoss/articles/dhs/the-carbon-footprint-of-potable-water/>

Eren Halit. «Impact of Technology on Environment». Em 2022. https://www.researchgate.net/publication/295223499_Impact_of_Technology_on_Environment

Spínola, H. "Environmental literacy comparison between students taught in Eco-schools and ordinary schools in the Madeira Island region of Portugal." Em 2015. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1074869.pdf>

Prefeitura de Maricá. «Calculo de Emissão de CO²». Em 2024. <https://www.marica.rj.gov.br/calculo-de-emissao-de-co%C2%B2/>

OnFly. «O que é a emissão de carbono em voos?». Em 2024. <https://www.onfly.com.br/blog/emissao-de-carbono-em-voos/>

Fatemah S. Abdulraheem et al., «Natural Filtration Unit for Removal of Heavy Metals from Water», *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 888, n.º 1 (1 de julho de 2020): 012034, <https://doi.org/10.1088/1757-899X/888/1/012034>.

Agata Angelika Sojecka e Aleksandra Drozd-Rzoska, «Global Population: From Super-Malthus Behavior to Doomsday Criticality», *Scientific Reports* 14, n.º 1 (29 de abril de 2024): 9853, <https://doi.org/10.1038/s41598-024-60589-3>.