

UNIVERSIDADE DE LISBOA  
FACULDADE DE CIÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA



## **Development of a Mobility as a Service Platform for a Data Analysis Algorithm**

Diogo João Guimarães Coimbra de Almeida Araújo

**Mestrado em Engenharia Informática**

Versão Pública

Trabalho de projeto orientado por:  
Prof. Doutor Paulo Jorge Cunha Vaz Dias Urbano

2024



## Acknowledgments

This work, and the time put into it, would not have been possible without the guidance of several individuals involved with the process throughout the year. Without their assistance, the project would not have reached the stage it is in today. It is my pleasure to thank those who made this a possibility.

I am thankful to the company, "Card4B - Systems S.A.", for providing me with the opportunity to conduct my project/thesis and for having me as one of their interns. I would like to thank Ana Rita Caçador for providing me with support and guidance throughout the project, which involved granting me access to multiple tools within the company and sharing her in-depth knowledge of matters related to the business world of which I was not aware. I would also like to show my gratitude to João Almeida for helping me organize my work and for keeping me on the right track during the project development. The added guidance assured me that the project remained steadfast in its completion and that its goals/objectives were kept within the boundaries of the thesis. I would also like to thank my supervisor Paulo Urbano, for having taken up this project with me and assisting me in my thesis. His help with writing the report and keeping the project consistent enabled me to become a much better scientist and writer, for which I am extremely grateful. A special thanks has to be given to my family, for keeping me motivated and consistent throughout my Master's. Without their unwavering support, I could not see myself undertaking this feat and I am extremely blessed for their continued encouragement.

This thesis has been a hard and compelling work which I am proud to present and for which all help given has greatly improved its culmination. It has shown me that I have much more to learn from my area and that it will take many more years to reach a more professional level. I would like to express my gratitude to all those who walked with me throughout this journey.



*Dedicatória.* Para a minha Família



# Resumo

A Mobilidade como Serviço (MaaS) é um setor que evolui constantemente. No seu estado atual, este tem tido muito estudo e trabalho investido com a criação de diversas empresas focadas na prestação de serviços de transporte ao utilizador (também conhecidas como fornecedoras de serviços). Entre estas, Portugal tem um mercado largamente inexplorado que está ocupado por algumas empresas nacionais, como a Pick Hub, e outras empresas internacionais, como o Movit. Estas têm integrado lentamente os seus serviços no panorama da mobilidade, sendo este um processo lento e difícil.

Uma destas é a “Card4B – Sistemas S.A.”, uma empresa nacional que está neste momento a criar um produto, o planeador de viagens (ou “travel planner”) neste mercado. Uma vez concluído o seu desenvolvimento, este teria de competir com estas empresas previamente estabelecidas e, ao mesmo tempo, resistindo os mesmos problemas que elas enfrentam. Por conta disso, foi pensado um fator diferenciador para diminuir estas preocupações. Este projeto serviria como esse fator, procurando servir como uma promoção aos fornecedores de transporte para o planeador de viagens. A sua criação distinguiria o planeador dos seus concorrentes e encorajaria outras empresas a aderir à sua utilização. Estas empresas, tanto nacionais como internacionais, beneficiariam do seu serviço, pois lhes seria dada uma melhor compreensão dos seus serviços. O planeador em si também teria uma vantagem, pois o aumento da quantidade de serviços teria mais opções e, portanto, atrairia mais utilizadores. Isto causaria um crescimento em termos de cobertura, serviços e dados globais obtidos, o que também beneficiaria o projeto.

O objetivo deste projeto é a criação de uma aplicação “web”, denominada como “Plataforma de Consulta”, onde os fornecedores de transporte e outras empresas de mobilidade possam perceber melhor os seus serviços. Isto seria feito por inteligência artificial (IA), mais especificamente por meio de um “unsupervised learning model” denominado como modelo de análise de dados (ou “data analysis model”), que obteria informações sobre os serviços dos clientes, iria compará-los com diversas métricas (como o crescimento diário de utilizadores, o número total de utilizadores e outras métricas) e iria criar um “rating” de como estes estão a trabalhar. O cliente poderia ver estes “ratings”, tal como descrições do motivo pelo qual foram escolhidas, que lhes iria ajudar a fazer decisões de negócios informadas. Isto teria de ser complementado com outros aspetos fundamentais, tal como a obtenção dos dados, denominados como métodos de coleção de dados (ou “data gathering methods”), e como estes são exibidos e guardados. Esta combinação permite aos utilizadores observar informações mais detalhadas sobre os seus serviços. Isto consiste em aspe-

tos básicos, como as rotas, áreas de serviço e paragens dos clientes, como também informações mais complicadas, como o número de utilizadores por serviço e as regiões onde menos compram-se determinadas subscrições/viagens. Os dados seriam obtidas a partir dos métodos de coleção de dados, onde alguns destes seriam passados para o modelo de análise de dados para obter os aspetos mais complexos da informação. Estas são relevantes para os serviços e são métricas (utilizadores, locais e períodos) que podem ser utilizadas para determinar a eficiência destes mesmos. Os exemplos incluem o número de utilizadores que utilizam um serviço por dia, a quantidade que comprou uma subscrição, as regiões em que foram utilizadas/compradas e o horário em que isso aconteceu.

De modo a cumprir este objetivo, o projeto foi separado em duas partes diferentes. A primeira parte foca-se no front-end da aplicação, sendo este a forma que os utilizadores da plataforma interagem com a sua informação e como este foi desenvolvido, e a segunda parte foca-se no back-end da aplicação, que representa como o servidor/aplicação modera a plataforma e a informação disponibilizada nela e como esta foi desenvolvida.

## **Desenvolvimento Front-End**

O desenvolvimento do front-end centrou-se maioritariamente na aplicação “web”, também conhecida como a plataforma de consulta. Esta representa a forma que os clientes interagem com os seus dados e visualizam/obtem informações relevantes sobre os seus serviços que possam ser utilizadas para decisões de negócio. Esta secção descreve como a sua criação e interações com outros aspetos do projeto.

O “design” da plataforma tomou em consideração as melhores práticas ([67]) e outros “designs” populares que influenciaram a sua criação. O seu principal objetivo mantém-se como a exibição de informações para a visualização dos seus utilizadores, consistindo principalmente em dados de trânsito e serviços. Este tipo de dados está diretamente associado às localizações e, portanto, é melhor visualizado por um mapa, pois é o método mais comum de visualização para este tipo. Como tal, a página principal foi considerada como um mapa interativo, que depois deu origem ao seu “design” inicial. Este está dividido em duas secções, sendo esta feita pelos dados básicos, provenientes dos ficheiros GTFS fornecidos pelas próprias empresas, e os dados complexos, recebidos do modelo de análise de dados. Os dados básicos são a fundação dos serviços dos clientes, representam as suas paradas e rotas e servem como base para toda a informação. Esta é exibida para que as informações complexas possam ser diretamente correlacionadas aos seus serviços. Desta forma, as empresas têm uma forma visualmente apelativa de visualizar a sua informação, que antes era enviada via um ficheiro GTFS), e, ao mesmo tempo, conseguem perceber a que o modelo refere-se sem necessitarem de ver várias páginas. Selecionar qualquer um dos serviços no mapa, seja através da visualização complexa ou básica, traz informações extras por uma descrição textual que muda dependendo do estado do mapa. Para melhorar a experiência do utilizador, foi adicionado um filtro ao mapa e uma forma de alternar de estado de visualização rapidamente.



## **Desenvolvimento Back-End**

O back-end do projeto foi desenvolvido tendo em consideração o seu objetivo final, sendo esta a comunicação eficaz dos dados entre todos os seus componentes. Estes são, por ordem do seu desenvolvimento, o sistema de gerir os dados, o servidor e o modelo de análise de dados. Durante estes, também criei cada um dos seus métodos de comunicação, permitindo a transferência das informações necessárias entre eles.

O servidor é o nosso principal componente e trata de todas as comunicações de informação como a sua parte central de operações. Conecta todos os outros componentes entre si e processa qualquer uma das informações para que se possam adequar melhor à solicitação feita, caso isso não seja feito pelo próprio componente. O sistema de gerir os dados, um dos outros componentes, contém todas as informações utilizadas na aplicação “web” e no modelo de dados. Quaisquer solicitações feitas a ele são para inserir/atualizar dados que ele contém ou obtê-los para poderem ser utilizados noutras partes. O modelo de análise de dados processa os dados deste sistema, e de outras fontes de dados, e analisa-os, enviado os resultados para outras partes para o seu uso. Estes recursos são utilizados em conjunto, sendo que cada interação do utilizador obtém uma resposta do servidor que a vai obter a um dos componentes.

### **Servidor**

O servidor, conforme especificado anteriormente, é o núcleo do back-end e a chave para entender como funciona a plataforma. Qualquer recurso, projetado tanto para front-end quanto para o back-end, tem uma função com o servidor onde pode interagir com qualquer uma das outras partes. Para o seu desenvolvimento, utilizei uma mistura de JavaScript e Shell “Scripts” com Node.js e Express.js. Estas eram as melhores formas de criar o código base para a sua utilização e para interagir com as solicitações do API que seriam recebidas.

### **Métodos de Coleção de Dados**

Considerados como parte do sistema de gerir os dados, os métodos de coleção de dados são como obtemos todos os dados para o projeto e representamos as suas fontes. Estes estão divididos nos possíveis APIs de empresas exteriores ao projeto, ou nos métodos externos. Estes não estão representados na versão atual do projeto, pois a sua implementação não está atualmente considerada, mas poderão ser adicionadas em versões futuras.

### **Sistema de Gerir Dados**

O sistema de gerir os dados pode ser dividido em duas partes principais, ambas usadas para armazenar as informações que o projeto requer. A primeira parte, a “staging database”, é uma medida temporária usada para armazenar dados. A segunda, e principal, parte é a “production database”. Para o seu desenvolvimento, usei o PostgreSQL, e a sua popular extensão geoespacial PostGIS,

como o meu principal sistema de gerir os dados devido à sua implementação de dados geoespaciais.

### **Modelo de Análise de Dados**

O modelo de análise de dados é o método criado, por este projeto, para apoiar quaisquer decisões de negócio relacionadas com os serviços dos nossos clientes. Isto é feito através da criação de um valor, classificado de 0 (pontuação baixa) a 5 (pontuação alta), que é associado a cada um dos serviços para lhes dar um rating. Este rating pode ser utilizada pelos utilizadores para ver quais áreas exigem mais trabalho e onde poderiam investir. Foi desenvolvido usando Python e alguns modelos de aprendizagem não supervisionados, como KMeans e Agglomerative Clustering, que foram implementados e testados com bibliotecas especializadas.

**Palavras-chave:** Mobilidade como um Serviço, Planeamento de Viagens, Colecionamento de Dados, Análise de Dados, Inteligência Artificial



## Abstract

This paper details the development of a project for my internship at "Card4B - Systems S.A.". It consists of the creation of a Mobility as a Service (MaaS) platform that uses the data obtained from a client company to display helpful information about their mobility services. This is done by using a data analysis model on several data sources, which are obtained through the data-gathering methods, to get a detailed analysis of where their services are succeeding or where they could be improved. It is then displayed through mostly visual means, with the assistance of text-based descriptions, to simplify the analysis for its users.

The web application, aptly named the Consultation Platform, aids the company's clients by analyzing a processed set of information. This is obtained by passing the data obtained directly from the clients, or through third-party sources, into the data analysis model to create an associated rating of their services. This rating is obtained by considering each relevant factor of the services, such as the number of payments, users, and trips, and aggregating each one based on its performance to each other. These are then divided into several groups which determine their final standing. Through the platform, clients would have access to easy data management as well as the possibility of using its analytical power to further their own business decisions. With this, the project aims to bring in more clients for the company and their associated travel planner.

**Keywords:** Mobility as a Service, Travel Planning, Data Gathering, Data Analysis, Artificial Intelligence





# Contents

<b>Acronyms</b>	<b>2</b>
<b>Bibliography</b>	<b>9</b>





# Acronyms

- AI: Artificial Intelligence;
- API: Application Programming Interface;
- APP: Application;
- AWS: Amazon Web Service;
- CRA: Create React App;
- EOF: End-of-Life;
- ETL: Extract, Transform, Load;
- gRPC: Google Remote Procedure Call;
- GTFS: General Transit Feed Specification;
- JS: JavaScript;
- MaaS: Mobility as a Service;
- MEAN: MongoDB, Express, Angular, Node;
- MERN: MongoDB, Express, React, Node;
- MUI: Material User Interface;
- OOP: Object Oriented Programming;
- ORM: Object-Relational Mapping;
- PWA: Progressive Web App;
- RAD: Rapid Application Development (Methodology);
- SDK: Software Development Kit;
- SQL: Structured Query Language;
- SSR: Server Side Rendering;
- UI: User Interface;



# Bibliography

- [1] Ihechikara Abba. What is an orm – the meaning of object relational mapping database tools. <https://www.freecodecamp.org/news/what-is-an-orm-the-meaning-of-object-relational-mapping-database-tools/>, 2022. (studied: 04.2024).
- [2] Volodymyr Agafonkin. Leaflet - website. <https://leafletjs.com/>, 2011. (studied: 03.2024).
- [3] Irvanu Rahman Akhmad Hidayatno and Salsabila Putri Styaningrum. Impact analysis of mobility as a service (maas) phenomenon on environmental and economic aspects in jakarta region using system dynamics approach. In *ICIBE'20*, Proceedings of the 6th International Conference on Industrial and Business Engineering, pages 107—112, New York, NY, USA, 2020. Association for Computing Machinery. (study was conducted in strictly urban environments).
- [4] AWS Amazon. Aws - website. <https://aws.amazon.com/>, 2024.
- [5] Aaron Antrim and Sean J. Barbeau. The many uses of gtfs data – opening the door to transit and multimodal applications. <http://www.locationaware.usf.edu/wp-content/uploads/2010/02/The-Many-Uses-of-GTFS-Data->
- [6] Create React App. Create react app - website. <https://create-react-app.dev/>, 2022. (studied: 03.2024).
- [7] Brightline. Brightline's website. <https://www.gobrightline.com/>, 2023. (studied: 10.2023).
- [8] Developed by Google (Open Source). Core concepts, architecture and lifecycle. <https://grpc.io/docs/what-is-grpc/core-concepts/>, 2022.
- [9] Developed by Google (Open Source). Google transit feed specification (gtfs). <https://gtfs.org/>, 2023. (studied: 10.2023).
- [10] Developed by Google (Open Source). grpc website. <https://grpc.io/>, 2023. (studied: 10.2023).
- [11] Provided by Mecatran (Open Source). Online gtfs validation service. <https://gtfsvtor.mecatran.com/>. (studied: 11.2023).

- [12] Oscar Contreras Carrasco. Gaussian mixture model explained. <https://builtin.com/articles/gaussian-mixture-model>, 2024. (studied: 03.2024).
- [13] Clerk. Clerk - website. <https://clerk.com/>, 2024. (studied: 01.2024).
- [14] Google Cloud. What is a cloud database? <https://cloud.google.com/learn/what-is-a-cloud-database>, 2024. (studied: 01.2024).
- [15] Google Cloud. What is unsupervised learning? <https://cloud.google.com/discover/what-is-unsupervised-learning?hl=en>, 2024. (studied: 05.2024).
- [16] csvkit. csvkit - csvcut command. <https://csvkit.readthedocs.io/en/latest/scripts/csvcut.html>, 2016. (studied: 02.2024).
- [17] Graham Currie. Lies, damned lies, avs, shared mobility, and urban transit futures. *Journal of Public Transportation*, 21(1):19–30, 2018.
- [18] DaisyUI. Daisyui - website. <https://daisyui.com/>, 2024. (studied: 03.2024).
- [19] Nicky Daly. What is a use case? <https://www.wrike.com/blog/what-is-a-use-case/>, 2022. (studied: 03.2024).
- [20] Luis V. Casaló Daniel Belanche and Miguel Guinalfú. Website usability, consumer satisfaction and the intention to use a website: The moderating effect of perceived risk. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 19(1):124–132, 2012.
- [21] Daniel J. Reck David A. Hensher, Chinh Q. Ho and Göran Smith. The sydney mobility as a service (maas) trial: Design, implementation, lessons and the future. <https://www.sydney.edu.au/business/our-research/institute-of-transport-and-logistics-studies/research-activity/projects/mobility-as-a-service-research.html>, 2021. (used as an example of MaaS application in urban areas).
- [22] Transportes Urbanos de Braga (TUB). Tub’s website. <https://tub.pt/>, 2024. (website from expected client TUB with information about their services).
- [23] Transportes Urbanos de Braga (TUB). Tub’s website - interactive map. <https://tub.pt/proximosautocarros//>, 2024. (expected client TUB and one of their services of an interactive map with their mobility services displayed).
- [24] Transportes Urbanos de Braga (TUB). Tub’s website - mission statement. <https://tub.pt/missao/>, 2024. (expected client TUB and their mission statement).
- [25] Material Design. Material design guidelines. <https://m2.material.io/design/guidelines-overview>, 2024. (studied: 03.2024).

- [26] Comunidade Intermunicipal do Ave (CIM AVE). Comunidade intermunicipal do ave - interactive map. <https://avemobilidade.pt/network>, 2024. (interactive map developed and offered by Ave Mobilidade, one of the expected project clients).
- [27] Gilles Duranton and Matthew A. Turner. Urban Growth and Transportation. *The Review of Economic Studies*, 79(4):1407–1440, 03 2012.
- [28] ElephantSQL. Elephantsql - website. <https://www.elephantsql.com/>, 2023. (studied: 11.2023).
- [29] Jeffrey Erickson. What is the mern stack? guide examples. <https://www.oracle.com/cis/database/mern-stack/>, 2024. (studied: 05.2024).
- [30] Frauke Behrendt Eriketti Servou and Maja Horst. Data, ai and governance in maas – leading to sustainable mobility? *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 19:100806, 2023.
- [31] The OpenJS Foundation. Node.js - website. <https://nodejs.org/en>, 2009. (studied: 11.2023).
- [32] Gatsby. Gatsby - website. <https://www.gatsbyjs.com/>, 2015. (studied: 03.2024).
- [33] React Leaflet (Github). React leaflet - website. <https://react-leaflet.js.org/>, 2023. (studied: 03.2024).
- [34] GraphQL. Graphql - website. <https://graphql.org/>, 2015.
- [35] PostgreSQL Global Development Group. Postgresql - website. <https://www.postgresql.org/>, 1996. (studied: 03.2024).
- [36] Lokesh Gupta. Rest api tutorial. <https://restfulapi.net/>, 2023. (studied: 11.2023).
- [37] Taha Hacha. Exploitation of maas data for city planning. In *2022 IEEE 7th International Conference on Intelligent Transportation Engineering (ICITE)*, pages 20–24, 2022.
- [38] Hevo. Hevo data - website. <https://hevodata.com/>, 2024. (studied: 04.2024).
- [39] Chinh Q. Ho and Alejandro Tirachini. Mobility-as-a-service and the role of multimodality in the sustainability of urban mobility in developing and developed countries. *Transport Policy*, 145:161–176, 2024. (study was conducted in strictly urban environments).
- [40] IBM. What is an autoencoder? <https://www.ibm.com/topics/autoencoder>, 2024. (studied: 06.2024).
- [41] IBM. What is deep learning? <https://www.ibm.com/topics/deep-learning>, 2024. (studied: 06.2024).
- [42] IMSL. What is a regression model? <https://www.imsl.com/blog/what-is-regression-model>, 2021. (studied: 05.2024).

- [43] Figma Inc. Figma - website. <https://www.figma.com/>, 2016. (studied: 02.2024).
- [44] Iomob. Iomob's website. <https://www.iomob.net/>, 2022. (studied: 10.2023).
- [45] Iomob. Iomob's api documentation. <https://docs.sandbox.iomob.net/>, 2024. (studied from the start of the project until: 07.2024. Requires account for visualization).
- [46] Jelbi. Jelbi's website. <https://www.jelbi.de/en/home/>. (studied: 10.2023).
- [47] Peraphan Jittrapiroma, Valeria Caiati, Anna Maria Feneri, Shima Ebrahimigharehbaghi, María J. Alonso-González, and Jishnu Narayan. Mobility as a service: A critical review of definitions, assessments of schemes, and key challenges. *Urban Planning*, 2(2):13–25, 2017.
- [48] Christina Kopecky. What is node.js? <https://www.educative.io/blog/what-is-nodejs>, 2023. (studied: 11.2023).
- [49] Yanying Li and Tom Voegelé. Mobility as a service (maas): Challenges of implementation and policy required. *Journal of Transportation Technologies*, 7:95–106, 2017.
- [50] LNER. Lner's website. <https://www.lner.co.uk/>. (studied: 10.2023).
- [51] Mapbox. Mapbox gl js. <https://docs.mapbox.com/mapbox-gl-js/guides/>, 2024. (studied: 01.2024).
- [52] Mobileye. Pick by ubirider. <https://www.pick.ubirider.com>, 2023. (studied: 10.2023).
- [53] Ave Mobilidade. Ave mobilidade - website. <https://avemobilidade.pt/home>, 2024. (website of Ave Mobilidade, one of the expected project clients).
- [54] MongoDB. Mongodb - website. <https://www.mongodb.com/>, 2009. (studied: 12.2023).
- [55] MongoDB. Mongodb - geospatial queries. <https://www.mongodb.com/docs/manual/geospatial-queries/>, 2024. (studied: 02.2024).
- [56] Moovit. Moovit's website. <https://moovit.com/features/>, 2023. (studied: 10.2023).
- [57] MUI. Material ui - website. <https://mui.com/material-ui/>, 2024. (studied: 03.2024).
- [58] MySQL. Mysql - website. <https://www.mysql.com/>, 1995. (studied: 03.2024).
- [59] Data Nova. Agglomerative hierarchical clustering. <https://www.datanovia.com/en/lessons/agglomerative-hierarchical-clustering/>, 2024. (studied: 05.2024).
- [60] NPM. Sequelize - npm package. <https://www.npmjs.com/package/sequelize>, 2024. (studied: 03.2024).

- [61] Openkey. Openkey - website. <https://www.openkey.co/>, 2023. (studied: 01.2024).
- [62] OpenLayers. Openlayers - website. <https://openlayers.org/>, 2006. (studied: 01.2024).
- [63] Soora Rasouli Pim Labee and Feixiong Liao. The implications of mobility as a service for urban emissions. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 102:103–128, 2022. (study was conducted in strictly urban environments).
- [64] Postman. Api platform. <https://www.postman.com/api-platform/>, 2023. (studied: 11.2023).
- [65] Postman. What is postman? <https://www.postman.com/product/what-is-postman/>, 2023. (studied: 11.2023).
- [66] Profit.co. What is decision-making? why is it important for business success? <https://www.profit.co/blog/behavioral-economics/what-is-decision-making-why-is-it-important-for-business-success/>, 2024. (studied: 04.2024).
- [67] Ly Zhang Renee Garrett, Jason Chiu and Sean D. Young. A literature review: Website design and user engagement. *Online journal of communication and media technologies*, 6(3):1–14, 2016.
- [68] Renfe. Renfe’s website. <https://www.renfe.com/es/en>. (studied: 10.2023).
- [69] Refrations Research. Postgis - wikipedia. <https://postgis.net/>, 2024. (studied: 04.2024).
- [70] Card4B Systems S.A. Card4b’s website. <https://www.card4b.pt/>, 2023. (company where I am conducting this thesis and my Internship).
- [71] Card4B Systems S.A. Card4b’s website - 4ticketing. [https://www.card4b.pt/projects/4ticketing-mobility\\_suite.html](https://www.card4b.pt/projects/4ticketing-mobility_suite.html), 2024. (*Card4B’s ticketingsolution – 4TICKETING*).
- [72] Card4B Systems S.A. Card4b’s website - about us. <https://www.card4b.pt/about.html>, 2024. (extra information about Card4B, the company where I am conducting this thesis and my Internship).
- [73] Card4B Systems S.A. Card4b’s website - customers. <https://www.card4b.pt/customers.html>, 2024. (Card4B’s list of customers).
- [74] Card4B Systems S.A. Card4b’s website - partners. <https://www.card4b.pt/partners.html>, 2024. (Card4B’s list of partners).
- [75] Sequelize. Sequelize - website. <https://sequelize.org/>, 2024. (studied: 12.2023).
- [76] Marcos Sierra. La aplicación de renfe no despegó: busca socios desesperadamente. [https://www.vozpopuli.com/economia\\_y\\_finanzas/app\\_-\\_renfe\\_-\\_socios.html](https://www.vozpopuli.com/economia_y_finanzas/app_-_renfe_-_socios.html), 2023. (*spanish article detailing where, and how, Renfe’s app failed*).

- [77] Socket.IO. Socket.io - website. <https://socket.io/>, 2023. (studied: 11.2023).
- [78] StrongLoop. Express.js - website. <https://expressjs.com/>, 2023. (studied: 05.2024).
- [79] TailwindCSS. Tailwindcss - website. <https://tailwindcss.com/>, 2024. (studied: 03.2024).
- [80] Adobe Communication Team. Waterfall methodology: A complete guide. <https://business.adobe.com/blog/basics/waterfallwhat-is-the-waterfall-methodology>, 2022. (studied: 05.2024).
- [81] Bootstrap Team. Bootstrap's website. <https://getbootstrap.com/>, 2023. (studied: 12.2023).
- [82] Iomob Technology. Iomob's website - technology. <https://www.iomob.net/technology/>, 2022. (studied: 10.2023).
- [83] Google Transit. Google transit feed specification (gtfs) overview. <https://developers.google.com/transit/gtfs/examples/overview>, 2022. (studied: 10.2023).
- [84] Google Transit. Google transit feed specification (gtfs) realtime overview. <https://developers.google.com/transit/gtfs-realtime>, 2022. (studied: 10.2023).
- [85] Google Transit. Google transit feed specification (gtfs) static overview. <https://developers.google.com/transit/gtfs>, 2022. (studied: 10.2023).
- [86] Vercel. Next.js - website. <https://nextjs.org/>, 2016. (studied: 04.2024).
- [87] Haoran Zhang Wen-Long Shang and Yi Sui. Chapter 7 - data mining technologies for mobility-as-a-service (maas). In Xuan Song Haoran Zhang and Ryosuke Shibasaki, editors, *Big Data and Mobility as a Service*, volume 145, pages 203–228. Elsevier, 2022.
- [88] Nate Wessel and Steven Farber. On the accuracy of schedule-based gtfs for measuring accessibility. *Journal of Transport and Land Use*, 12(1):475–500, 2019.
- [89] Wikipedia. Websocket - wikipedia. <https://en.wikipedia.org/wiki/WebSocket>, 2011. (studied: 03.2024).
- [90] Wikipedia. Autoencoder - wikipedia. <https://en.wikipedia.org/wiki/Autoencoder>, 2024. (studied: 06.2024).
- [91] Wikipedia). Comunidade intermunicipal do ave - wikipedia. [https://en.wikipedia.org/wiki/Ave\(inter municipal\\_community\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Ave(inter municipal_community)), 2024. (*wikipedia page of the Comunidade Inter*
- [92] Wikipedia. Elephantsql - website. [https://en.wikipedia.org/wiki/Unsupervised\\_learning](https://en.wikipedia.org/wiki/Unsupervised_learning), 2024. (studied : 05.2024).
- [93] Wikipedia. Express.js - wikipedia. <https://en.wikipedia.org/wiki/Express.js>, 2024. (studied: 05.2024).



- [94] Wikipedia. Figma - wikipedia. <https://en.wikipedia.org/wiki/Figma>, 2024. (studied: 02.2024).
- [95] Wikipedia. Kmeans - wikipedia. [https://en.wikipedia.org/wiki/K-means<sub>clustering</sub>](https://en.wikipedia.org/wiki/K-means_clustering), 2024. (*studied* : 05.2024).
- [96] Wikipedia. Leaflet - wikipedia. [https://en.wikipedia.org/wiki/Leaflet<sub>\(software\)</sub>](https://en.wikipedia.org/wiki/Leaflet_(software)), 2024. (*studied* : 03.2024).
- [97] Wikipedia. Mongodb - wikipedia. <https://en.wikipedia.org/wiki/MongoDB>, 2024. (studied: 12.2023).
- [98] Wikipedia. Mysql - wikipedia. <https://en.wikipedia.org/wiki/MySQL>, 2024. (studied: 03.2024).
- [99] Wikipedia. Next.js - wikipedia. <https://en.wikipedia.org/wiki/Next.js>, 2024. (studied: 04.2024).
- [100] Wikipedia. Node.js - wikipedia. <https://en.wikipedia.org/wiki/Node.js>, 2024. (studied: 11.2023).
- [101] Wikipedia. Postgresql - wikipedia. <https://en.wikipedia.org/wiki/PostgreSQL>, 2024. (studied: 03.2024).
- [102] Wikipedia. Regression analysis - wikipedia. [https://en.wikipedia.org/wiki/Regression<sub>a</sub>nal<sub>ysis</sub>](https://en.wikipedia.org/wiki/Regression_analysis), 2024. (*studied* : 05.2024).
- [103] Wikipedia. Silhouette clustering - wikipedia. [https://en.wikipedia.org/wiki/Silhouette<sub>\(clustering\)</sub>](https://en.wikipedia.org/wiki/Silhouette_(clustering)), 2024. (*studied* : 05.2024).
- [104] Wikipedia. Socket.io - wikipedia. <https://en.wikipedia.org/wiki/Socket.IO>, 2024. (studied: 11.2023).