



Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Mestrado em Engenharia Informática

Sensorização e Ambiente

Ano lectivo 2023/2024

Sistema de monitorização de trabalhadores

Grupo 8

Miguel Silva Pinto, PG54105

Orlando José da Cunha Palmeira, PG54123

Pedro Miguel Castilho Martins, PG54146

Braga, 10 de Maio de 2024

S
A
Ω

Índice

1	Introdução	1
1.1	Contextualização	1
1.2	Principais objectivos	1
2	Arquitectura do sistema	2
3	Recolha de dados	3
3.1	Monitorização de trabalhadores que se deslocam a pé	4
3.1.1	Sensores e ambiente	5
3.1.2	Coleccionador de dados	5
3.2	Monitorização de trabalhadores que se deslocam em veículos	6
3.2.1	Sensores e ambiente	7
3.2.2	Coleccionador de dados	7
4	Exploração e visualização de dados	7
4.1	Descrição dos dados armazenados	7
4.2	Tratamento dos dados	8
4.2.1	Processamento de dados no servidor (Rota GET /work_time)	9
4.2.2	Processamento de dados no servidor (Rota GET /positions)	10
4.3	Técnicas de visualização de dados	11
4.3.1	Velocidade de deslocação	11
4.3.2	Posições percorridas	13
4.3.3	Tempo de trabalho por trabalhador	15
4.3.4	Comparação de trabalhadores	19
5	Aplicação móvel	23
6	Aplicação do administrador	27
7	Possível modelo de negócio	30
8	Conclusão e trabalho futuro	31
8.1	Resultados obtidos e análise crítica	31
8.2	Trabalho futuro	31

Índice de figuras

2.1	Arquitectura do sistema	3
3.1	Monitorização de trabalhadores que se deslocam a pé	4
3.2	Monitorização de trabalhadores que se deslocam em veículos	6
4.1	Página de velocidade de deslocação	12
4.2	Novos campos criados	13
4.3	Filtro aplicado à página	13
4.4	<i>Heat map</i> de concentração de registos de localização	14
4.5	<i>Bubble map</i> de percurso	14
4.6	Página “posições percorridas”	15
4.7	Filtro aplicado à página	15
4.8	<i>Line chart</i> do tempo total de trabalho	16
4.9	<i>Donut chart</i> da percentagem de tempo de trabalho em cada dia da semana	17
4.10	<i>Stacked column chart</i> do tempo total de trabalho	17
4.11	Página de tempo de trabalho por trabalhador	18
4.12	Novo campo criado	19
4.13	Tabela de tempo de trabalho total	19
4.14	Tabela de tempo médio de trabalho	20
4.15	<i>Line chart</i> do tempo total de trabalho de cada trabalhador	20
4.16	<i>Donut chart</i> do tempo médio de trabalho de cada trabalhador	21
4.17	Página de comparação de trabalhadores	22
5.1	Interacções do trabalhador com a aplicação móvel	23
5.2	Acção de login	23
5.3	Os quatro diferentes estados da monitorização de trabalhadores que se deslocam a pé	24
5.4	Os dois diferentes estados da monitorização de trabalhadores que se deslocam em veículos	25
5.5	Mapa da aplicação	26
5.6	Histórico do trabalhador	26
6.1	Interacções do administrador com a aplicação	27
6.2	Página de <i>login</i>	27
6.3	Página de visualização de dados	28
6.4	Registo de geovedações	28
6.5	Eliminação de geovedações	29

Índice de tabelas

3.1	Quantidade de dados recolhidos por participante (monitorização de deslocação a pé)	4
3.2	Quantidade de dados recolhidos por participante (monitorização de deslocação em veículos)	4
4.1	Descrição dos dados da colecção <i>positions</i>	8
4.2	Descrição dos dados da colecção <i>work_time</i>	8
4.3	Descrição dos dados da colecção <i>geofences</i>	8
4.4	Formato dos dados processados na rota GET <i>/work_time</i>	10
4.5	Formato dos dados processados na rota GET <i>/positions</i>	11

1 Introdução

Este relatório foi desenvolvido no âmbito do projecto prático da unidade curricular de Sensorização e Ambiente, onde o objectivo principal consiste na implementação de colecionadores de dados aplicados a sensores (físicos ou virtuais) com vista à resolução de problemas, seguida da exploração e visualização dos dados recolhidos pelos colecionadores.

O sistema implementado consiste numa solução móvel de monitorização de trabalhadores que utiliza geovedações, GPS e sensores de movimento integrados nos dispositivos dos utilizadores.

A aplicação móvel instalada nos dispositivos dos trabalhadores possui dois modos de monitorização: um para trabalhadores que se deslocam a pé e outro para trabalhadores que se deslocam em veículos automóveis. No modo de monitorização para trabalhadores que se deslocam a pé, a aplicação verifica continuamente a localização geográfica através do GPS e monitoriza o movimento do dispositivo utilizando o acelerómetro. Através da definição de geovedações, o sistema determina se o trabalhador está dentro da área designada para trabalho. Simultaneamente, o sistema analisa o movimento do dispositivo para confirmar a actividade laboral. Quando todas as condições são confirmadas - localização dentro da geovedação e movimento do dispositivo - o sistema contabiliza o tempo de trabalho do trabalhador.

Já no modo de monitorização para trabalhadores que se deslocam em veículos automóveis, a monitorização consiste apenas na localização GPS e na contagem de tempo da viagem de trabalho.

Para a visualização de dados, utilizamos um *report* do *Google Looker Studio* que obtém os dados da base de dados através de um servidor *web* que os processa e devolve devidamente formatados para serem visualizados.

1.1 Contextualização

A produtividade no trabalho pode ser afectada por vários factores, desde distrações até à falta de motivação. Por vezes, os trabalhadores podem também ter pouca noção do seu desempenho laboral ao longo do dia, o que pode levar a uma queda na sua eficiência.

Neste sentido, um sistema de monitorização da actividade laboral presente nos *smartphones* utilizados pelos trabalhadores pode desempenhar um papel crucial. Ao permitir que os trabalhadores acompanhem o seu desempenho, um sistema deste tipo pode promover uma maior consciencialização no trabalhador, podendo melhorar o seu sentido de responsabilidade, levando ao aumento da sua produtividade.

Em suma, um sistema de monitorização da actividade laboral pode ser uma ferramenta valiosa para uma entidade patronal para promover a aumentar a produtividade dos trabalhadores, ao proporcionar um maior controlo e acompanhamento do seu desempenho.

1.2 Principais objectivos

Para além da consolidação de conhecimentos na área da sensorização que pretendemos adquirir com este projecto, pretendemos cumprir os seguintes objectivos:

- Implementar um sistema que tire partido das potencialidades dos sensores com vista à obtenção de dados sobre a actividade de trabalhadores.
- Garantir que a interface de utilização da aplicação por parte dos funcionários seja simples, por forma a que estes consigam utilizar a aplicação sem ajuda de terceiros.
- Desenvolver um ambiente de visualização de dados que permita à entidade patronal obter informações sobre o desempenho geral dos seus funcionários.
- Delinear um possível modelo de negócio para o sistema em desenvolvimento, com especial destaque à identificação dos potenciais clientes, parcerias e estratégia de monetização.

2 Arquitectura do sistema

O sistema de monitorização dos trabalhadores é composto por três componentes principais: o coleccionador de dados (aplicação) presente no dispositivo do trabalhador, um servidor *web* que fornece algumas funcionalidades essenciais do sistema e a base de dados (*Firebase*) onde todos os dados coleccionados são armazenados. Para além destes, também existe o serviço de autenticação Google fornecido pelo *Firebase authentication* e o serviço de visualização de dados *Google Looker Studio*.

O funcionamento do sistema inicia com a activação da monitorização da aplicação por parte do trabalhador. No caso de trabalhadores que se deslocam a pé, a monitorização irá verificar continuamente duas condições: se o telemóvel detecta movimento (com o acelerómetro) e se a localização GPS se encontra dentro de uma geovedação entre um conjunto de geovedações predefinidas por um administrador. Enquanto estas duas condições forem satisfeitas, o dispositivo do trabalhador irá incrementar o tempo de trabalho. No caso da monitorização para trabalhadores que se deslocam em veículos, o sistema verifica continuamente a localização do trabalhador e incrementa o tempo de trabalho enquanto a monitorização está activa.

Em ambos os tipos de monitorização, a localização é registada na base de dados em cada actualização da posição do trabalhador. Relativamente ao registo de tempo de trabalho, este registo apenas é enviado no momento em que o trabalhador desliga a monitorização.

É importante referir que a aplicação exige autenticação (*Firebase authentication*) e essa autenticação é utilizada para realizar as escritas e as leituras na base de dados.

Em seguida, temos a utilização do sistema por parte do administrador/gestor. O administrador terá acesso a uma aplicação web que lhe fornece a visualização de dados (fornecida pelo *Google Looker Studio*) resultante da monitorização feita nos telemóveis utilizados pelos trabalhadores bem como uma página onde pode ser realizada a gestão (eliminação e criação) de geovedações que representam as áreas de trabalho. O servidor web utilizado no sistema foi construído com recurso à *framework* Flask e está hospedado na *cloud* no serviço *Pythonanywhere*. Este servidor fornece ao administrador não apenas a aplicação que lhe permite visualizar os dados e gerir as geovedações, mas também serve como um meio para o *report* do *Looker studio* ter acesso aos dados retidos na base de dados do *Firebase*. Desta forma evita-

mos a necessidade de estar sempre a gerar ficheiros CSV (ou noutro formato) e submetê-los para o *Looker Studio*. As funcionalidades do administrador na aplicação web também estão protegidas por autenticação. Neste caso, o servidor contém um conjunto de credenciais que dão acesso às funcionalidades. Quando o administrador efectua o *login*, o servidor fornece-lhe um *token* (gerado com a ferramenta *JSON Web Token - JWT*) que será utilizado nas diversas funcionalidades da aplicação web.

Para se ter uma noção mais visual de toda a arquitectura descrita anteriormente, elaborou-se o seguinte diagrama:

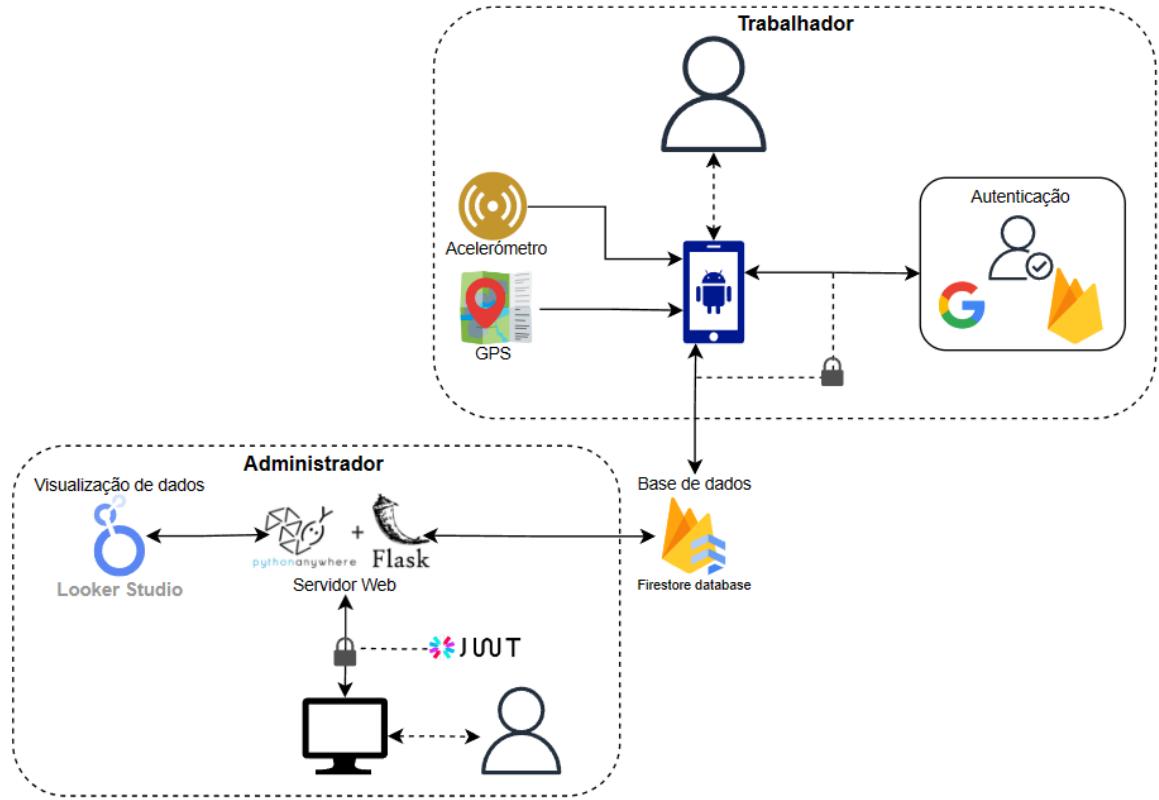


Figura 2.1: Arquitectura do sistema

3 Recolha de dados

Como já foi referido anteriormente, a recolha de dados na aplicação móvel é diferente consoante o tipo de ofício exercido pelo trabalhador (trabalhador que se descola a pé ou em veículos).

De modo a testar o funcionamento do sistema implementado, foram monitorizadas quatro pessoas (os elementos do grupo de trabalho e um membro familiar de um dos elementos) desde dia 20 de Abril até ao dia 8 de Maio de 2024 que utilizaram os dois diferentes modos de

monitorização. É importante referir que não houve monitorizações todos os dias durante esse período.

Na tabela seguinte encontra-se a quantidade de dados recolhida durante o período mencionado para cada um dos elementos que participou na monitorização:

Participante	Posições geográficas	Registo de tempo de trabalho
Miguel Pinto	2023	1
Orlando Palmeira	8124	83
Pedro Martins	3	0
Familiar	2306	4

Tabela 3.1: Quantidade de dados recolhidos por participante (monitorização de deslocação a pé)

Participante	Posições geográficas	Registo de tempo de trabalho
Miguel Pinto	2153	3
Orlando Palmeira	3828	12
Pedro Martins	11923	4
Familiar	61	1

Tabela 3.2: Quantidade de dados recolhidos por participante (monitorização de deslocação em veículos)

3.1 Monitorização de trabalhadores que se deslocam a pé

Esta monitorização tem o objectivo de permitir obter dados sobre o desempenho de trabalhadores que são designados para executar tarefas em áreas geográficas específicas (por exemplo, funcionários que realizam limpeza ou manutenção de ruas e espaços públicos). Nesta monitorização é possível saber os locais onde o trabalhador esteve, bem como o tempo trabalhado por ele. O tempo de trabalho é contabilizado ao cumprir duas condições: (i) o trabalhador está na área (geovigilância) designada para o trabalho e (ii) o telemóvel está em movimento confirmando a actividade laboral do trabalhador.



Figura 3.1: Monitorização de trabalhadores que se deslocam a pé

Na figura acima está apresentada a interacção que o trabalhador tem com a aplicação de monitorização. Esta interacção é bastante simples, onde o utilizador apenas liga ou desliga a monitorização e utiliza o telemóvel para detectar os movimentos e registar a sua localização.

3.1.1 Sensores e ambiente

Os sensores aos quais recorremos para fazer esta monitorização são o acelerómetro e o GPS. O acelerómetro é um sensor físico que permite medir a aceleração que o dispositivo está a sofrer em relação a uma determinada direcção. Ele pode detectar movimentos como inclinação, rotação e vibração. Já o GPS é um sensor virtual que funciona através de uma rede de satélites que transmitem sinais para receptores GPS do telemóvel. O GPS calcula a posição com base na medição do tempo que leva para os sinais dos satélites chegarem ao dispositivo.

Relativamente ao ambiente, o coleccionador irá actuar no telemóvel que será transportado pelo trabalhador. O telemóvel deverá ser colocado numa zona do corpo que lhe permita detectar adequadamente as movimentações do trabalhador de acordo com a tarefa específica que irá realizar (por exemplo, um funcionário da câmara que faz o corte de ramos de árvores na cidade deverá ter o telemóvel colocado no braço com um suporte adequado).

3.1.2 Coleccionador de dados

O coleccionador de dados da actividade laboral consiste numa aplicação construída em Java e feita para funcionar em dispositivos com sistema Android.

Relativamente ao seu funcionamento, quando o utilizador inicia a aplicação de monitorização, esta recebe imediatamente um conjunto de geovedações (vindas da base de dados) que indicam as áreas de trabalho onde o trabalhador deve actuar. Em seguida, quando o utilizador liga a monitorização, o telemóvel irá começar a verificar se a localização se encontra dentro de uma das geovedações recebidas e irá verificar os movimentos através dos valores obtidos pelo acelerómetro.

Para verificar a presença do trabalhador dentro da geovedação, o aplicação de monitorização efectua o seguinte cálculo a cada actualização da localização:

Algorithm 1 Verificação da localização dentro da geovedação

```
1: function ISINSIDE(newLocation, geofence)
2:   if distance(geofence.center, newLocation)  $\leq$  geofence.radius then
3:     return true
4:   else
5:     return false
6:   end if
7: end function
```

Para verificar se o dispositivo se encontra em movimento, utilizá-mos as coordenadas *X*, *Y* e *Z* obtidas pelo acelerómetro no seguinte cálculo:

Durante o funcionamento da aplicação será feita uma verificação persistente das condições explicadas acima. Enquanto essas duas condições forem verdadeiras, a aplicação incrementa o tempo de trabalho do trabalhador. Caso uma das condições falhe, a aplicação pára de incrementar. Para além disso, durante o funcionamento, a aplicação envia para a base de dados a localização do trabalhador sempre que há uma actualização da mesma. Relativamente ao tempo de trabalho, este é apenas enviado para a base de dados quando o utilizador desliga a monitorização.

Algorithm 2 Verificação do movimento do telemóvel

```
1: function ISMOVING( $x_{acc}, y_{acc}, z_{acc}$ )
2:    $x' \leftarrow x_{acc} - x_{old}$ 
3:    $y' \leftarrow y_{acc} - y_{old}$ 
4:    $z' \leftarrow z_{acc} - z_{old}$ 
5:    $motion \leftarrow \sqrt{x'^2 + y'^2 + z'^2}$ 
6:   if  $motion \geq 0.75$  then
7:     return true
8:   else
9:     return false
10:  end if
11: end function
```

É importante referir que a aplicação deve continuar a monitorizar o trabalhador mesmo que este desligue o ecrã do telemóvel ou saia da aplicação. Para evitar que o processo de monitorização seja interrompido pelo sistema operativo nesses casos, a monitorização é realizada num *foreground service* que permite que a monitorização prossiga normalmente mesmo que o utilizador desligue o ecrã ou saia da aplicação.

3.2 Monitorização de trabalhadores que se deslocam em veículos

Esta monitorização tem como objectivo permitir obter dados sobre as viagens realizadas por funcionários cujas tarefas envolvem a condução de veículos (por exemplo, funcionários dos correios que entregam encomendas). Desta forma, pode obter-se informações acerca da rentabilidade dos trajectos percorridos pelo trabalhador de forma a ajustá-los para reduzir custos ou ineficiência operacional (por exemplo, evitar trajectos com muito trânsito). Nesta monitorização a aplicação regista as localizações do utilizador no trajecto e contabiliza o tempo de duração da viagem.



Figura 3.2: Monitorização de trabalhadores que se deslocam em veículos

Na figura acima está apresentada a interacção que o trabalhador tem com a aplicação de monitorização. Tal como no caso anterior, a interacção é bastante simples, onde o utilizador apenas liga ou desliga a monitorização.

3.2.1 Sensores e ambiente

Para esta monitorização recorremos apenas à utilização de GPS para obter as localizações onde o trabalhador esteve.

Relativamente ao ambiente, o coleccionador irá actuar no telemóvel que será transportado pelo trabalhador. O telemóvel deverá ser colocado dentro do veículo que o trabalhador irá conduzir.

3.2.2 Coleccionador de dados

O coleccionador de dados é a aplicação Android que já foi abordada anteriormente. No caso da monitorização em veículos, quando o utilizador inicia a monitorização, o telemóvel inicia de imediato a contagem de tempo e o registo da localização do trabalhador na base de dados. Tal como na monitorização de trabalhadores que se deslocam a pé, esta monitorização regista a localização na base de dados sempre que há uma actualização à localização e envia apenas o registo de tempo de trabalho quando o utilizador desliga a monitorização.

Esta monitorização também foi implementada num *foreground service* para impedir que o sistema operativo a interrompa inadvertidamente.

4 Exploração e visualização de dados

Nesta secção iremos abordar os dados que foram recolhidos, como os processamos e quais as técnicas de visualização que aplicamos sobre eles. Os dados de monitorização da actividade dos trabalhadores estão colocados em duas colecções na base de dados: *positions* e *work_time*. A primeira possui as localizações geográficas dos trabalhadores e a outra possui os registos de tempo de trabalho.

Para além dos dados de monitorização, a base de dados tem ainda outra colecção para armazenar as geovedações (colecção *geofences*).

4.1 Descrição dos dados armazenados

As colecções referidas armazenam documentos com os formatos apresentados nas tabelas seguintes.

Nome do campo	Tipo	Descrição
idTrabalhador	String	Identificador único do trabalhador
latitude	Float	Latitude da localização geográfica
longitude	Float	Longitude da localização geográfica
timestamp	String	Data e hora em que esta localização foi registada.
tipoTrabalho	String	Indica se esta localização é originária de uma monitorização de deslocação a pé ou em veículo
username	String	Nome do trabalhador
viagemID	String	Identificador da viagem (apenas para o caso da monitorização de trabalho em veículos)

Tabela 4.1: Descrição dos dados da colecção *positions*

Nome do campo	Tipo	Descrição
data	String	Data e hora em que o registo de tempo de trabalho foi armazenado
idTrabalhador	String	Identificador único do trabalhador
segundosDeTrabalho	Long	Tempo de trabalho contabilizado em segundos
tipoTrabalho	String	Indica se este registo é originário de uma monitorização de deslocação a pé ou em veículo
username	String	Nome do trabalhador
viagemID	String	Identificador da viagem (apenas para o caso da monitorização de trabalho em veículos)

Tabela 4.2: Descrição dos dados da colecção *work_time*

Nome do campo	Tipo	Descrição
latitude	Float	Latitude do centro da geovedação
longitude	Float	Longitude do centro da geovedação
name	String	Nome da geovedação
radius	Float	Raio da geovedação

Tabela 4.3: Descrição dos dados da colecção *geofences*

4.2 Tratamento dos dados

Conforme foi referido na secção “Arquitectura do sistema”, utilizamos o *Looker studio* como ferramenta de visualização de dados, que recebe os dados a partir de um servidor web que está conectado à base de dados do Firestore. Para os dados serem devidamente visualizados quando são apresentados ao utilizador (administrador), estes necessitam de algum tratamento, o qual iremos descrever a seguir.

O servidor web fornece ao *Looker studio* duas rotas HTTP: **GET /work_time** e **GET /positions**, em que ambas respondem com os dados em formato JSON. Para receber os dados e convertê-los de maneira a poderem ser utilizados no *Looker studio*, recorremos ao conector “JSON”, fornecido pela Windsor.ai.

Os dados recebem tratamento tanto no servidor como no *Looker studio* e iremos descrever qual o tratamento efectuado em cada um desses componentes. No entanto, a explicação do

tratamento de dados feito no *Looker studio* será feita na secção sobre as técnicas de visualização, pois o contexto é mais adequado.

4.2.1 Processamento de dados no servidor (Rota GET /work_time)

Na resposta a uma solicitação na rota GET /work_time, o servidor realiza as seguintes etapas de tratamento dos registo da colecção *work_time*:

1. Os registo são agrupados pelo id do trabalhador (campo “idTrabalhador”), isto é, os dados são separados em “blocos”, em que cada bloco contém registo relativos ao mesmo trabalhador.
2. Em seguida, os blocos mencionados na etapa anterior, voltam a ser fragmentados noutros blocos cujo critério de agrupamento é a data (campo “data”) em que cada registo foi feito. Noutras palavras, os registo de cada trabalhador são agrupados pela data. Esta etapa é feita, pois o trabalhador pode ligar e desligar a monitorização várias vezes num dia e, para efeitos de visualização de dados, apenas queremos ver a informação global de um dia completo.
3. Após o agrupamento anterior, os registo são ainda outra vez agrupados pelo campo “tipoTrabalho”, em que os registo de um trabalhador numa certa data são agrupados em dois blocos referentes ao trabalho em que o trabalhador andou a pé ou em veículos.
4. Após todos os agrupamentos, fundimos os registo dos mesmos grupos num só registo. Nesse registo, é colocada a soma total do tempo de trabalho dos registo pertencentes ao mesmo agrupamento. No final desta etapa, temos, para cada utilizador em cada dia de trabalho, o seu tempo total de trabalho nesse dia em funções que são executadas com o utilizador a andar a pé e funções executadas em veículos.
5. No resultado da etapa anterior, percorremos todos os seus registo e acrescentamos dois novos campos: “diaDaSemana” e “idTrabalhadorHash”. O dia da semana é obtido através do campo “data” e servirá para verificar (na componente de visualização de dados) quais os dias da semana em que se trabalha mais. Relativamente ao campo “idTrabalhadorHash”, apenas é criado para efeitos de legibilidade no *Looker studio*, pois os identificadores gerados pelo *Firebase auth* são longas sequências de caracteres alfanuméricos, e este novo campo representa o id com números inteiros simples (0,1,2,3,...).

No fim de todo o processamento descrito acima, o servidor envia os dados para o *Looker studio* no seguinte formato:

Nome do campo	Tipo	Descrição
data	String	Data no formato “AAAA-MM-DD”
diaDaSemana	String	O dia da semana referente ao campo “data” (Segunda-feira, Terça-feira, etc...)
idTrabalhador	String	Identificador único do trabalhador
idTrabalhadorHash	Long	Identificador único do trabalhador convertido para um número inteiro simples.
segundosDeTrabalho	Long	Tempo total de trabalho (soma feita na fusão mencionada anteriormente)
tipoTrabalho	String	Tipo de trabalho a que o registo se refere (deslocação a pé ou em veículos)
username	String	Nome do trabalhador

Tabela 4.4: Formato dos dados processados na rota GET /work_time

4.2.2 Processamento de dados no servidor (Rota GET /positions)

Na resposta a uma solicitação na rota GET /positions, o servidor realiza as seguintes etapas de tratamento dos registo da colecção *positions*:

1. Percorre-se todos os registo da colecção *positions* e faz-se uma limpeza ao campo “timestamp”, recolhendo apenas os primeiros 19 caracteres para a string ficar no formato “AAAA-MM-DD HH:MM:SS”.
2. Em seguida, os registo são agrupados pelo identificador da viagem e, para cada viagem, calcula-se a velocidade em km/h para cada localização registada. Para o cálculo da velocidade, utiliza-se a fórmula $velocidade = \frac{distancia}{tempo}$, em que a distância é obtida através da fórmula de Haversine [1] e o tempo é a diferença entre duas *timestamps* de duas localizações consecutivas na viagem.
3. Tal como no processamento de dados na rota GET /work_time, também se acrescenta o campo “idTrabalhadorHash” para efeitos de legibilidade na visualização de dados.

No fim de todo o processamento descrito acima, o servidor envia os dados para o *Looker studio* no seguinte formato:

Nome do campo	Tipo	Descrição
idTrabalhador	String	Identificador único do trabalhador
idTrabalhadorHash	Integer	Identificador único do trabalhador convertido para um número inteiro simples.
latitude	Float	Latitude da localização geográfica
longitude	Float	Longitude da localização geográfica
timestamp	String	Data e hora em que a localização foi registada.
tipoTrabalho	String	Indica se esta localização é originária de uma monitorização de deslocação a pé ou em veículo
username	String	Nome do trabalhador
velocidade	Float	Velocidade instantânea (km/h) neste registo
viagemID	String	Identificador da viagem (apenas para o caso da monitorização de trabalho em veículos)

Tabela 4.5: Formato dos dados processados na rota GET /positions

4.3 Técnicas de visualização de dados

Na visualização de dados do *Looker Studio* a que o administrador tem acesso, são disponibilizadas quatro páginas: Velocidade de deslocação, posições percorridas, tempo de trabalho por trabalhador e comparação de trabalhadores. Iremos de seguida as técnicas de visualização de dados utilizada em cada uma delas.

4.3.1 Velocidade de deslocação

Esta primeira página permite ao administrador visualizar as viagens feitas por trabalhadores que executaram funções em veículos. Nela é apresentado um mapa (*bubble map*) onde cada ponto marcado representa uma posição geográfica do trabalhador durante a viagem. Para além disso, cada ponto apresenta a velocidade a que o trabalhador conduzia nesse ponto.

Abaixo apresenta-se um exemplo de observação de uma viagem nesta página:

Velocidade de deslocação



Figura 4.1: Página de velocidade de deslocação

Este mapa é útil para inspeccionar essencialmente duas situações. Em primeiro lugar, permite saber se um determinado percurso realizado por um trabalhador tem bastante congestionamento e, dessa forma, ajustá-lo de forma a reduzir custos e tempos de espera. Depois, também permite saber se o trabalhador cometeu infracções por excesso de velocidade.

Como se pode ver na figura acima, a página ainda permite filtrar as viagens pelo nome do trabalhador, intervalo de datas ou pelo ID da própria viagem. Por exemplo, se filtrarmos pelo ID da viagem, o mapa apresenta só as localizações dessa viagem. Mas se filtrarmos entre dois dias, o mapa apresenta as localizações de todas as viagens realizadas nesses dois dias.

Relativamente ao tratamento de dados nesta página, houve a necessidade de criar um novo atributo relativo ao campo “timestamp” (string) da coleção “positions”. Criou-se um novo campo que utiliza a função PARSE_DATETIME para se converter a string para um formato de data e hora. Para além disso, os mapas necessitaram de ter os dados de latitude e longitude no formato “latitude,longitude”. Para fazer isso, também se criou um novo campo fazendo a concatenação da latitude e longitude no formato referido. Finalmente, como esta página apenas serve para posições relativas a trabalhos feitos em veículo, utilizou-se um *page filter* que filtra todos os dados das posições para que apenas sejam visualizados aqueles que correspondem a deslocações em veículos.

Field		Type
DIMENSIONS (11)		
datahora	fx	Date & Time
idTrabalhador		RBC Text
idTrabalhadorHash		123 Number
latitude		123 Number
Localização	fx	Latitude, Longitude
longitude		123 Number
timestamp		RBC Text
tipoTrabalho		RBC Text
username		RBC Text
velocidade		123 Number
viagemID		RBC Text

Figura 4.2: Novos campos criados

Name	apenas viagens	+ positions	
Exclude	typeTrabalho	Equal to (=)	pedonal

Figura 4.3: Filtro aplicado à página

4.3.2 Posições percorridas

Esta página permite ao administrador obter informações acerca das localizações dos trabalhadores que fizeram trabalhos em que o trabalhador se desloca a pé. São apresentados dois mapas: um *heat map* que apresenta as áreas onde há maior concentração de registos, ou seja, apresenta as áreas onde os trabalhadores estão por mais tempo (ou, em alternativa, onde há mais trabalhadores). O outro mapa é um *bubble map* onde são apresentadas as localizações percorridas onde é possível observar o percurso realizado por um ou mais trabalhadores.

Na figura seguinte apresenta-se um exemplo do *heat map*:

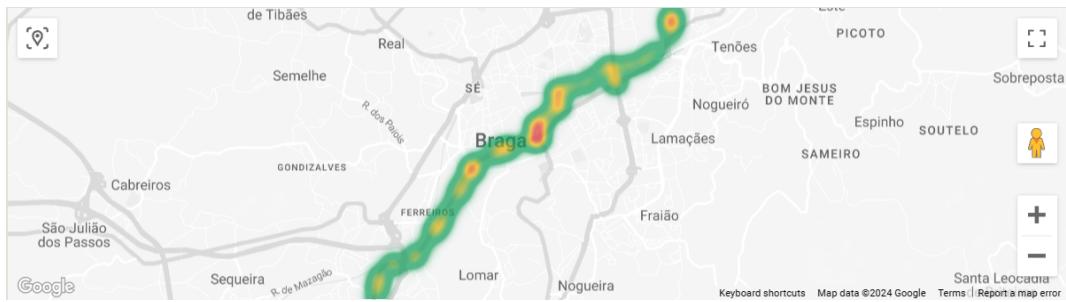


Figura 4.4: *Heat map* de concentração de registos de localização

A partir deste mapa conseguimos extrair algumas informações relevantes. Por exemplo, áreas com um elevado número de registo podem sugerir uma possível sobrelocação de funcionários, os quais poderão ser realocados para zonas com maior carência de mão-de-obra. Por outro lado, se filtrarmos o mapa para apresentar informações de apenas um trabalhador, a concentração prolongada de um trabalhador numa determinada área pode indicar a necessidade de reforçar a equipa nesse local, de modo a optimizar as tarefas.

Na figura seguinte apresenta-se um exemplo do *bubble map*:



Figura 4.5: *Bubble map* de percurso

Este *bubble map* é utilizado para delinear no mapa as posições percorridas pelos trabalhadores. No exemplo acima, conseguimos ver dois percursos de dois trabalhadores (cada cor representa um trabalhador). Através deste mapa é possível observar as localizações exactas dos trabalhadores, permitindo saber se estes estiveram nas áreas (geovedações) que foram atribuídas.

Na figura seguinte apresenta-se a página “posições percorridas” inteira:

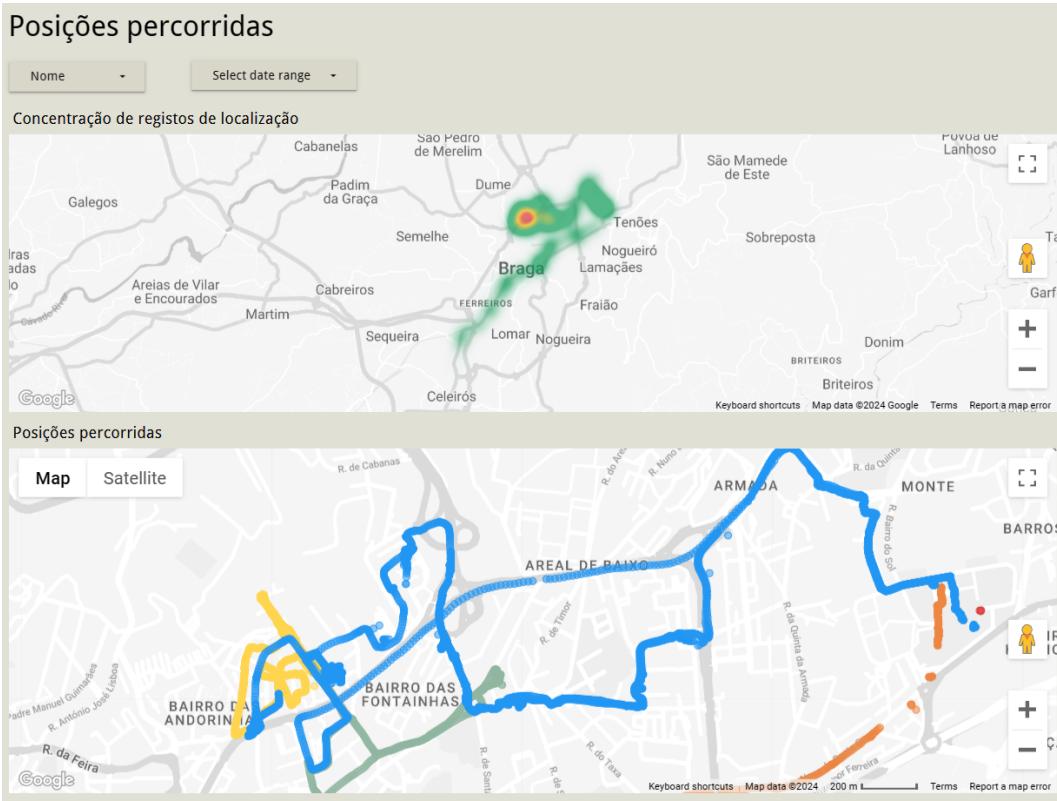


Figura 4.6: Página “posições percorridas”

Como se pode ver na figura acima, a página também permite aplicar filtros aos dados. É possível filtrar as localizações pelo nome do trabalhador e pelo intervalo de datas.

Relativamente ao tratamento de dados, esta página reutiliza os campos criados na página anterior (figura 4.2) e cria um novo filtro (*page filter*) para apenas trabalhar com dados relativos a trabalho em que o trabalhador se desloca a pé. Para isso, criou-se o seguinte filtro:

Figura 4.7: Filtro aplicado à página

4.3.3 Tempo de trabalho por trabalhador

Esta página apresenta informações acerca do tempo de trabalho feito pelos trabalhadores. Nela são apresentados três gráficos e uma tabela. A tabela apresenta o tempo total de trabalho de cada trabalhador em diferentes datas. Relativamente aos gráficos, temos um *line chart* que apresenta a evolução do tempo total de trabalho ao longo do tempo, um *donut chart* que

apresenta a percentagem de tempo de trabalho em cada dia da semana e um *stacked column chart* que apresenta uma evolução do tempo de trabalho ao longo do tempo com a informação de tempo de trabalho dedicado por cada trabalhador.

Na figura seguinte apresenta-se um exemplo do *line chart* de evolução do tempo de trabalho:

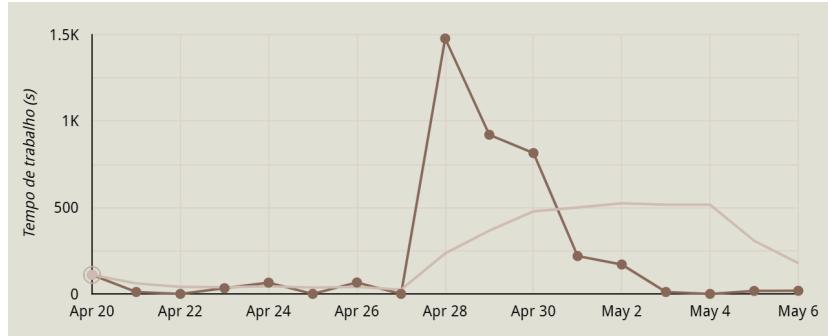


Figura 4.8: *Line chart* do tempo total de trabalho

Este gráfico permite visualizar a tendência geral do tempo total de trabalho ao longo do tempo. Ao observar os “picos” e “vales”, deste gráfico é possível identificar padrões de variação no tempo de trabalho ao longo dos dias. Para além disso, ele também possui uma média móvel de período 7 (a linha mais clara) que é calculada a partir da média dos valores dos últimos 7 dias consecutivos. Isto ajuda a suavizar as flutuações nos dados diários, permitindo destacar tendências de longo prazo e tornando mais fácil identificar padrões significativos. Por exemplo, se houver uma tendência de aumento no tempo de trabalho ao longo do tempo, a média móvel ajudará a confirmar essa tendência ao suavizar as flutuações diárias nos dados.

Na figura seguinte apresenta-se um exemplo do *donut chart* de comparação de tempo de trabalho em cada dia da semana:

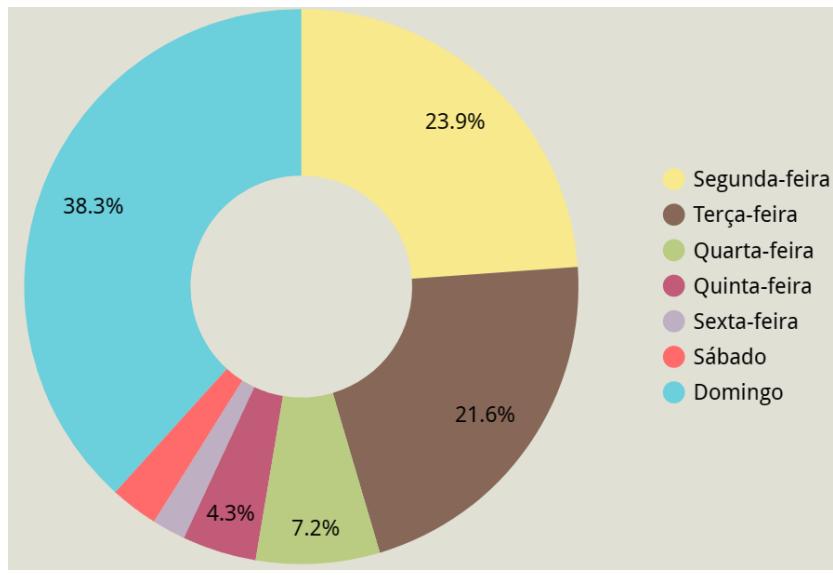


Figura 4.9: *Donut chart* da percentagem de tempo de trabalho em cada dia da semana

Este gráfico permite visualizar facilmente como o tempo de trabalho é distribuído ao longo dos dias da semana, permitindo identificar se há dias em que se trabalha mais ou menos em relação aos outros. Além disso, este gráfico pode possibilitar a inferência de padrões de produtividade, em que há dias específicos em que a produtividade é consistentemente alta ou baixa.

Na figura seguinte apresenta-se um exemplo do *stacked column chart* de comparação de tempo de trabalho dos trabalhadores em cada dia:

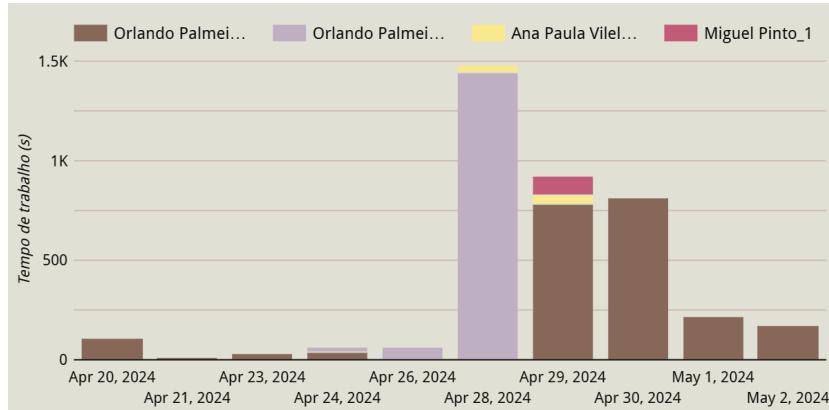


Figura 4.10: *Stacked column chart* do tempo total de trabalho

Este gráfico permite visualizar a evolução do tempo total de trabalho ao longo do tempo. Nele é apresentado o total de tempo de trabalho de vários trabalhadores em cada dia. Cada barra representa o tempo total de um certo dia e cada segmento colorido da barra representa a contribuição de cada trabalhador para esse total de tempo.

Ao comparar o tamanho dos segmentos coloridos dentro de cada barra, é possível avaliar o desempenho individual de cada trabalhador, permitindo identificar desequilíbrios na distribuição de trabalho entre os trabalhadores. Se uma cor específica dominar consistentemente as barras, pode indicar que um trabalhador está a assumir uma parcela desproporcional do trabalho em relação aos outros.

Na figura seguinte apresenta-se uma imagem da página “Tempo de trabalho por trabalhador” inteira:

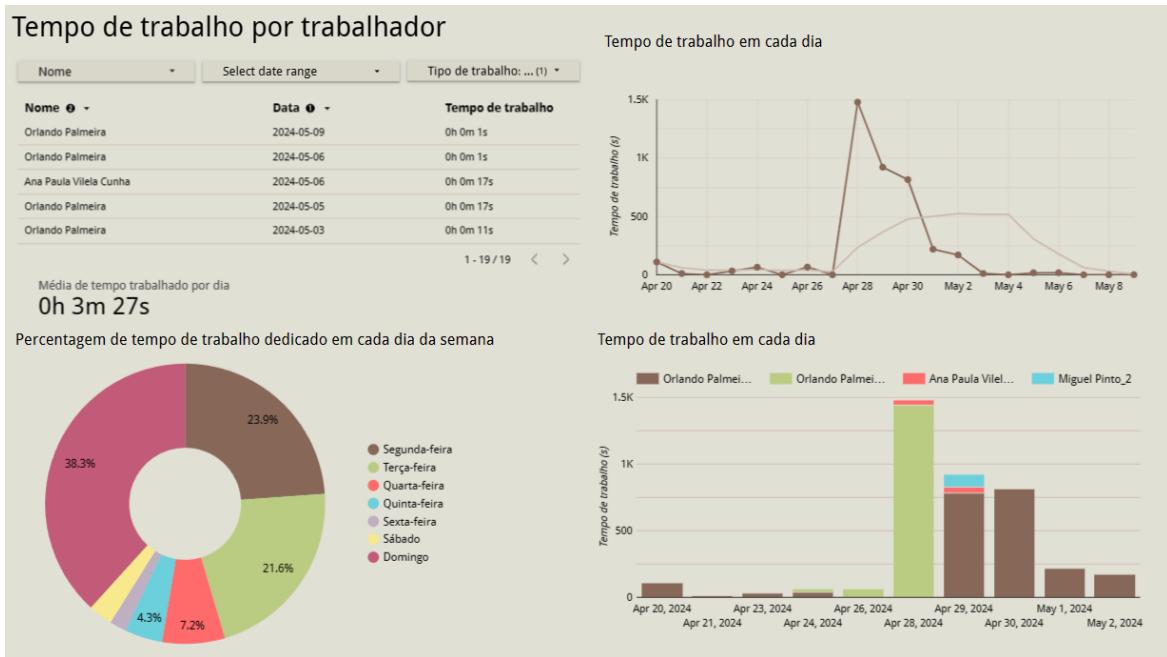


Figura 4.11: Página de tempo de trabalho por trabalhador

Como se pode ver na figura acima, a página também permite aplicar filtros aos dados. É possível filtrar pelo nome do trabalhador, intervalo de datas e tipo de trabalho (a pé ou em veículo).

Relativamente ao tratamento de dados nesta página, apenas foi necessário criar um novo atributo relativamente ao campo “data” (string) dos registos de tempo de trabalho. Criou-se um novo atributo que utiliza a função PARSE_DATETIME para se converter a string para um formato de data e hora.

Field	Type
DIMENSIONS (8)	
data	RBC Text
datahora	fx Date
diaDaSemana	RBC Text
idTrabalhador	RBC Text
idTrabalhadorHash	123 Number
segundosDeTrabalho	123 Number
tipoTrabalho	RBC Text
username	RBC Text

Figura 4.12: Novo campo criado

4.3.4 Comparação de trabalhadores

Esta página permite demonstrar algumas comparações de desempenho entre os trabalhadores. São apresentados dois gráficos e duas tabelas. Relativamente às tabelas, temos uma que apresenta o tempo total de trabalho realizado pelo trabalhador, e temos outra que apresenta a média de tempo de trabalho diário de cada trabalhador. No que diz respeito aos gráficos, temos um *line chart* que apresenta a evolução de tempo de trabalho por cada trabalhador e um *donut chart* que permite comparar a média de tempo de trabalho dos trabalhadores.

Nas duas figuras seguintes apresentam-se exemplos das tabelas de tempo e tempo médio de trabalho:

Nome	Tempo de trabalho
Pedro Martins_1	3h 25m 40s
Orlando Palmeira_0	1h 4m 48s
Miguel Pinto_2	0h 35m 34s
Ana Paula Vilela Cunha_3	0h 1m 0s

Figura 4.13: Tabela de tempo de trabalho total

Nome	Média de tempo de trabalho
Pedro Martins_1	1h 42m 50s
Orlando Palmeira_0	0h 21m 36s
Miguel Pinto_2	0h 11m 51s
Ana Paula Vilela Cunha_3	0h 1m 0s

1 - 4 / 4 < >

Figura 4.14: Tabela de tempo médio de trabalho

Através destas duas tabelas, é possível observar o tempo de trabalho total de cada trabalhador e o tempo médio de trabalho ao longo do tempo. O objectivo destas duas tabelas é apresentar uma visão geral do desempenho dos trabalhadores durante um período de tempo (seleccionado pelo administrador).

Na figura seguinte apresenta-se um exemplo do *line chart* de evolução do tempo de trabalho de cada trabalhador ao longo de vários dias:

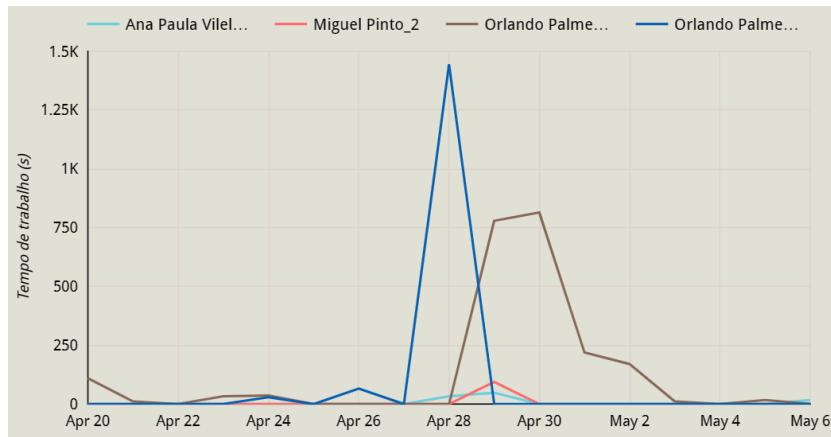


Figura 4.15: *Line chart* do tempo total de trabalho de cada trabalhador

Neste gráfico, ao observar cada linha separadamente, pode-se identificar as tendências individuais da evolução de cada trabalhador, bem como comparar as diferenças de progresso de cada um.

Na figura seguinte apresenta-se um exemplo do *donut chart* de comparação do tempo de trabalho médio de cada trabalhador:

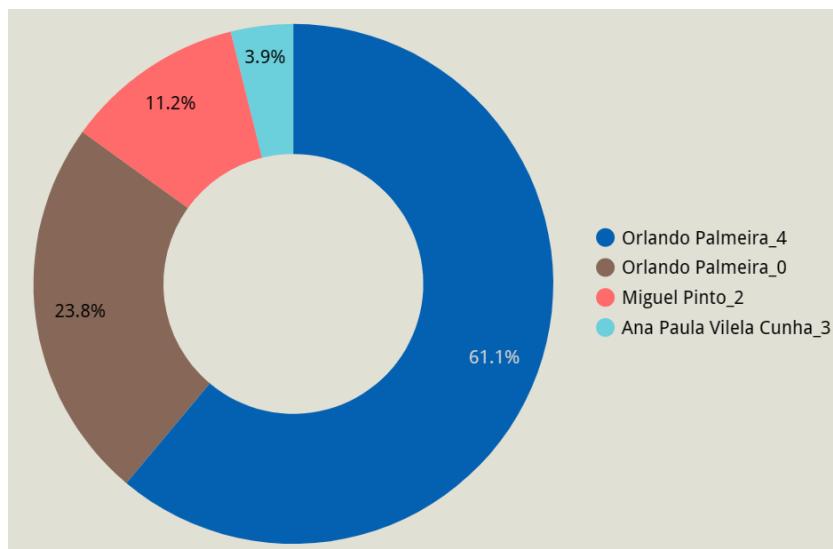


Figura 4.16: *Donut chart* do tempo médio de trabalho de cada trabalhador

Neste gráfico é possível comparar os trabalhadores pela sua média de trabalho diária. Através deste gráfico, é fácil comparar o tempo de trabalho médio de diferentes trabalhadores, o que pode ser útil para avaliar a productividade relativa, o comprometimento ou a eficiência de cada indivíduo.

Quaisquer sectores do gráfico que se destaquem significativamente das outros podem identificar trabalhadores que trabalham muito mais ou muito menos do que a média. Isto pode justificar uma investigação mais aprofundada para entender as razões por trás dessas discrepâncias.

Na figura seguinte apresenta-se uma imagem da página “Comparação de trabalhadores” inteira:

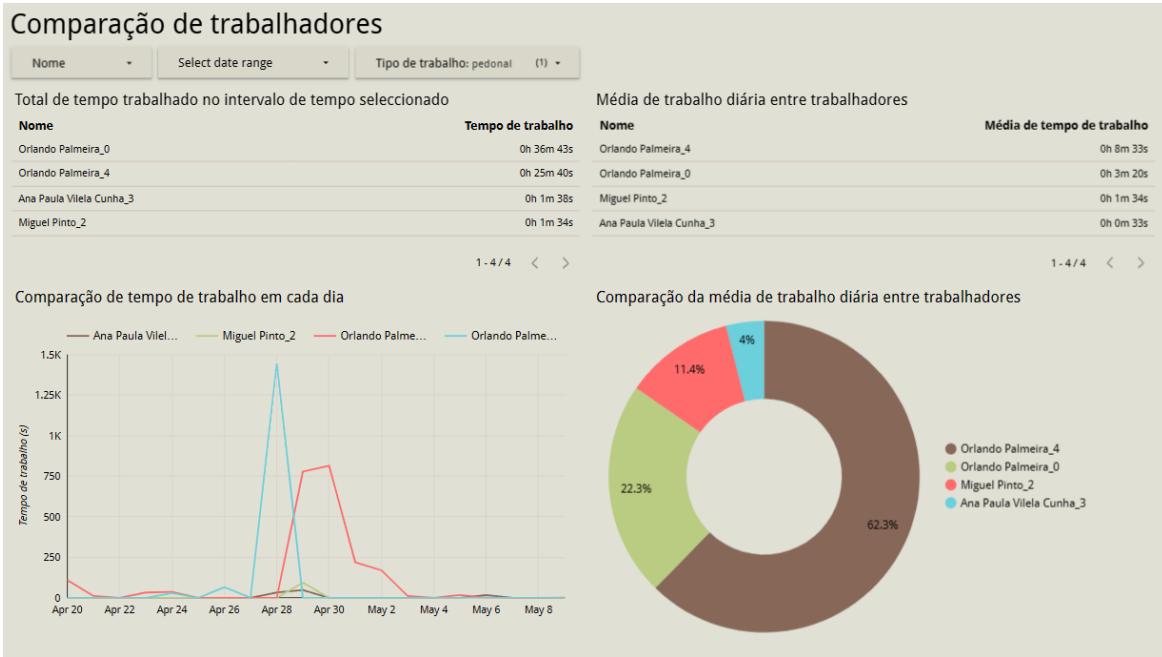


Figura 4.17: Página de comparação de trabalhadores

Como se pode ver na figura acima, a página permite ainda aplicar filtros aos dados apresentados. É possível filtrar pelo nome do trabalhador, intervalo de datas e tipo de trabalho (a pé ou em veículo).

Relativamente ao tratamento de dados, não foi necessário aplicar qualquer tipo de ajuste, visto que esta página utiliza o tratamento já realizado na página “Tempo de trabalho por trabalhado”. (figura 4.12).

5 Aplicação móvel

A aplicação utilizada pelo trabalhador é executada no telemóvel (sistema Android) transportado pelo trabalhador. Ela permite ao utilizador ligar e desligar a monitorização (seja em modo de deslocação a pé ou em veículo), permite visualizar a localização do utilizador (o que é útil para o orientar até à geovedação em caso de necessidade) e também apresenta um pequeno histórico de tempo de trabalho ao longo do tempo. Apresenta-se de seguida um diagrama das interacções possíveis com a aplicação do trabalhador.

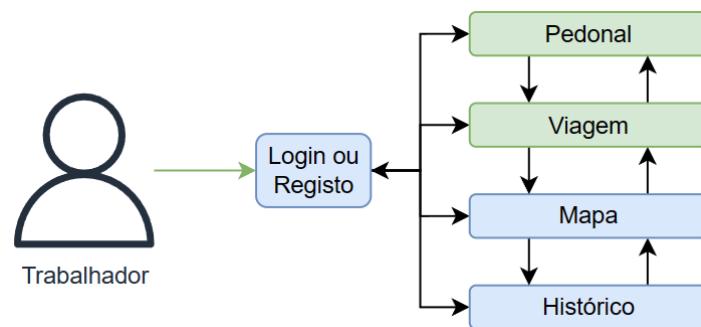


Figura 5.1: Interacções do trabalhador com a aplicação móvel

Na figura acima, os rectângulos verdes representam as páginas da aplicação onde as monitorizações são ligadas/desligadas.

Relativamente às acções de login/registo, a aplicação fornece ao utilizador a seguinte interface:

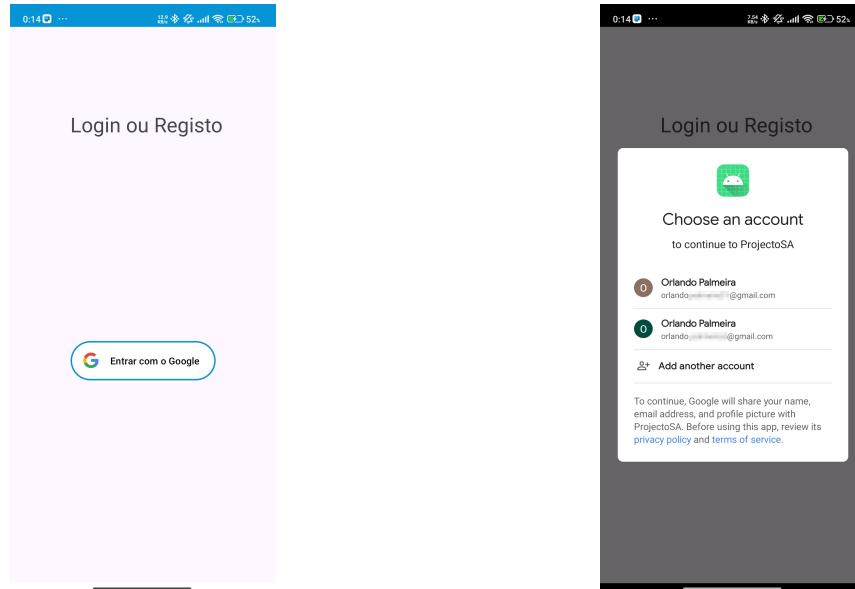


Figura 5.2: Acção de login

Quando o utilizador clica no botão “Entrar com o Google”, a aplicação solicita que seja seleccionada uma conta Google para o utilizador ficar registado ou iniciar sessão.

No que diz respeito à monitorização de trabalhadores que se deslocam a pé, a aplicação pode apresentar os seguintes casos na interface:

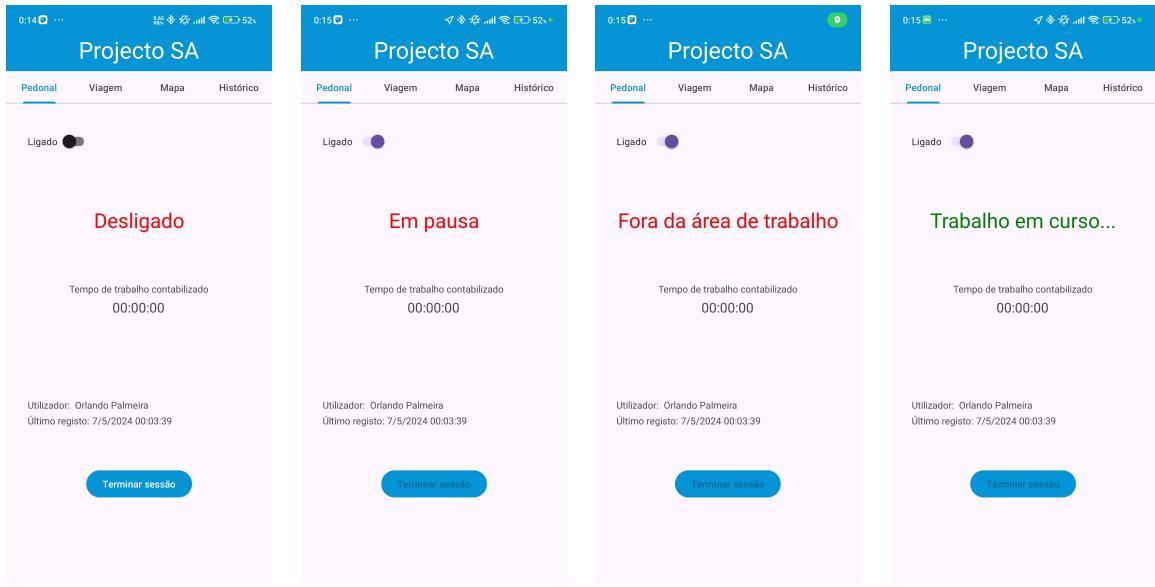


Figura 5.3: Os quatro diferentes estados da monitorização de trabalhadores que se deslocam a pé

Como se pode ver nas figuras acima, o trabalhador pode a qualquer momento activar ou desactivar a monitorização. Na primeira imagem, podemos observar aquilo que é apresentado quando a monitorização está desligada. A imagem seguinte apresenta o estado da aplicação quando a monitorização está ligada, com o telemóvel dentro da geovedação, mas sem estar em movimento. Depois temos o caso em que o telemóvel se encontra fora da geovedação e, por fim, temos o caso em que as condições de confirmação de actividade laboral são satisfeitas.

Relativamente à monitorização de trabalhadores que se deslocam em veículos, a aplicação pode apresentar o seguinte na interface:

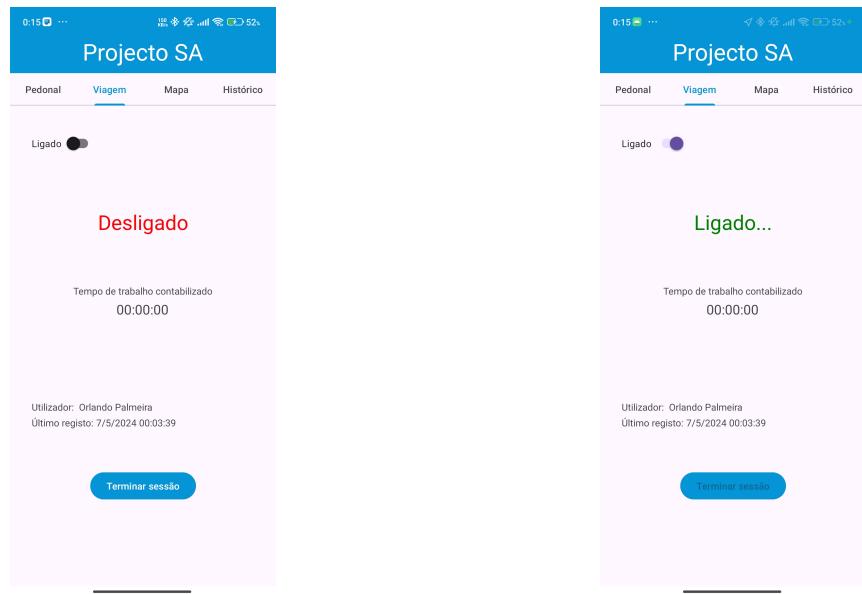


Figura 5.4: Os dois diferentes estados da monitorização de trabalhadores que se deslocam em veículos

Nas imagens acima, podemos ver o estado da aplicação quando a monitorização de trabalhadores em veículos está ligada ou desligada. No caso de estar ligada, a aplicação começa a contabilizar o tempo até ser desligada.

Quando alguma das monitorizações está ligada, o telemóvel recebe de periodicamente actualizações de localização. Para permitir ao utilizador saber onde se encontra, a aplicação também tem um mapa onde o utilizador pode ver a sua localização. A cada actualização de localização que o telemóvel recebe, o mapa é actualizado.

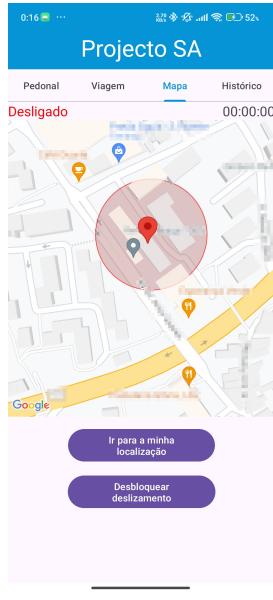


Figura 5.5: Mapa da aplicação

Para finalizar, apresenta-se a página de histórico, onde o utilizador tem acesso a uma pequena tabela com o seu tempo de trabalho ao longo do tempo, bem como um *line chart* para o trabalhador poder acompanhar o seu progresso.

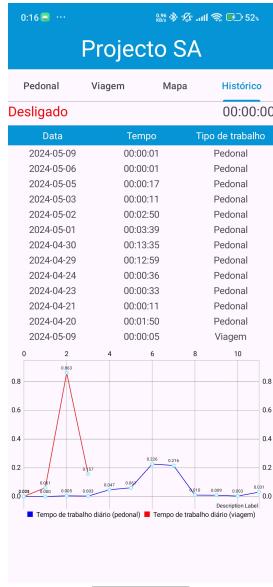


Figura 5.6: Histórico do trabalhador

6 Aplicação do administrador

A aplicação utilizada pelo administrador é fornecida por um servidor web (construído com a *framework* Flask) e permite ao administrador ter acesso às páginas do *Looker Studio* para a visualização de dados e também permite-lhe fazer a gestão das geovedações. Apresenta-se de seguida um diagrama das interacções possíveis com a aplicação do administrador.

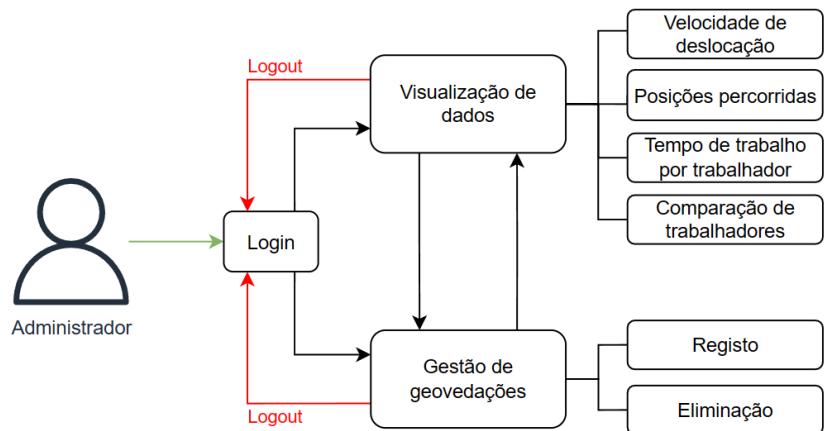


Figura 6.1: Interacções do administrador com a aplicação

Apresentam-se de seguida as páginas fornecidas pela aplicação do administrador:

A captura de tela mostra a interface de usuário para o login. O formulário contém campos para 'Username' (Nome de utilizador) e 'Password' (Palavra passe), ambos com placeholder. Um botão verde 'Login' está posicionado no lado direito do formulário.

Figura 6.2: Página de login

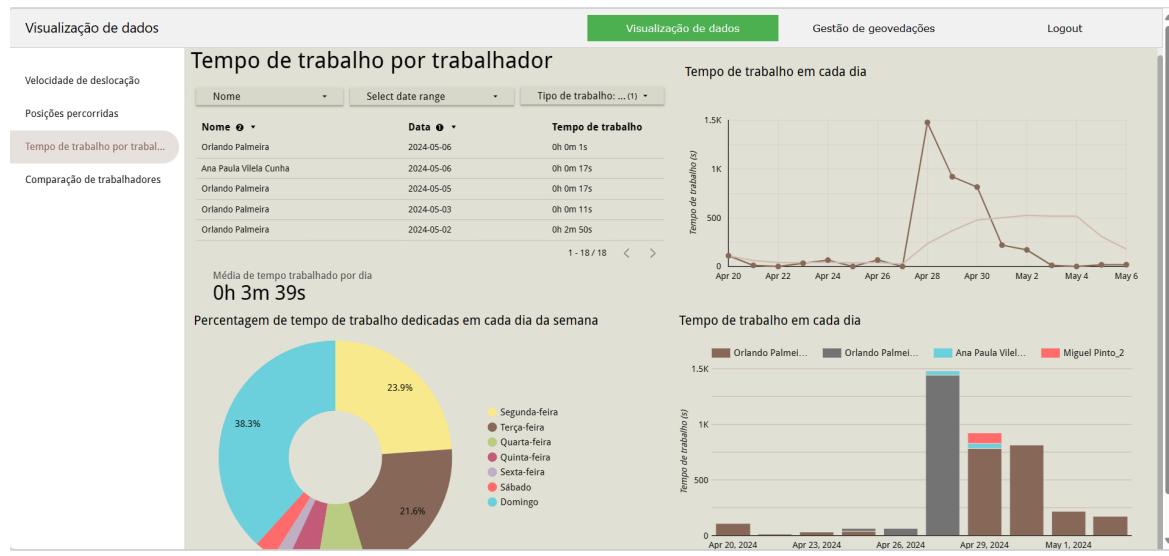


Figura 6.3: Página de visualização de dados

Em seguida temos a página de gestão de geovedações que engloba as funcionalidades de registo e remoção das geovedações.

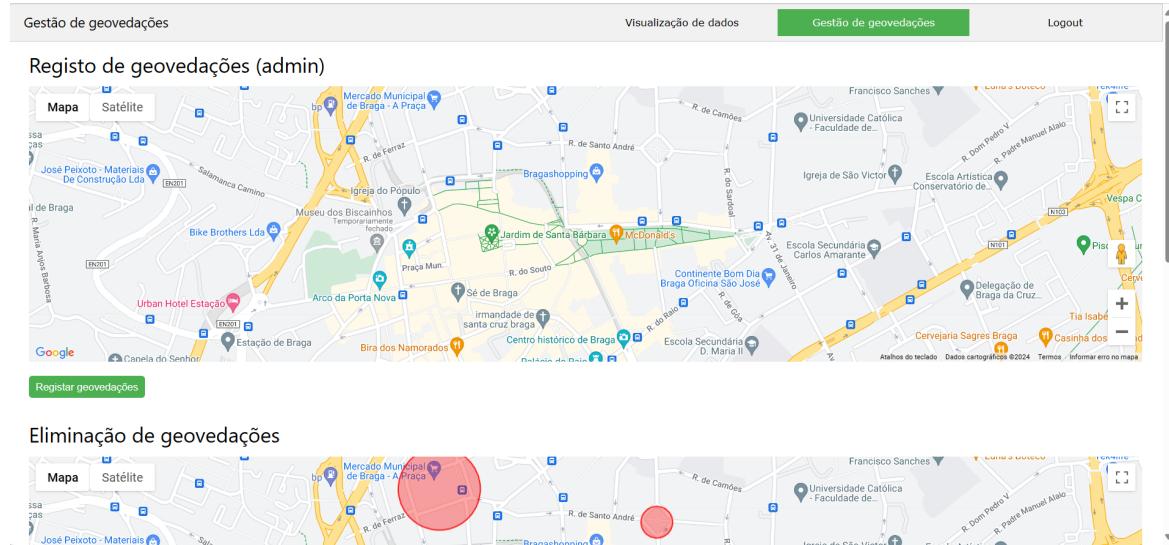


Figura 6.4: Registo de geovedações

Na figura acima, podemos ver a funcionalidade de criar geovedações no sistema. Para criar uma ou várias geovedações, o administrador terá de seguir os seguintes passos:

1 Quantas vezes o administrador queira:

1.1 Clica no mapa para marcar o centro da geovedação.

- 1.2 Clica de novo no mapa para definir o raio da geovedação.
 - 1.3 Insere o nome da geovedação (caixa de diálogo).
 - 1.4 A geovedação aparece no mapa.
- 2 O utilizador clica em “Registar geovedações” e as geovedações ficam registadas no sistema.

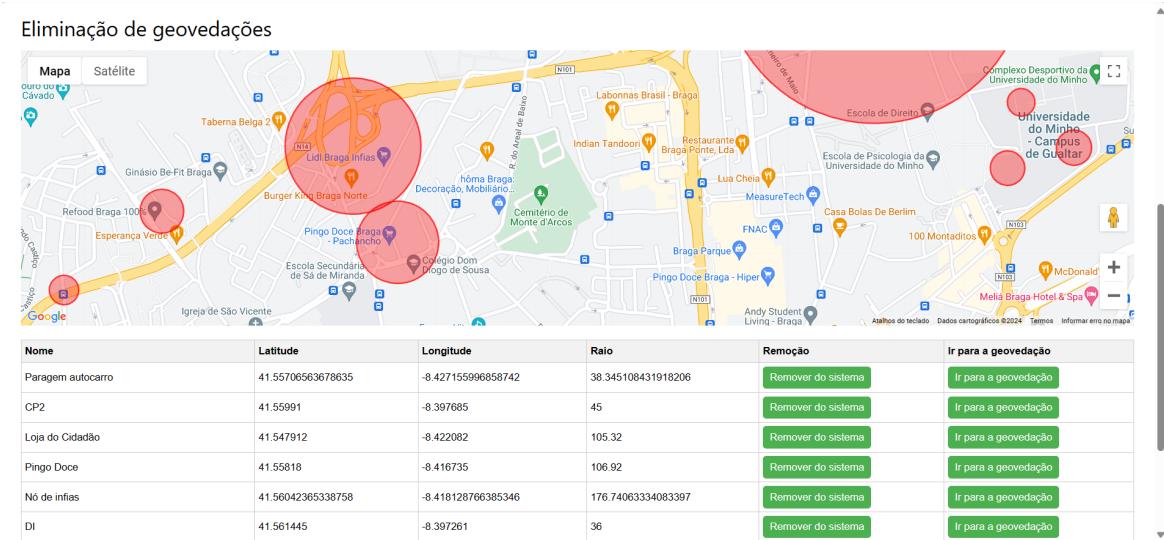


Figura 6.5: Eliminação de geovedações

Na figura acima, podemos ver a funcionalidade de remover geovedações do sistema. Para eliminar uma geovedação, o administrador terá de seguir os seguintes passos:

1. Clica no botão “Remover do sistema” correspondente à geovedação que pretende remover.
2. O administrador confirma a remoção.
3. A geovedação é removida do sistema.

7 Possível modelo de negócio

O sistema em desenvolvimento tem como objectivo fornecer uma plataforma de monitorização de trabalhadores que permita à entidade patronal obter relatórios de desempenho dos seus funcionários em duas modalidades de trabalho. Nesse sentido, os potenciais clientes deste tipo de sistema serão empresas ou entidades cujo perfil se enquadra nos seguintes pontos:

- Possuem um número considerável de trabalhadores cuja função exige mobilidade, isto é, os trabalhadores fazem deslocações para o cumprimento das tarefas da sua actividade profissional.
- Têm a necessidade de monitorizar a localização e o desempenho dos seus trabalhadores em tempo real para garantir a eficiência operacional e permitir eventuais reduções de custos, nomeadamente quando se recorre ao uso de veículos.
- Estão dispostas a adoptar o uso de tecnologia para melhorar a gestão dos seus funcionários.

No que diz respeito a eventuais parcerias com o nosso sistema, as que mais poderiam poderiam potencializar o seu funcionamento seriam as seguintes:

- **Operadoras de telecomunicações:** Para fornecer tarifários de internet móvel que permite o registo dos dados de monitorização do trabalhador independentemente do lugar onde este esteja.
- **Empresas de desenvolvimento de *software*:** Para fazer a manutenção das bases de dados e das aplicações que compõem o sistema bem como as respectivas actualizações e eventuais correcções de *bugs*.
- **Empresas de consultoria em gestão de recursos humanos:** Para fornecer soluções personalizadas de acordo com as necessidades específicas de cada cliente que use o sistema.

Relativamente à estratégia de monetização de utilização do sistema, poder-se-ia realizar o seguinte:

- Implementar um sistema de cobrança em que o preço cobrado seria proporcional ao número de trabalhadores monitorizados.
- Fornecer uma plataforma de visualização de dados mais avançada e personalizável do que aquela que é fornecida de origem mediante o pagamento de uma quantia adicional.
- Fornecer alguns serviços extra, como por exemplo um sistema de optimização de rotas que utiliza os dados das viagens dos utilizadores que se deslocam em veículos para gerar sugestões de ajuste dos trajectos. Estes serviços também seriam fornecidos mediante o pagamento de uma quantia.

8 Conclusão e trabalho futuro

Ao longo deste relatório descrevemos em detalhe todas as etapas de desenvolvimento deste projecto. Abordamos os sensores utilizados e o modo como são utilizados, a arquitectura do sistema, as aplicações desenvolvidas, os métodos de recolha, tratamento e visualização de dados e delineamos um possível modelo de negócio para a solução implementada.

8.1 Resultados obtidos e análise crítica

No que diz respeito aos resultados obtidos, fomos capazes de desenvolver uma aplicação que realiza os dois modos de monitorização conforme foi planeado e explicado no relatório. Para além disso, a utilização da aplicação por parte dos trabalhadores é bastante simples, em que o trabalhador apenas clica num botão para iniciar a sua monitorização.

Relativamente à visualização de dados, consideramos que as técnicas de visualização utilizadas conseguem transmitir uma boa informação acerca do desempenho dos trabalhadores e do seu comportamento, nomeadamente nos trabalhadores que utilizam veículos. Para além disso, a aplicação consegue recolher com uma precisão bastante satisfatória as localizações dos trabalhadores, permitindo ao administrador ter uma percepção bastante fiel dos percursos feitos pelo trabalhador. Isto pode ser comprovado com as figuras que foram apresentadas na secção de técnicas de visualização de dados (figuras 4.1, 4.4, 4.5 e 4.6).

Apesar das vantagens proporcionadas pelo sistema implementado, é necessário ter em conta algumas limitações. Em primeiro lugar, as monitorizações estão dependentes da qualidade dos sensores dos telemóveis utilizados pelos trabalhadores. Um GPS pouco preciso pode dar informações erradas acerca da posição do trabalhador, bem como da velocidade a que se deslocou. Já no acelerómetro, se este for pouco preciso, a aplicação irá ter dificuldades em detectar o movimento do trabalhador correctamente e, consequentemente, terá problemas na contabilização do tempo de trabalho.

Uma outra limitação está relacionada à visualização de dados. A plataforma *Looker studio*, apesar de ser uma ferramenta vasta e completa, tem algumas limitações de configuração de gráficos e de filtros de dados. No entanto, o seu maior problema é o tempo de espera para visualizar os dados, nomeadamente os relacionados às localizações dos utilizadores. Como há uma grande quantidade de dados de localização, a plataforma demora a solicitar os dados ao servidor web e isso torna a experiência de utilização menos agradável.

8.2 Trabalho futuro

Para tornar mais completa esta primeira versão do sistema de monitorização de trabalhadores, será relevante ter em conta os seguintes pontos para pensar no trabalho futuro:

- **Aprimorar a detecção de movimento de acordo com tipos de trabalho:** Neste momento, a detecção de movimento do trabalhador é relativamente simples e, por esse motivo, pode não se adequar a todos os tipos de trabalho. Assim, será pertinente pensar em ter diferentes tipos de trabalho na aplicação e ajustar a detecção de movimento para

cada tipo de trabalho, tornando a contabilização de tempo mais precisa e fiel.

- **Atribuição de geovedações a trabalhadores específicos:** Neste momento, todas as geovedações que são registadas no sistema são consideradas como áreas de trabalho para todos os trabalhadores do sistema, o que muitas vezes não acontece na realidade. Desta forma, será necessário reformular ligeiramente o sistema de maneira a atribuir geovedações específicas a um ou mais trabalhadores específicos, mantendo, no entanto, a possibilidade de atribuir geovedações a todos os trabalhadores.
- **Mudança na plataforma de visualização de dados:** Dados os problemas já mencionados anteriormente relativamente ao *Looker Studio*, será necessário migrar a funcionalidade de visualização de dados para uma outra plataforma ou, em alternativa, construir de raiz uma aplicação de visualização de dados utilizando algumas *frameworks* como o Chart.js ou o D3.js.
- **Eventuais melhorias à interface gráfica das aplicações:** As aplicações utilizadas pelos trabalhadores e pelo administrador têm uma interface relativamente simples. Por esse motivo, melhorar a interface em termos de *design* e organização será um ponto a ter em conta.
- **Expansão da monitorização para *smartwatches*:** Em muitos casos, pode ser pouco prático ou até desconfortável para o trabalhador ter de transportar o telemóvel consigo. Assim, considerar a implementação de uma versão da aplicação de monitorização para *smartwatches*, de modo a permitir que o trabalhador apenas tenha de transportar um relógio, é algo a ter em conta.

Referências

- [1] W. contributors. Haversine formula, 4 2024. URL https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Haversine_formula&oldid=1218018987.