

REVA
CONSTRUCTION
DIGITAL CONSTRUCTION REVOLUTION

O Projeto Mobilizador para a Revolução Digital da Construção.

Lisb@20²⁰ COMPETE
2020

PORTUGAL
2020

UNIAO EUROPEIA
Fundo Europeu
de Desenvolvimento Regional

REVA
CONSTRUCTION
DIGITAL CONSTRUCTION REVOLUTION

Workshops Demonstradores. PAV 4.0 LC

24 de maio de 2023

Lisb@20²⁰ COMPETE
2020

PORTUGAL
2020

UNIAO EUROPEIA
Fundo Europeu
de Desenvolvimento Regional

Agenda.

Abertura ■ João Poças Martins | BUILT CoLAB

Objetivos da APP PAV4.0 LC ■ Joel Oliveira | UMinho

Seleção do local para o Living Lab ■ Helena Lima | IP

Levantamento Point cloud do local ■ Mário Ribas | Mota-Engil

Modelo BIM do demonstrador ■ Diogo Parracho | FEUP + João Poças Martins | BUILT CoLAB

Desenvolvimento do sistema de monitorização do pavimento ■ Hugo Silva | UMinho

Instalação dos sensores ■ Vânia Marecos | LNEC

Calibração do sistema de monitorização ■ Francisco Rebelo | UMinho

Recolha de dados em tempo real ■ Gabriel Teles | UMinho

Tratamento e armazenamento dados recolhidos ■ Diogo Silva/Jorge Oliveira e Sá | UMinho

Q&A

Encerramento ■ Rita Moura | Teixeira Duarte

Abertura e Boas-Vindas.

João Poças Martins. BUILT CoLAB

O REV@CONSTRUCTION



Aumentar a
**competitividade e
produtividade** do
setor AEC



Redução do GAP
tecnológico



Twin Transition:
Digitalização dos processos
(20-25% redução de custos) +
Objetivos Sustentabilidade
(LCA)



Criar Bases para o sucesso da
implementação do processo
da **Digitalização AEC**

20 Copromotores



Universidade do Minho



PPS | Produtos, Processos e Serviços



PPS1

DIGI4Construction

Responsável por criar as **Bases para a Digitalização**.

PPS2

Digital Twin para os intervenientes do setor AEC

Centrado na criação de **plataforma** que serve de **repositório dos dados** para as **fases de Projeto e Construção**.

PPS3

Digital Twin para a Operação e Manutenção

Centrado no desenvolvimento de **soluções digitais** com foco na área da **Gestão de Ativos**.

PPS4

Living Lab Pavimentação e Demonstrador BIM para Obras de Arte

Integração em ambiente real das **soluções desenvolvidas** nos PPS anteriores, disponibilizando as **plataformas integradoras**, e construindo **demonstradores à escala real** da **interoperabilidade** dos distintos desenvolvimentos.

Obrigado!

João Poças Martins

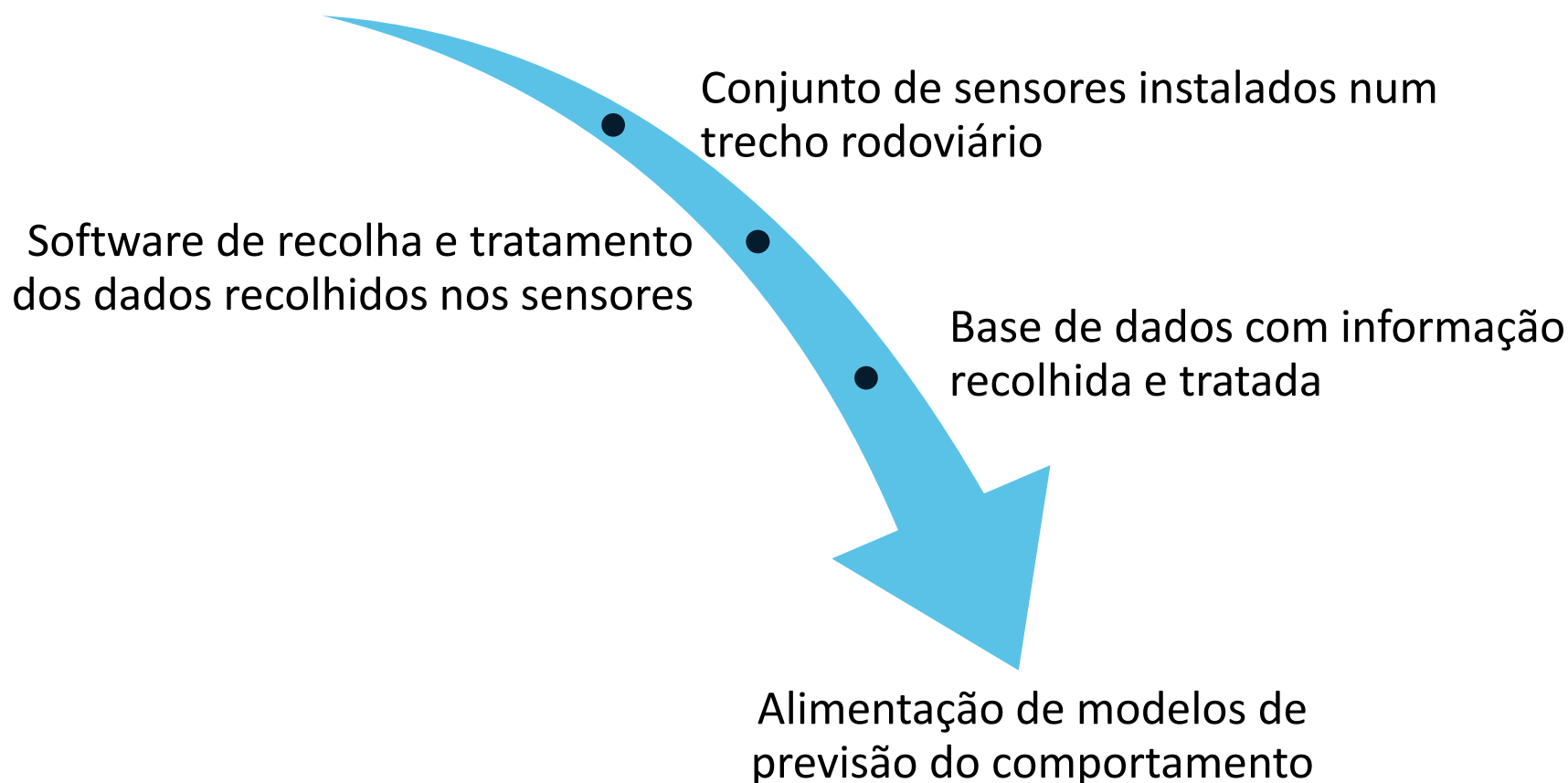
Objetivos da APP PAV4.0 LC.

Joel Oliveira . Universidade do Minho

APP PAV 4.0 LC - PPS 4



Sistema de monitorização de pavimentos rodoviários





Objetivos da APP PAV 4.0 LC



- Identificar e caracterizar as ações aplicadas ao pavimento (tráfego, temperatura);
- Medir o efeito que as ações produzem na estrutura;
- Monitorizar a evolução do comportamento ao longo do tempo;
- Produzir informação relevante para alimentar modelos de previsão do comportamento;
- Auxiliar as Administrações Rodoviárias na gestão destes ativos.

APP PAV 4.0 LC - Entidades envolvidas



Universidade do Minho



Infraestruturas
de Portugal



MOTA-ENGIL



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL



BUILT COLAB
DIGITAL BUILT ENVIRONMENT

U. PORTO
FEUP ENGENHARIA

Obrigado!

Joel Oliveira

Seleção do local para o Living Lab.

Helena Lima. Infraestruturas de Portugal



Índice



- Enquadramento
- Requisitos para o trecho piloto
- Localização do trecho piloto
- Considerações finais

Enquadramento



Sensores FBG
(Fibre Bragg Grating)
HBK FiberSensing, S.A.



Seleção sensores a instalar no pavimento



Ensaios em pista laboratorial

Instalação dos sensores no trecho piloto

AQUISIÇÃO DOS SENSORES FBG PARA O TRECHO PILOTO

SELEÇÃO DO TRECHO PILOTO - LIVING LAB

Análise de resultados e definição de requisitos para PAV 4.0 LC

App Pav 4.0 LC



Requisitos para o trecho piloto



Existência de armário de distribuição

Existência de Canal Técnico com fibra ótica

Existência de rede eletrificada

Pavimento em bom estado de conservação

Localização do trecho piloto



LOCALIZAÇÕES AVALIADAS

EN10 – Marateca / Pegões

A22 – Castro Marim / Espanha
(fronteira)

IC5 – Lodões / Vila flor



IC5 - km 75+700

Subconcessão Douro Interior
Lodões / Vila Flor





Considerações finais



Nos sistemas de gestão do ativo pavimentos rodoviários, a inclusão de modelos de previsão que permitam estimar a evolução do estado de conservação, ao longo do seu ciclo de vida, possibilita um planejamento adequado das ações para resolução das necessidades de intervenção que periodicamente vão sendo identificadas.

Ferramentas que permitam a construção e alimentação desses algoritmos de previsão - como as que resultarão do presente projeto - são, por isso, essenciais para uma gestão de ativos sustentável e pavimentos rodoviários mais resilientes.

Obrigada!

Helena Lima

Levantamento Point Cloud do local.

Mário Ribas . Mota-Engil



Objetivo



- Criar o modelo 3D na área de influência onde foram implementados os sensores do PAV4.0 LC, recorrendo a aeronaves não tripuladas (UAS/Drones)

Equipamento utilizado



- GPS Topcon GR 5
- Drone DJI Matrice 210 RTK V2
- Software para processamento de dados (PIX4Dmapper)
- Software para edição das plantas (AutoCad Civil 3D)





Preparação e execução do trabalho



- Em gabinete analisou-se a zona através do Google Earth
- Escolheram-se 4 localizações para materializar no terreno pontos que serviram de apoio Topográfico (GCP-Ground Control Points)
- Materializaram-se através de pintura no solo em forma de cruz, de modo a ficarem bem visíveis no levantamento efetuado pelo drone
- Foram coordenados recorrendo ao GPS ligado á rede ReNEP obtendo-se as coordenadas no sistema PT-TM06/ETRS89

Preparação e execução do trabalho



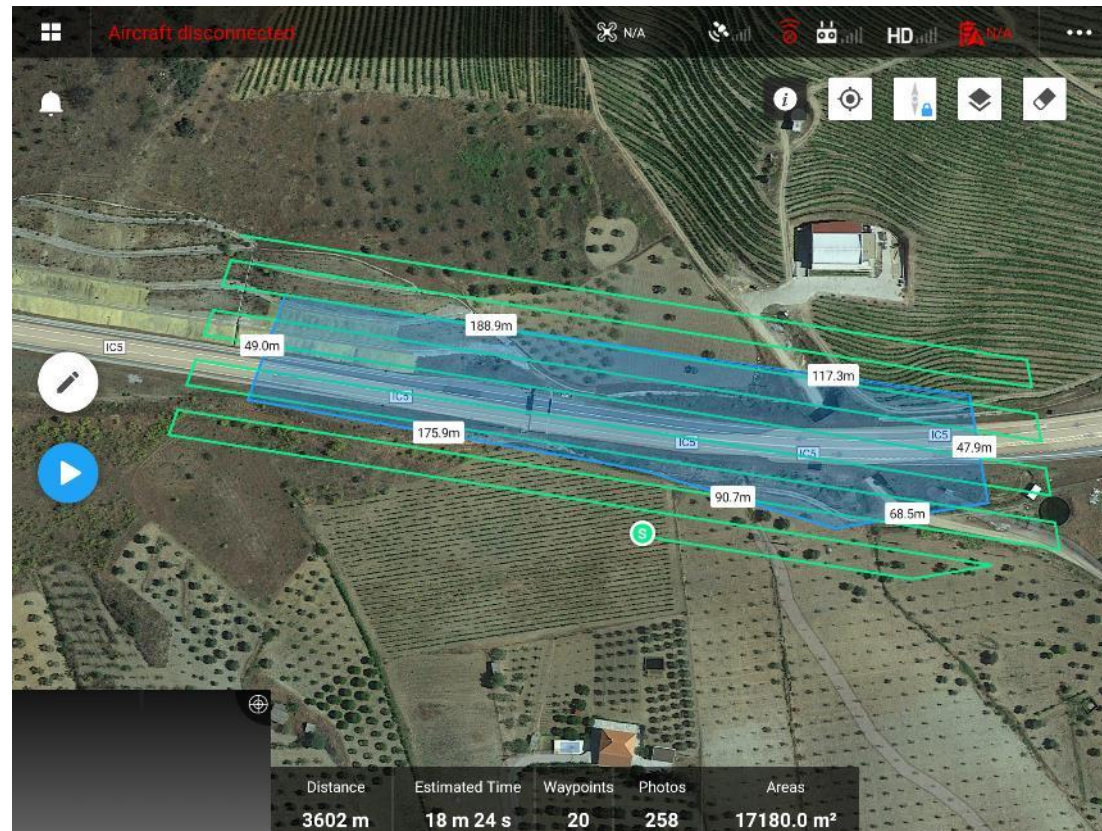
GCP-Ground Control Points



Preparação e execução do trabalho



- O plano de voo foi realizado em modo automático

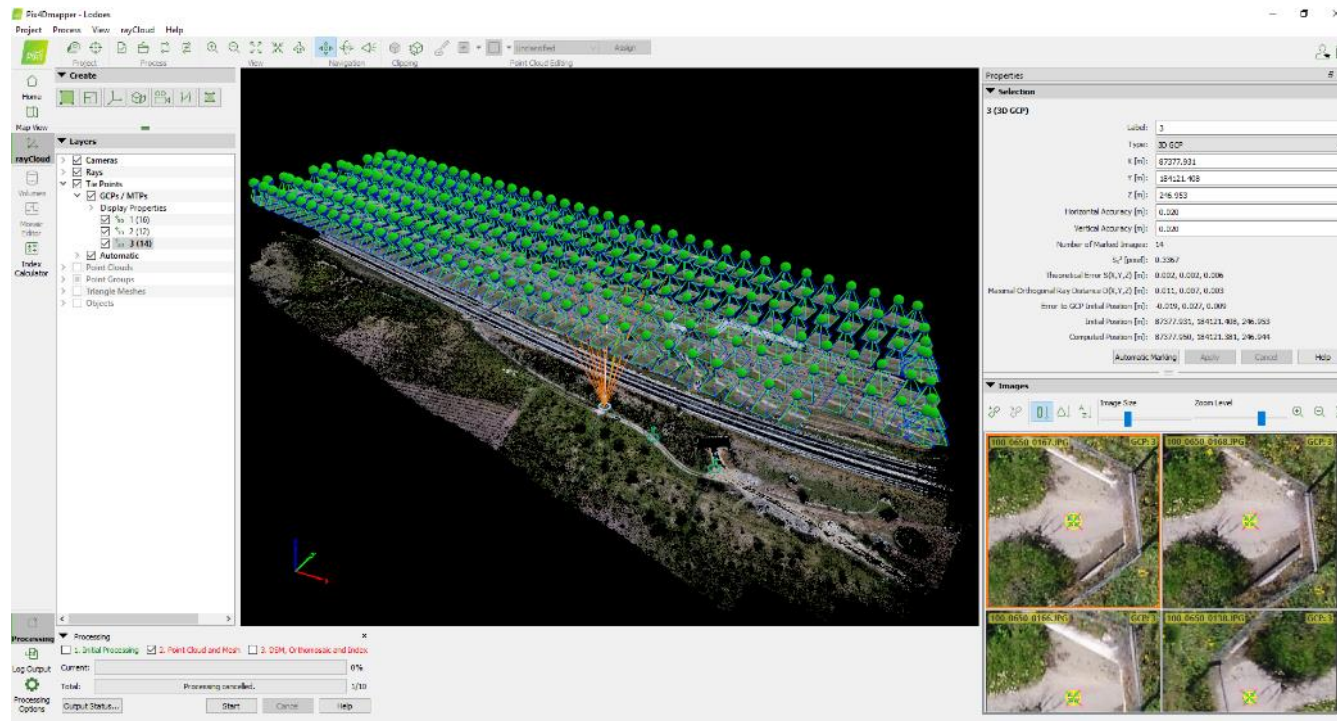


Software DJI Pilot (visor da controladora do drone)

Preparação e execução do trabalho



- Em gabinete foi feito o processamento dos dados através do software PIX4Dmapper e limpeza dos resíduos



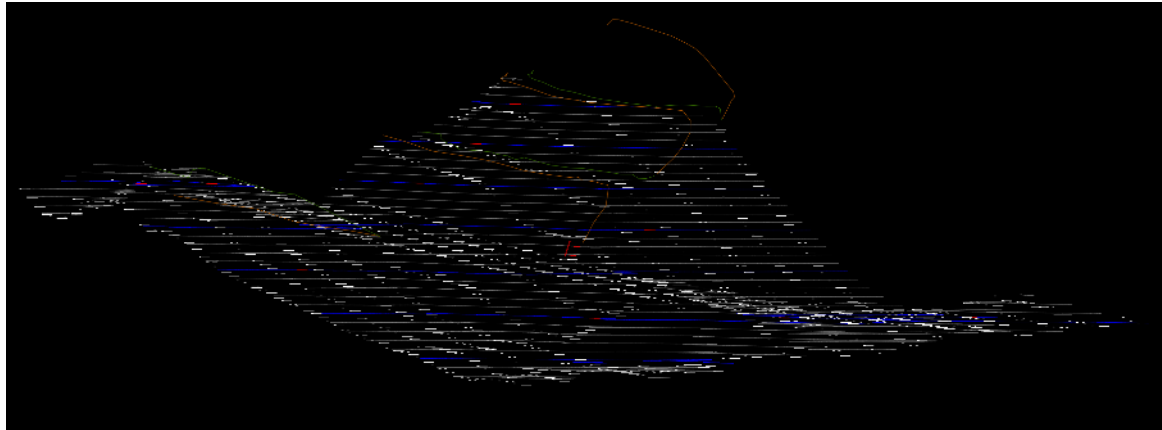
Processamento – software PIX4Dmapper

Preparação e execução do trabalho



Nuvem de pontos obtida do processamento

Resultado final



Curvas de nível representando a morfologia do terreno



Planta Topográfica elaborada no software AutoCad Civil 3D

Obrigado!

Mário Ribas

Modelo BIM do demonstrador.

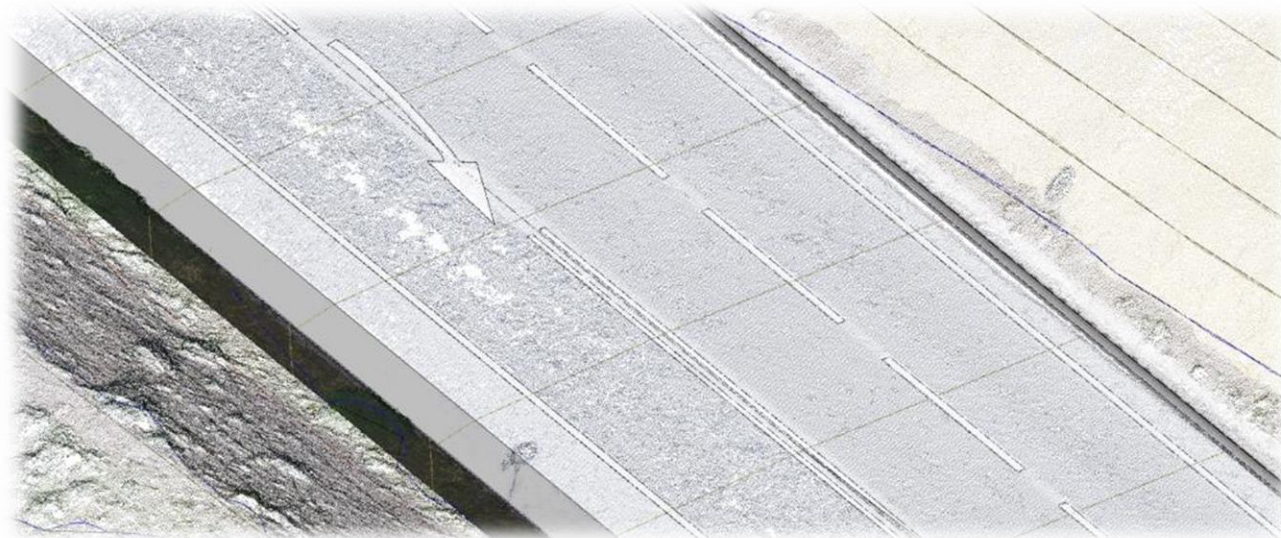
Diogo Parracho . FEUP

João Poças Martins . BUILT CoLAB

Objetivos



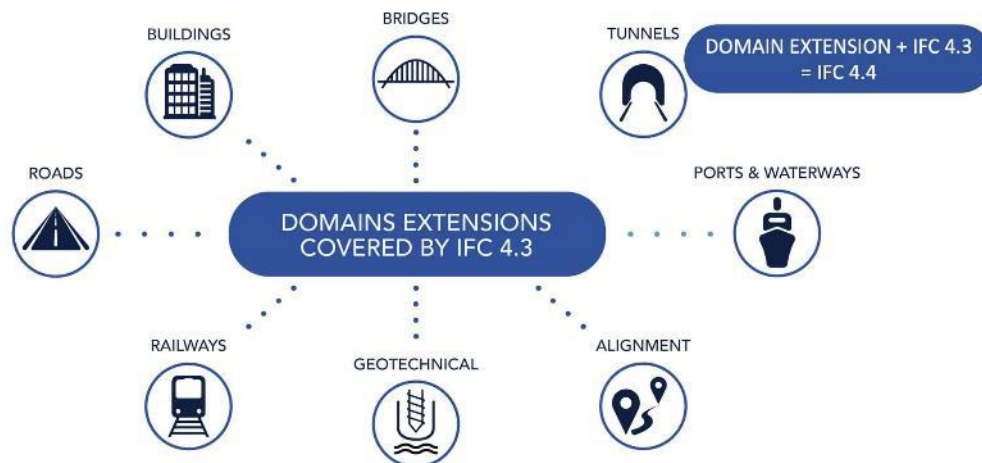
- Modelação BIM do pavimento do LIVING LAB, tendo em conta especificações definidas na Atividade 5 do PPS1
- Comparação do modelo com a nuvem de pontos



BIM para Infraestruturas Rodoviárias



- Carência de aplicações BIM para infraestruturas lineares (ferrovia, rodovia, etc.)
- Estrutura de IFC é limitada → alterações previstas para IFC 4.3 que ainda não foi lançado oficialmente, nem completamente implementado nas aplicações BIM existentes
- Alguns plugins para *software* de modelação de edifícios permitem desenvolver modelos com graus variáveis de detalhe
- Recurso a ferramentas específicas de CAD continua a ser prática corrente



Selecionar Exportar como entidade IFC

Versão do esquema IFC: IFC4X3

Pesquisar: ifcroad

Expandir tudo Retrair tudo

IfcRoad
 IfcRoadPart

IfcRoad.PREDEFINEDTYPE
 USERDEFINED
 NOTDEFINED

Export IFC

File name: C:\Users\diogo\OneDrive\Documentos\Modelo BIM.ifc

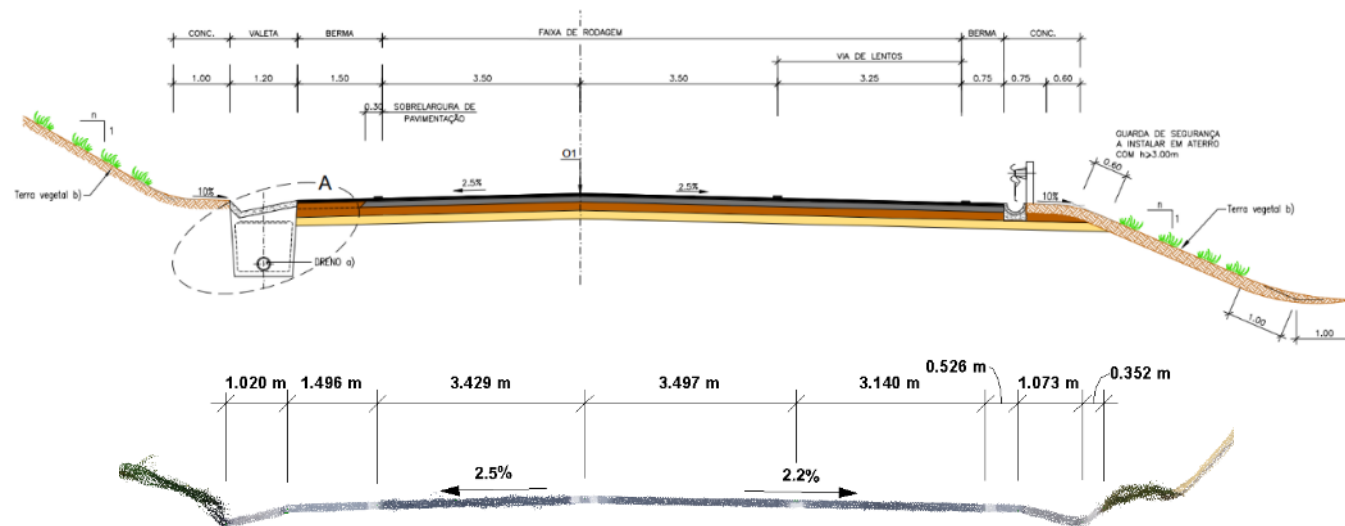
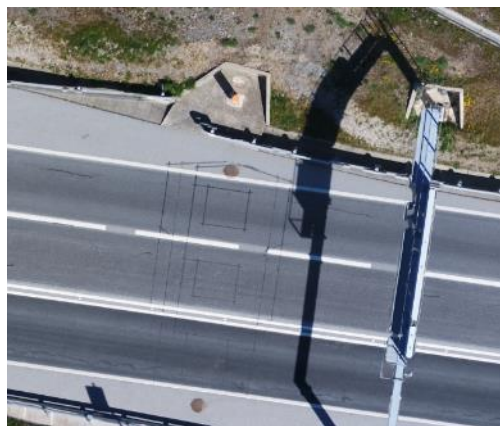
Export setup: IFC4x3 [Experimental]

IFC Version: IFC4x3 [Experimental]

Usos BIM



- Necessidade de especificar Uso(s) BIM para modelo de demonstrador (coerente com definições de Atividade 5 do PPS 1):
 1. Monitorização do pavimento, com recurso a sensores instalados em obra
 2. Controlo de conformidade da obra com modelo de projeto



Apresentação do IDM



Descrição do Caso de Uso	
Título	Operação e Manutenção – Monitorização de Infraestruturas Rodoviárias
Objetivo	Monitorização do comportamento das infraestruturas rodoviárias, para análise dos dados recolhidos e avaliação das condições dos ativos para eventuais tomadas de decisão (e.g., operações de manutenção)
Descrição	A utilização de sensores em obras rodoviárias que estejam interligados a um modelo BIM permite estudar em tempo real as condições atuais da infraestrutura. Com isto, esta <i>Digital Shadow</i> ¹ permite monitorizar o ativo e, com isto, os responsáveis pelo controlo do mesmo podem tomar decisões consoante interpretação dos dados que estiverem a ser recolhidos, podendo avaliar eventuais riscos e, com isto, otimizar ações de manutenção ou reparação

Apresentação do IDM



- IfcSensor ainda sem extensómetros (mesmo no IFC 4.3)!

Requisitos	Gerais	IfcGUID
		IfcObjectPlacement (ou IfcLocalPlacement ou IfcGridPlacement)
		Pset_Condition
		Pset_ElectricalDeviceCommon
		Pset_EnvironmentalImpactIndicators
		Pset_EnvironmentalImpactValues
		Pset_ManufacturerOccurrence
		Pset_ManufacturerTypeInformation
		Pset_ServiceLife
		Pset_Warranty
	Específicos	Qto_SensorBaseQuantities
		IfcSensorType > IfcSensorTypeEnum > USERDEFINED
		Interligação com bases de dados externas (MySQL, json, InfluxDB, etc.)
		Material
		Pset_SensorPHistory
		Pset_SensorTypeCommon

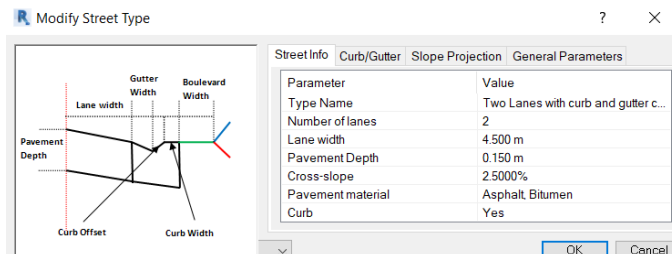
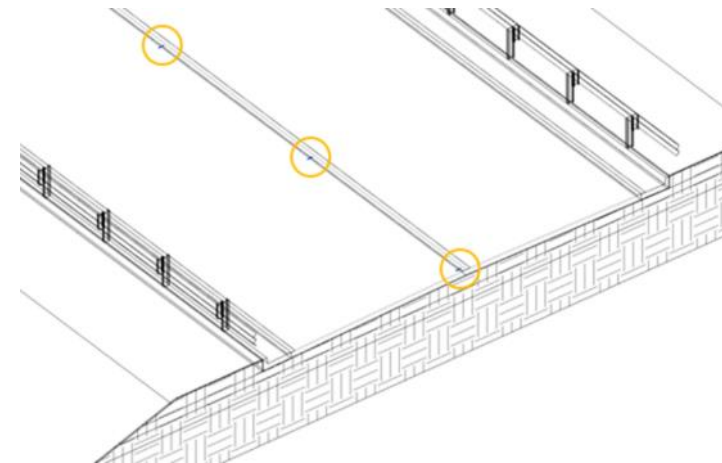
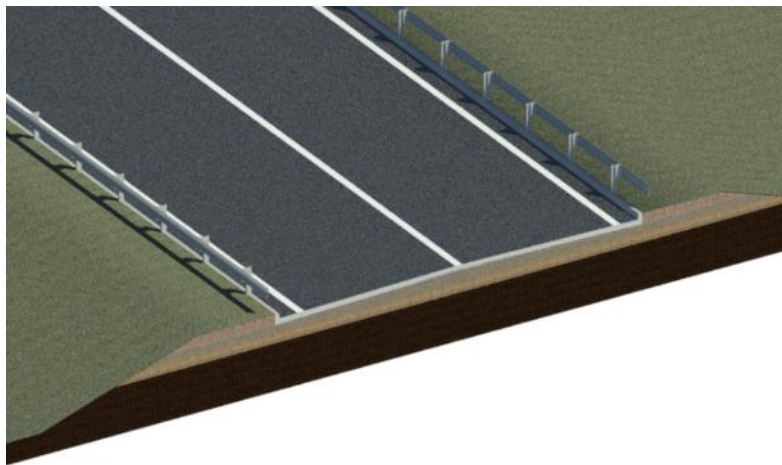
Nome do <i>Property Set</i>	Pset_SensorTypeStrainGauge
Entidade Aplicável	IfcSensorType
Enumeração	IfcSensorType/STRAINGAUGE
Definição	Dispositivo que mede as extensões dos elementos.

Nome	<i>Property Type</i>	<i>Data Type</i>	Definição
SetPointStrain (Extensão)	IfcPropertyBoundedValue	IfcStrainMeasure (valor numérico, real)	O valor da extensão medido pelo sensor. Deve-se utilizar propriedade IfcPropertyBoundedValue.SetPoint Value para esse efeito
SetPointTemperature (Temperatura)	IfcPropertyBoundedValue	IfcThermodynamicTemperatureMeasure (valor numérico, real)	O valor da temperatura medido pelo sensor. Deve-se utilizar propriedade IfcPropertyBoundedValue.SetPoint Value para esse efeito
SetDateTime (Data)	IfcLabel	IfcDateTime	A data e a hora em que foi feita a medição por parte do sensor

Uso BIM 1 - Monitorização



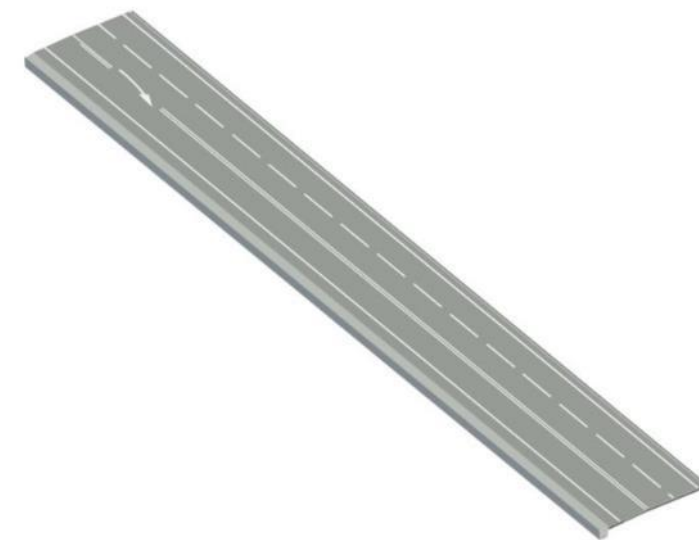
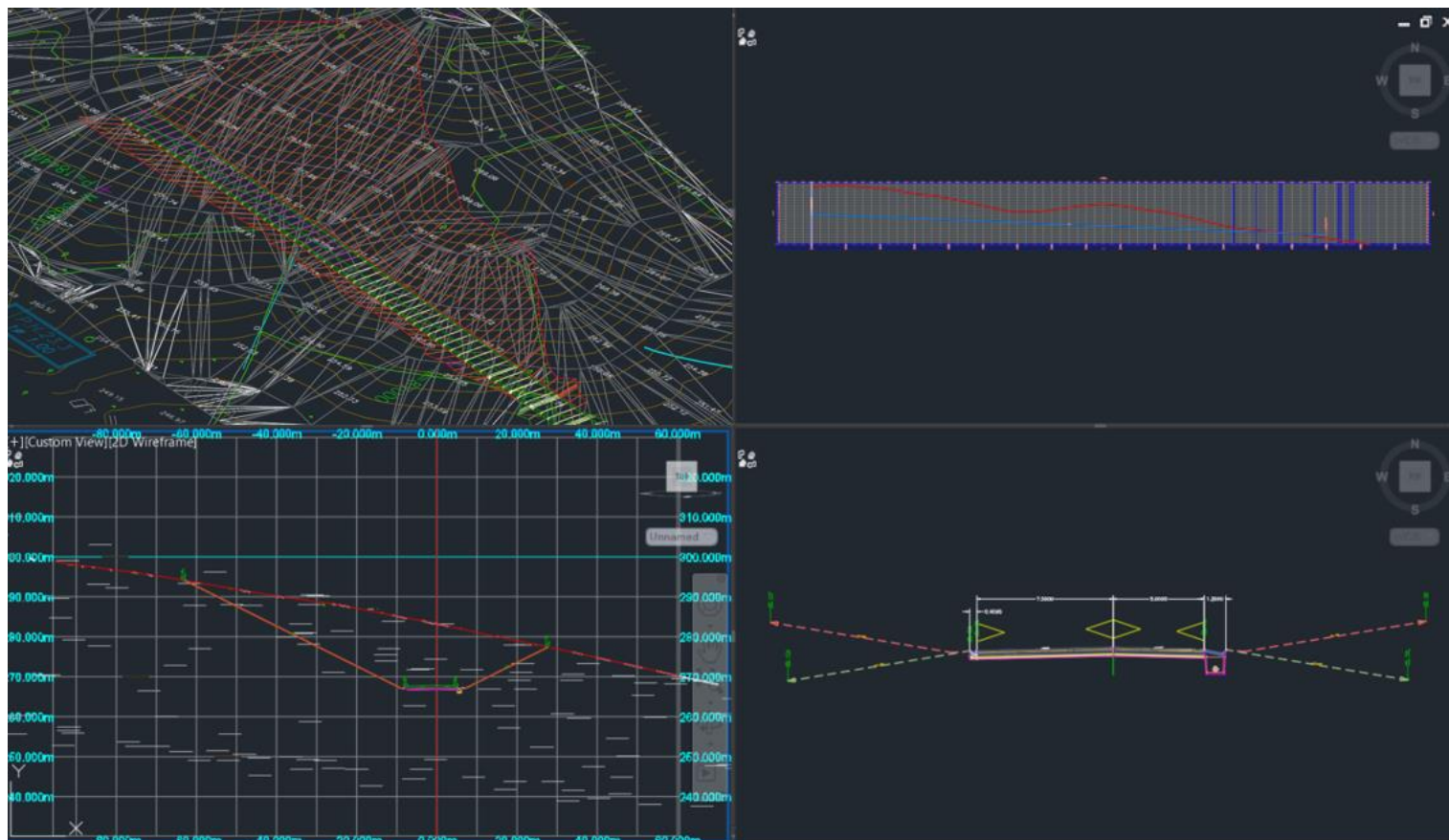
- Modelo de LOD reduzido (respeitando contudo exigências do IDM)



Uso BIM 1 - Monitorização



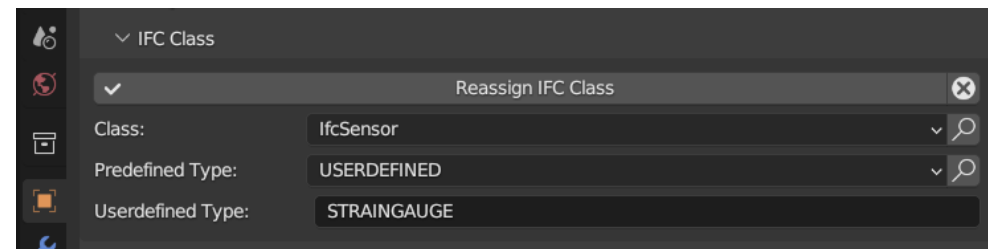
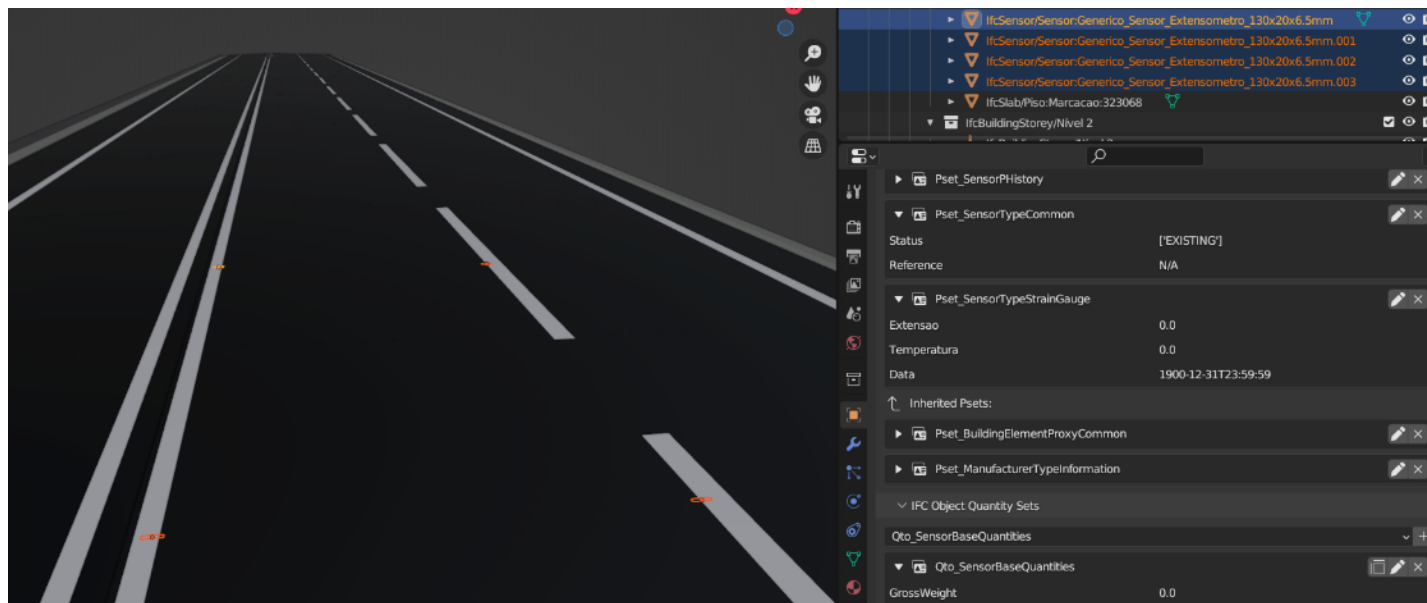
- Modelo Civil 3D, importado para Revit no formato IFC



Uso BIM 1 - Monitorização



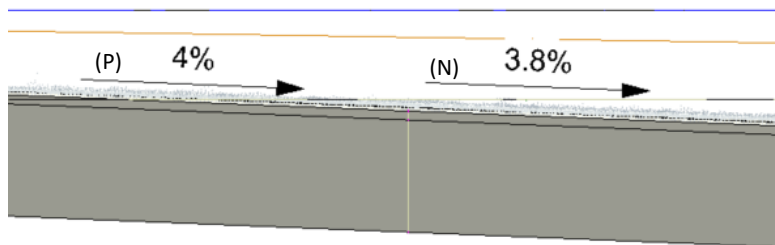
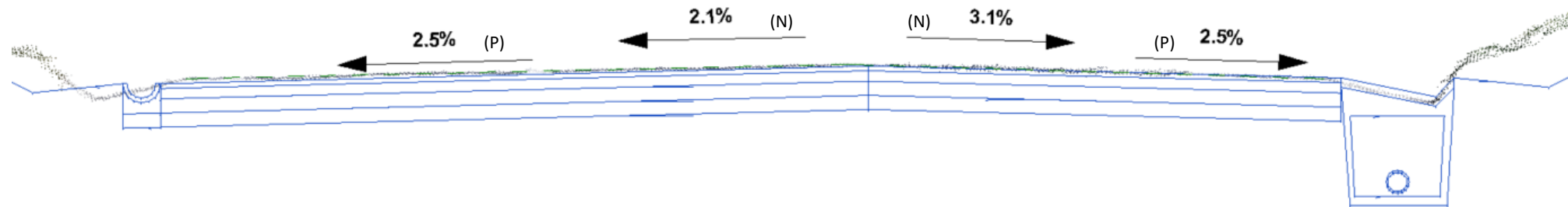
- Modelo no BlenderBIM em IFC combina exigências do Uso 1



Uso BIM 2 - Controlo Conformidade



- Imagens de sobreposição com nuvem de pontos (a análise de diferenças é essencialmente visual)



Legenda:
P – Projeto
N – Nuvem de Pontos “as-is”



Conclusões



- Modelação de estradas com ferramentas e estruturas de dados existentes coloca ainda alguns desafios
- Espera-se que novo IFC 4.3 resolva várias carências no domínio das infraestruturas lineares como a rodovia
- Necessidade de serem criadas novas classes de sensores para determinados usos não definidos no IFC
- Foram desenvolvidos modelos do troço em estudo em conformidade com os usos BIM previstos e de acordo com IDM desenvolvido na Atividade 5 do PPS 1

Obrigado!

Diogo Parracho | João Poças Martins

Desenvolvimento do sistema de monitorização do pavimento.

Hugo Silva. Universidade do Minho

Escolha do tipo de sensores



- Seleção de sensores de fibra ótica do tipo FBG

Vantagens dos sensores FBG (Fibre Bragg Grating)

Resistência a ambientes agressivos quando devidamente protegidos

Flexibilidade

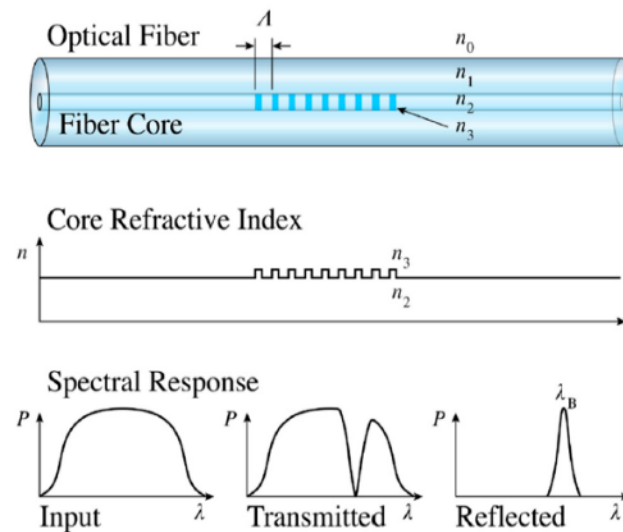
Elevada frequência

Tamanho reduzido - menos intrusivos

Alta precisão e sensibilidade

Multiplicidade (vários sensores num canal)

Imunidade aos campos eletromagnéticos



Estrutura ótica dos sensores FBG

Principais desafios

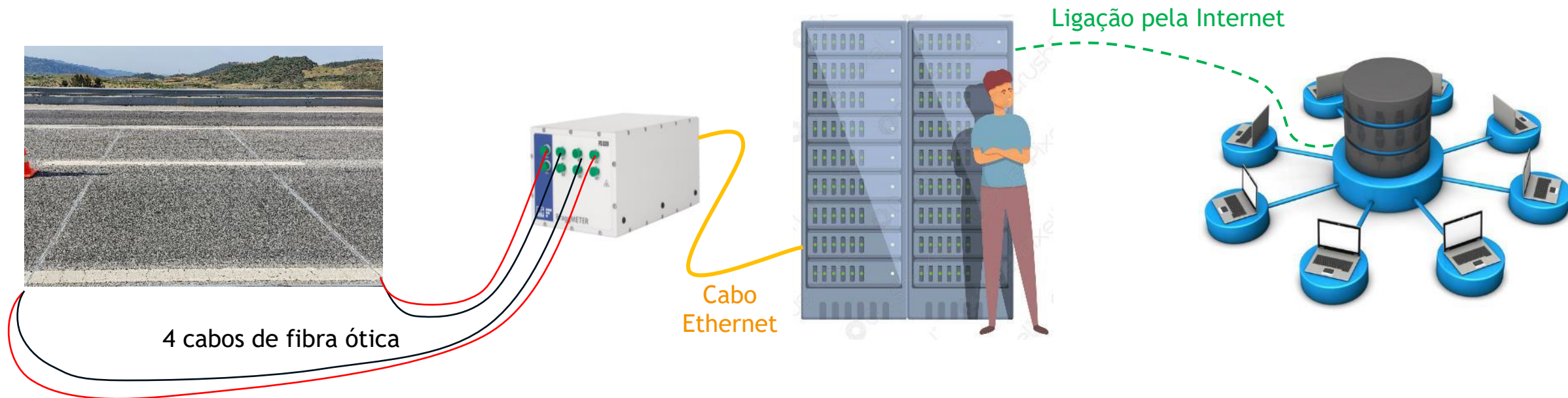
Reduzida utilização da tecnologia FBG na monitorização em contínuo

Dificuldades em assegurar uma correta transmissão de carga (importância do revestimento ou material de proteção)

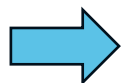
Arquitetura do sistema



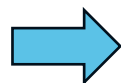
- Principais componentes do sistema de monitorização.



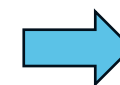
Múltiplos (44+4) sensores FBG em quatro perfis no trecho



Interrogador num bastidor próximo do trecho



Máquina virtual no servidor do CAM (pré-processamento e tempo real)

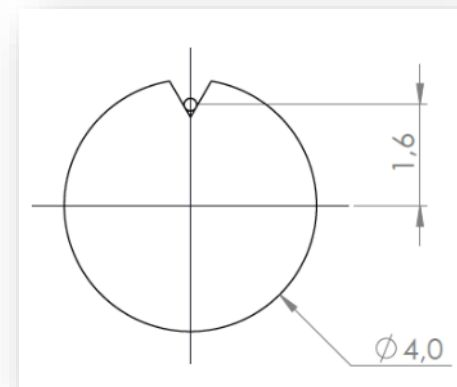
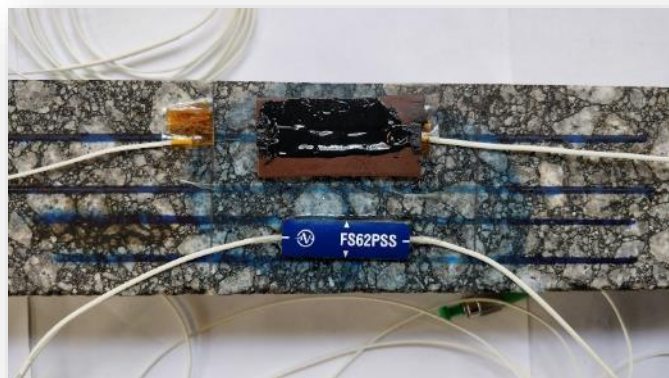


Servidor dedicado com base de dados (pós-processamento e data lake)

Avaliação laboratorial dos sensores



- Avaliar os sensores, o interrogador, o software de aquisição, o perfil de fibra de vidro e várias resinas - ensaios em vigas.



Avaliação laboratorial dos sensores



- Avaliar os sensores, o interrogador, o software de aquisição, o perfil de fibra de vidro e várias resinas - ensaios em lajes.



Validação em instalação piloto (LNEC)



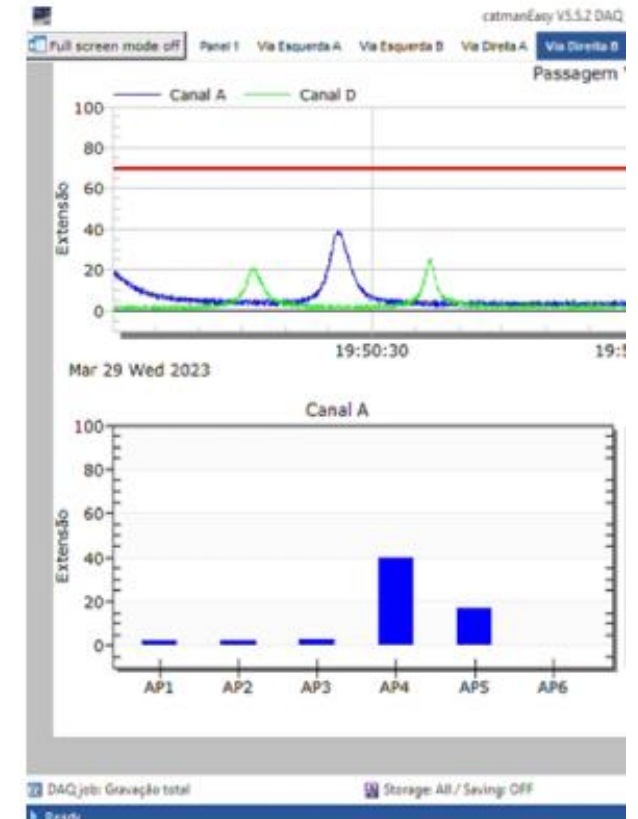
- Validação intermédia dos sensores: escala próxima da real, largura e profundidade dos rasgos, eficácia e cura da resina.



Validação em instalação piloto (LNEC)



- Validação intermédia dos sensores: aplicação de cargas rolantes e com FWD



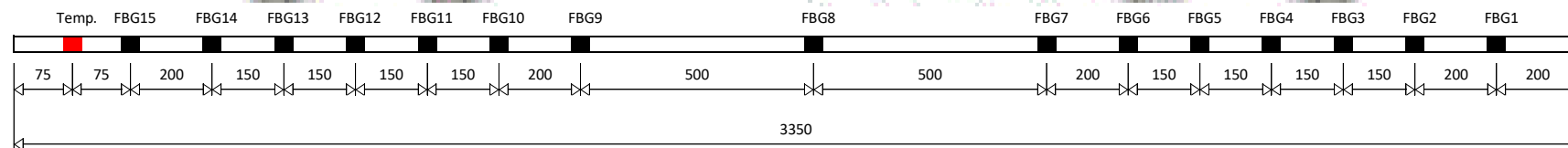
Configuração final dos sensores no trecho experimental



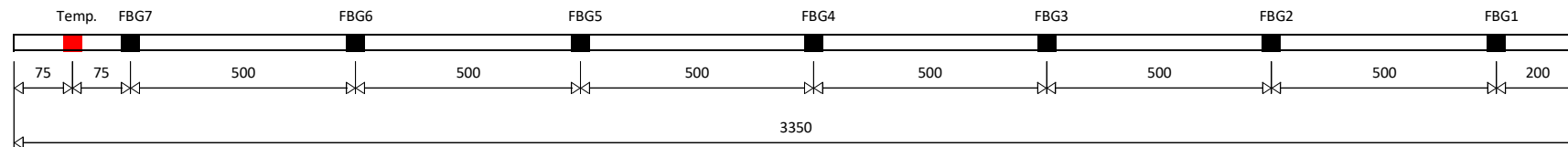
- Distribuição dos sensores nos quatro perfis colocados no trecho e os objetivos da instrumentação.



P1



P2



Obrigado!

Hugo Silva

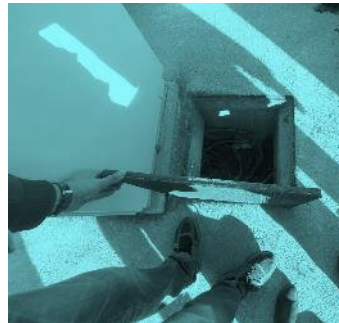
Instalação dos sensores.

Vânia Marecos, LNEC

PAV4.0 LC Instalação do Sistema de Monitorização num pavimento real



PAV4.0 LC | Planeamento



PAV4.0 LC | Planeamento



Visita ao local

PAV4.0 LC | Planeamento



Caixa de visita junto aos sensores

Caixa de visita junto ao bastidor





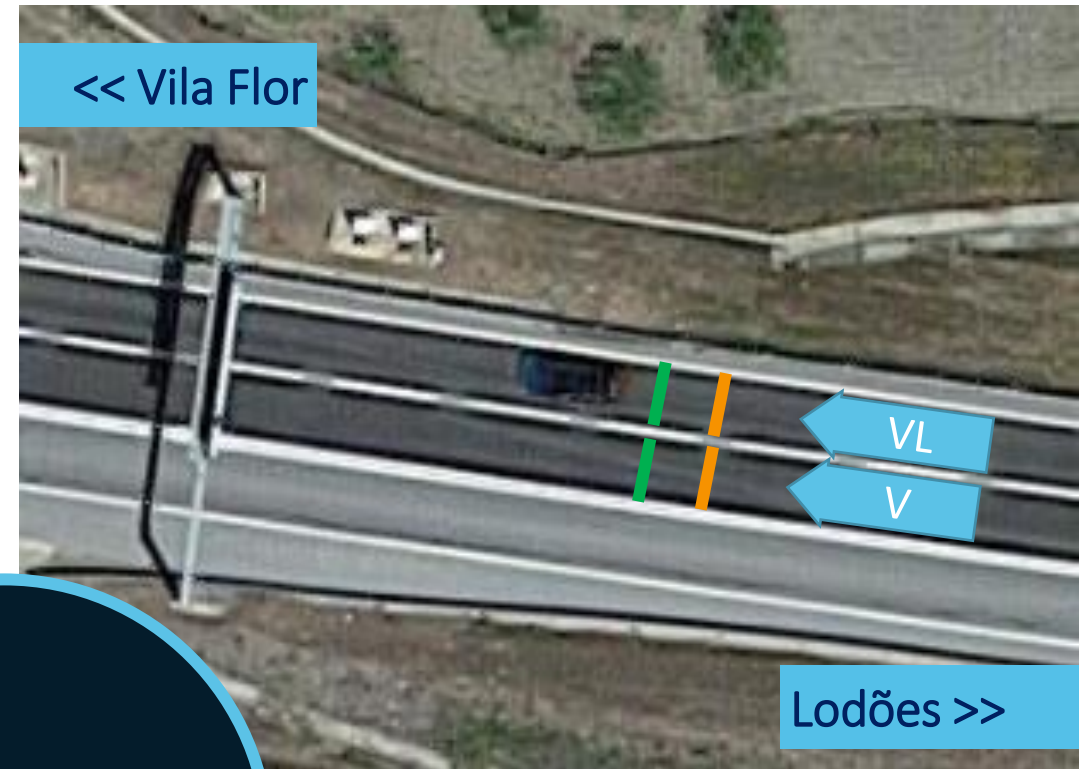
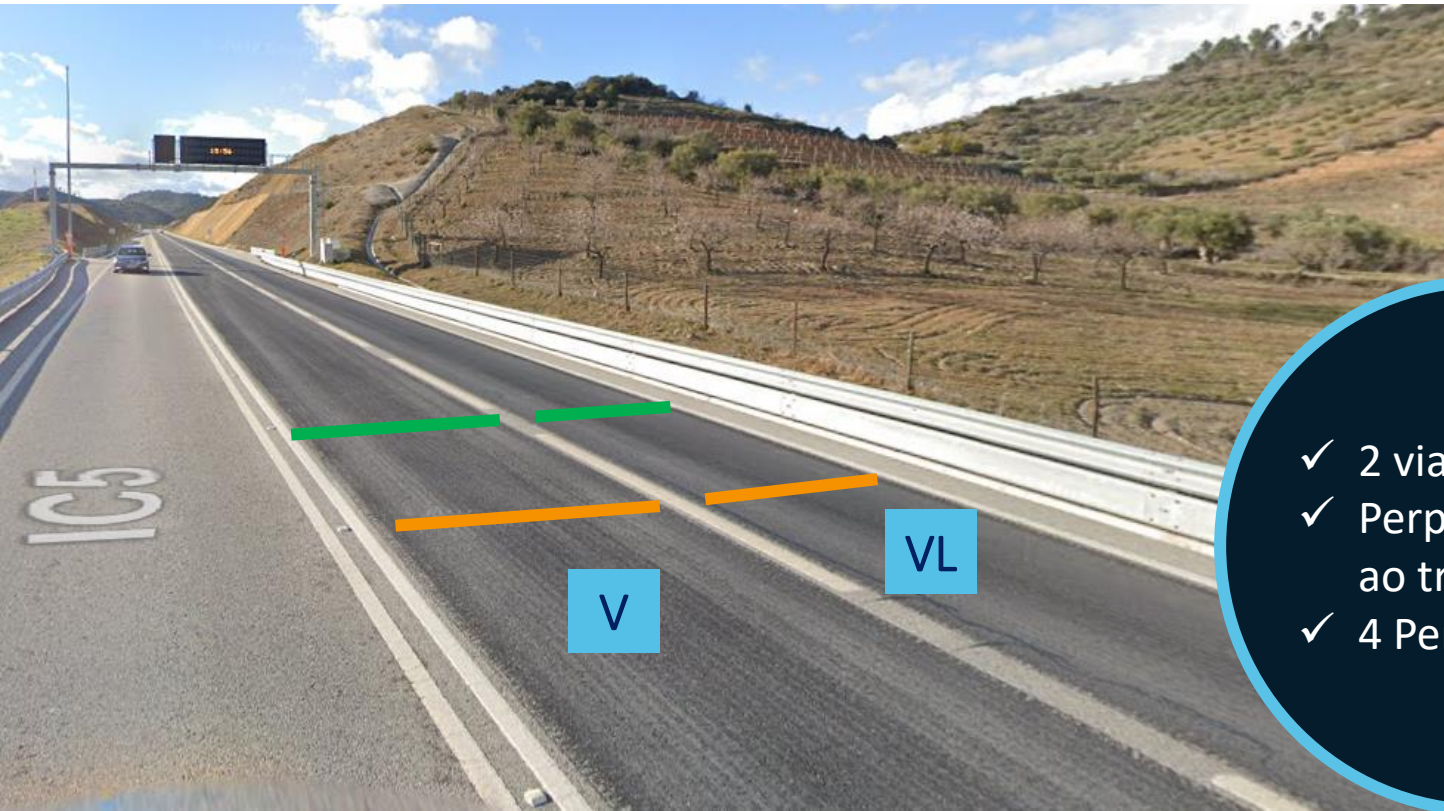
PAV4.0 LC | Planeamento



PAV4.0 LC | Planeamento



Posicionamento dos sensores

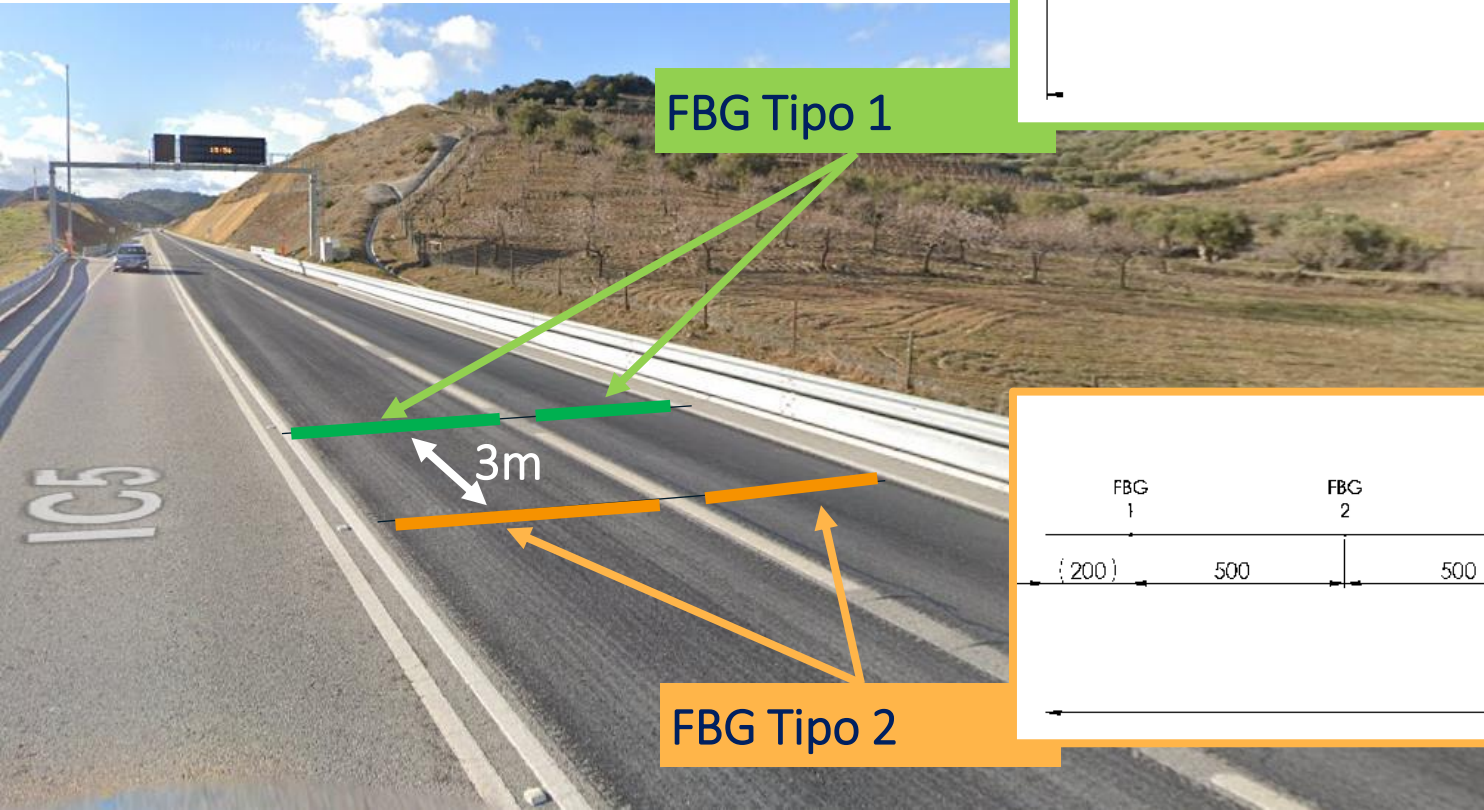


- ✓ 2 vias
- ✓ Perpendicular ao tráfego
- ✓ 4 Perfis FBG

PAV4.0 LC | Planeamento



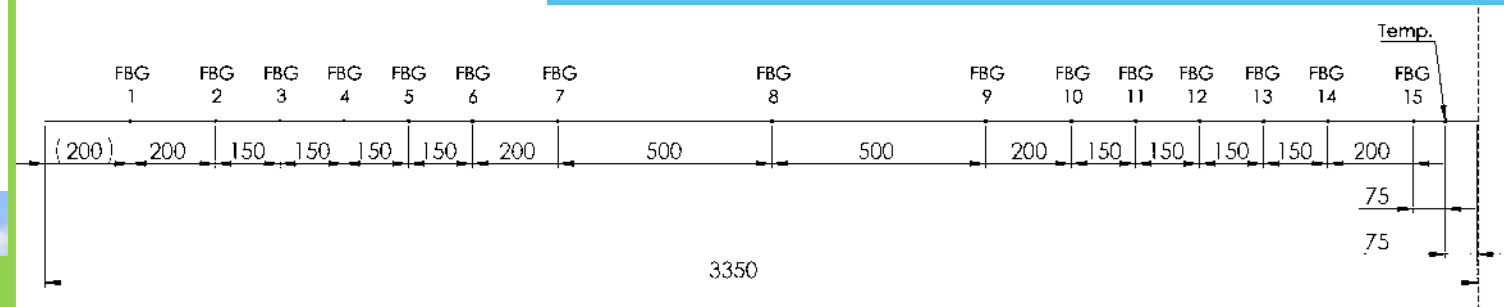
Posicionamento dos sensores



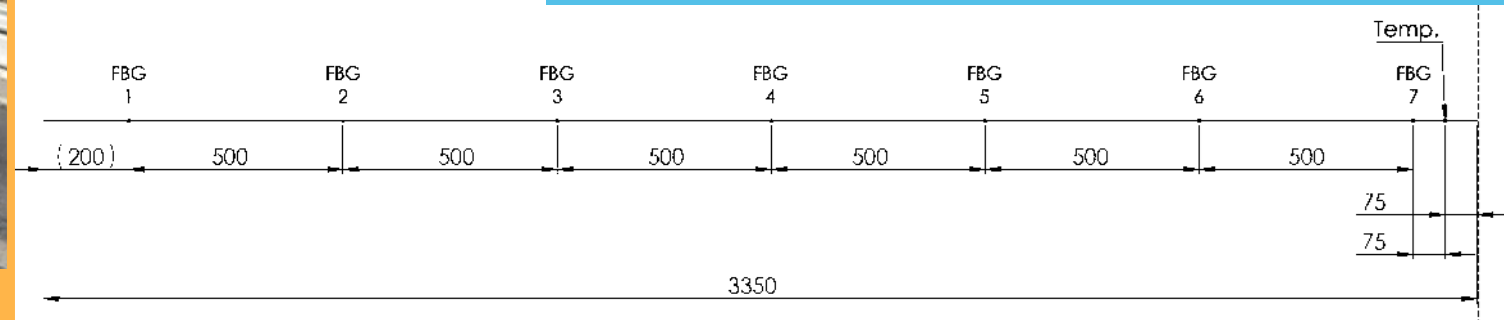
FBG Tipo 1

FBG Tipo 2

15 sensores de extensão + 1 de Temperatura



7 sensores de extensão + 1 de Temperatura

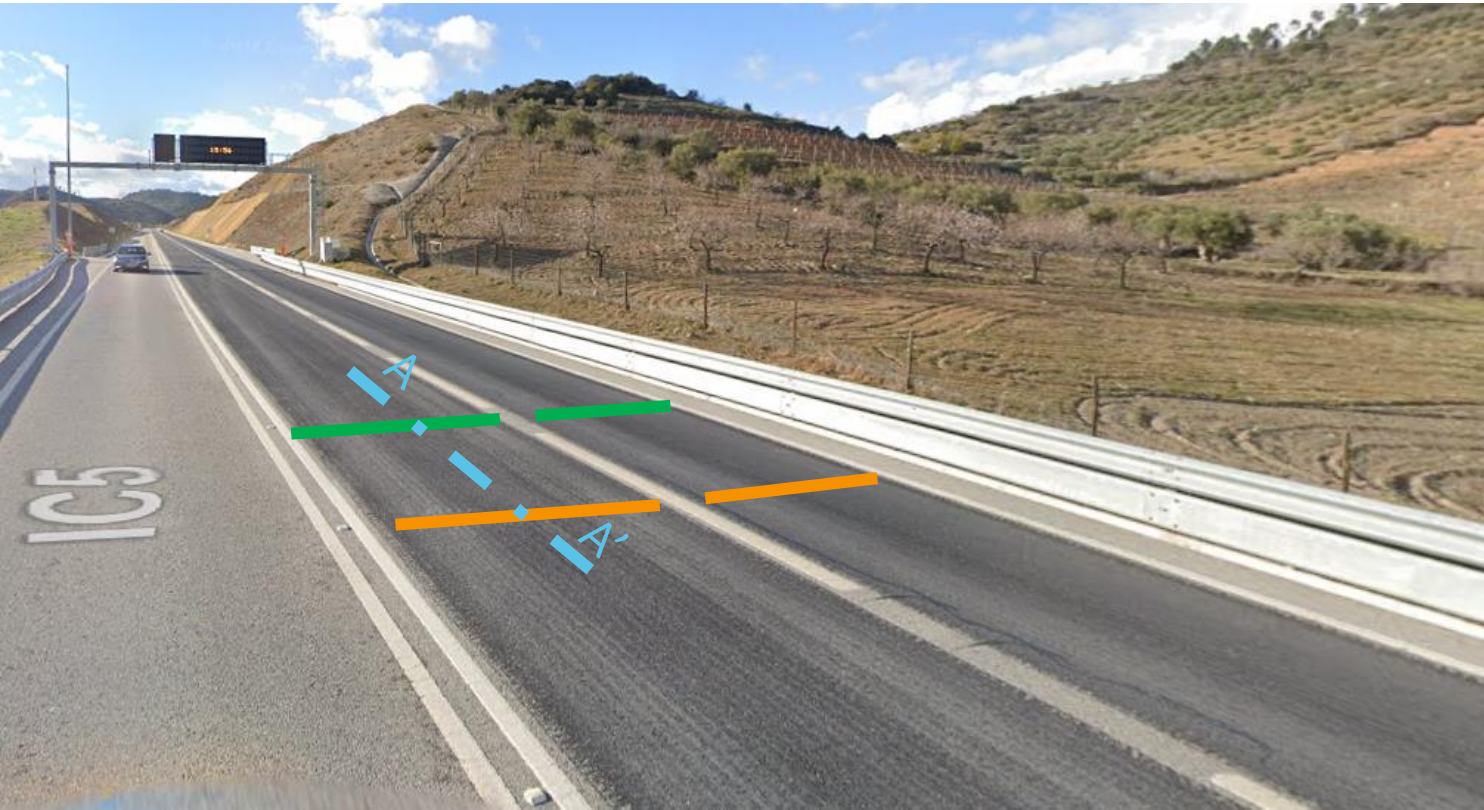


PAV4.0 LC | Planeamento



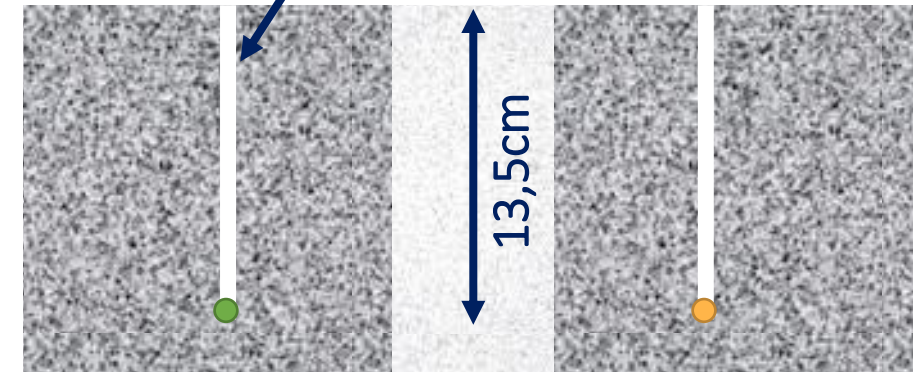
Profundidade da camada MB
Projeto: 16 cm
Carotes: 16,5 cm a 17 cm

Posicionamento dos sensores



Corte AA'

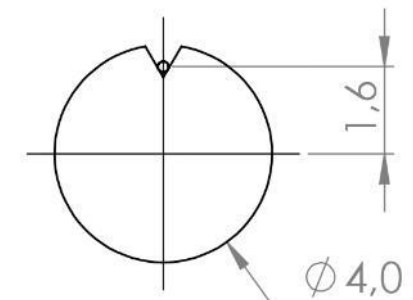
1 cm



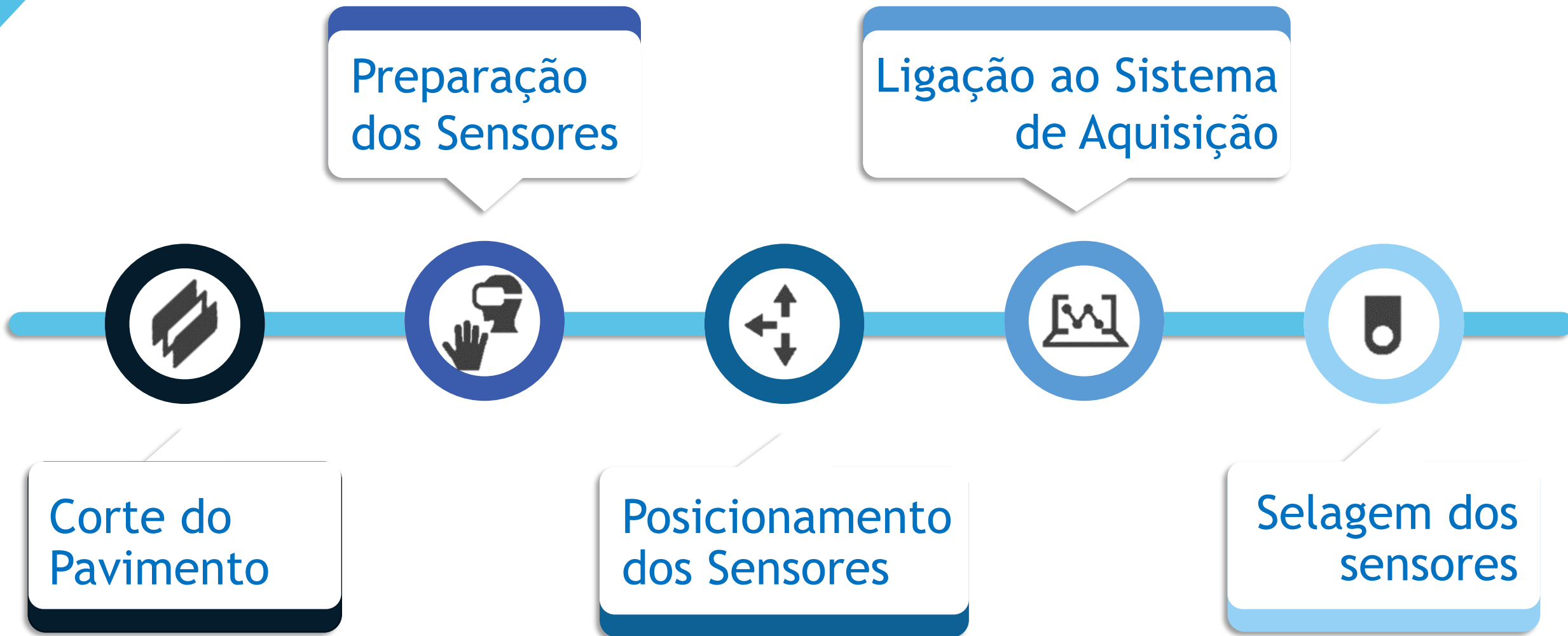
FBG Tipo 1

FBG Tipo 2

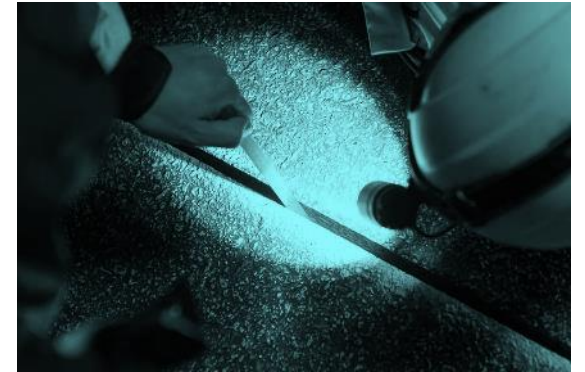
Secção transversal do sensor



PAV4.0 LC | Instalação



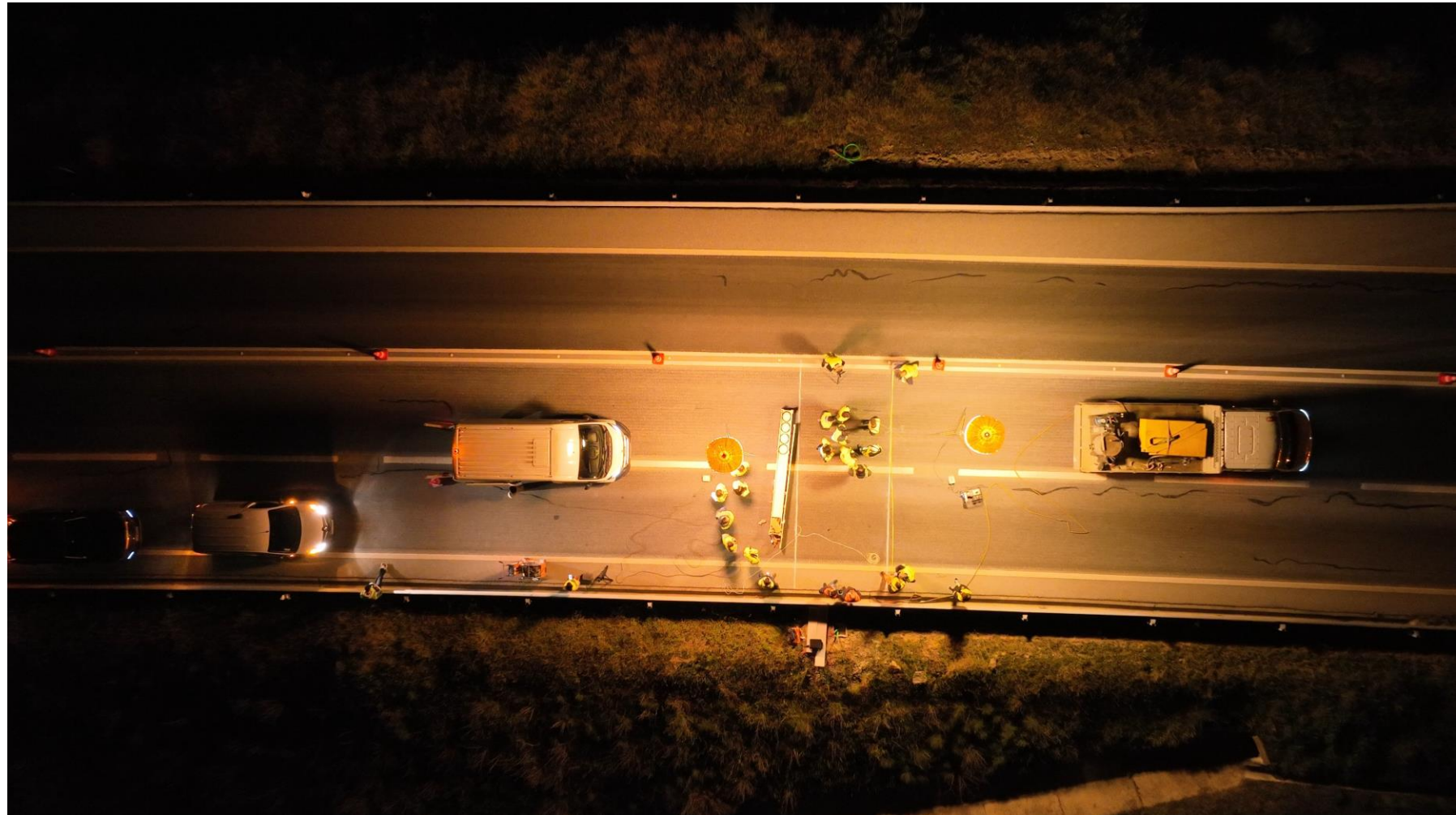
PAV4.0 LC | Corte do Pavimento



PAV4.0 LC | Corte do Pavimento



Marcação



PAV4.0 LC | Corte do Pavimento



Marcação



Corte

PAV4.0 LC | Corte do Pavimento



Corte



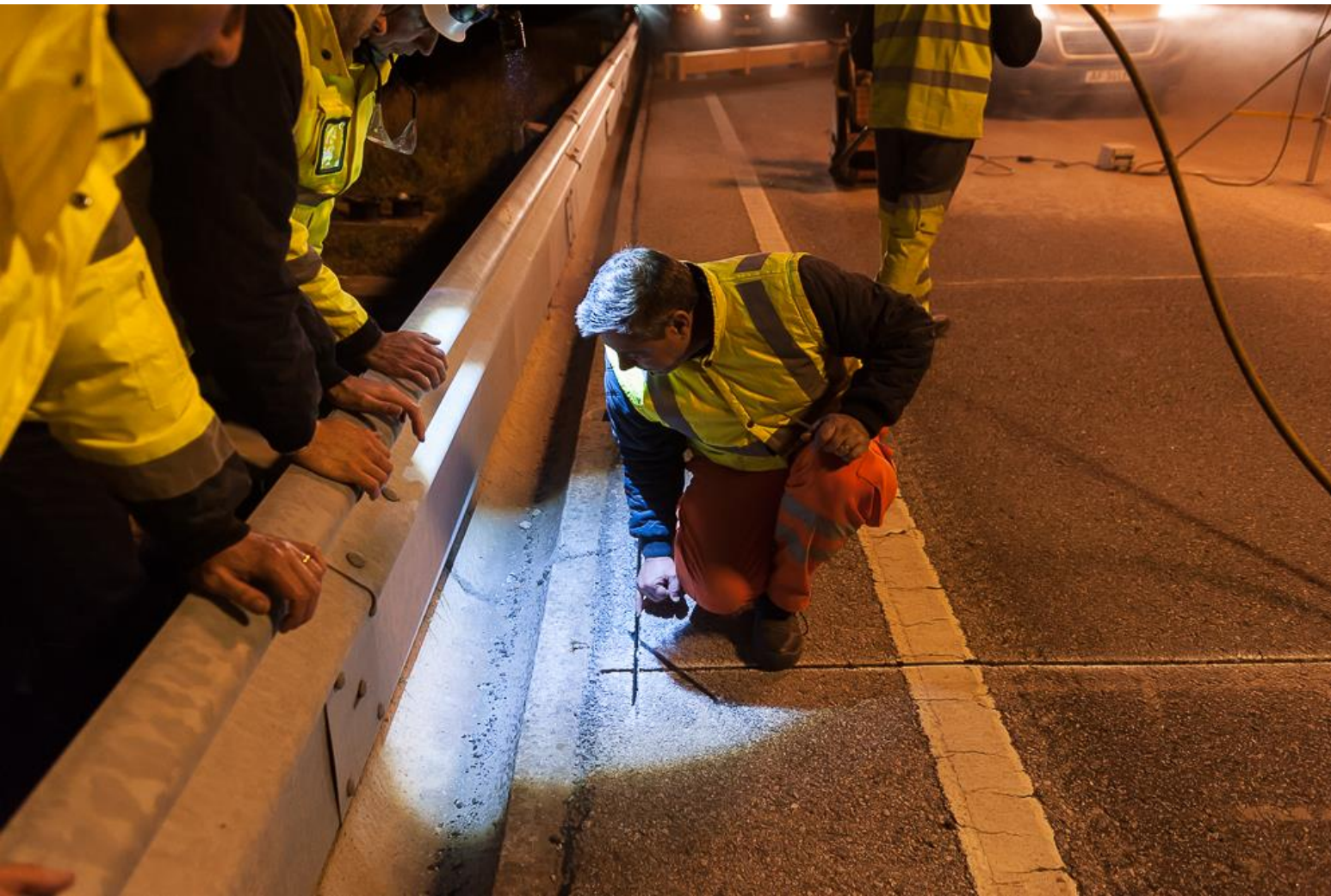


PAV4.0 LC | Corte do Pavimento



Limpeza

PAV4.0 LC | Corte do Pavimento



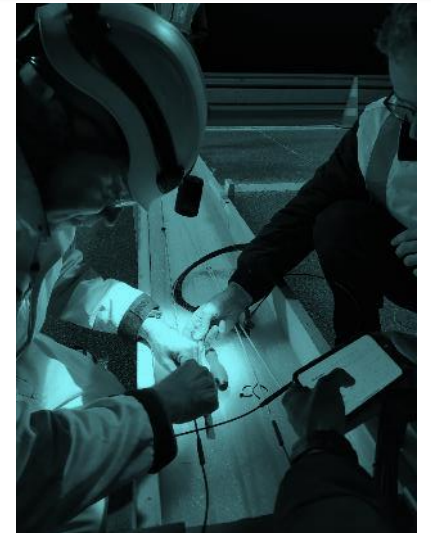
Verificação dos ângulos de curvatura

PAV4.0 LC | Corte do Pavimento

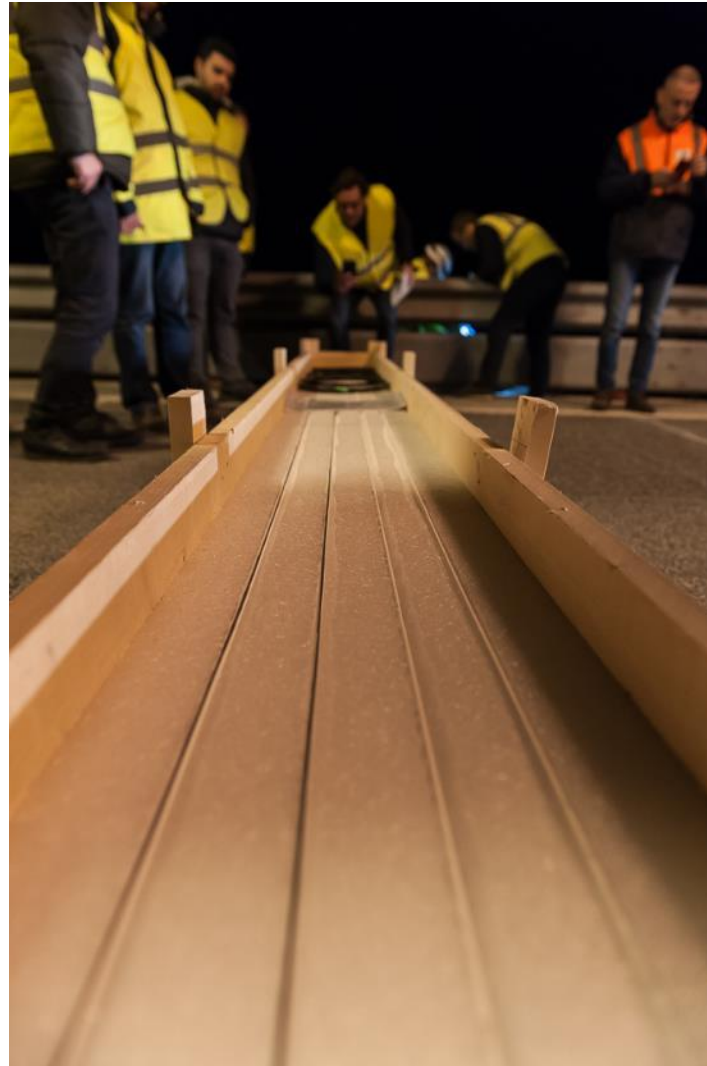


Verificação da Profundidade

PAV4.0 LC | Preparação dos Sensores



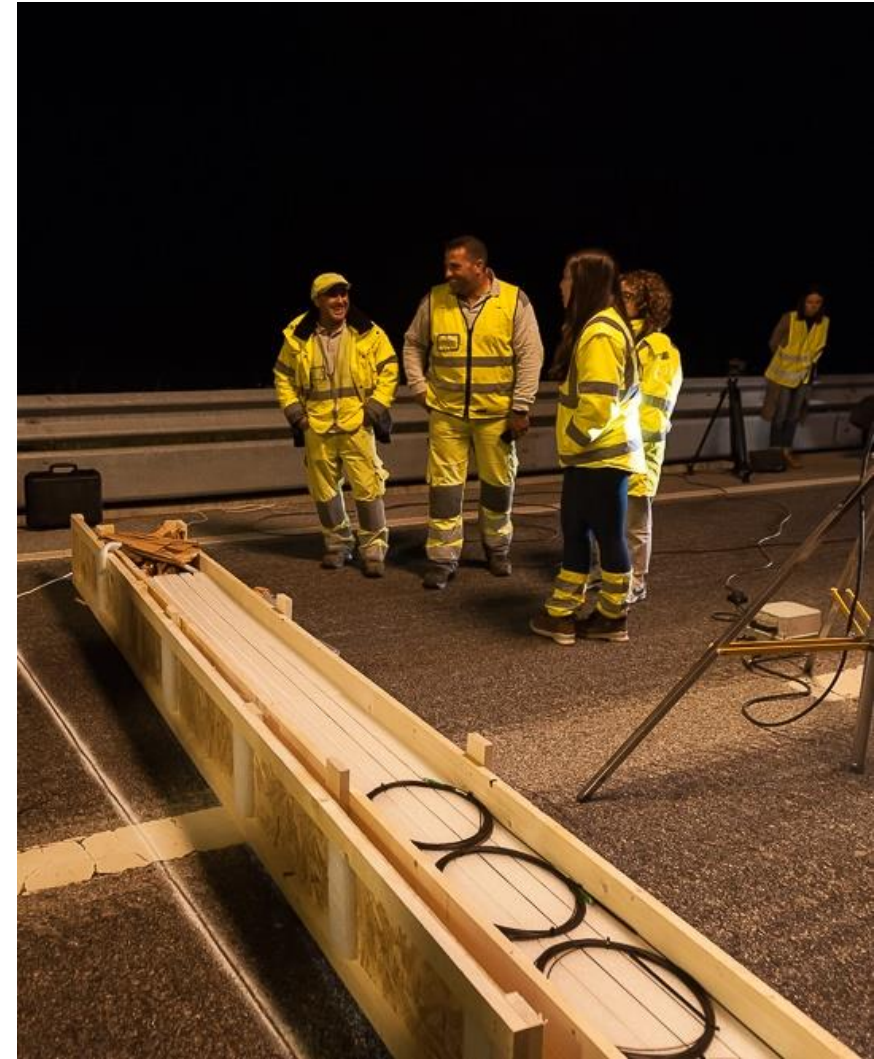
PAV4.0 LC | Preparação dos Sensores



Desembalar



PAV4.0 LC | Preparação dos Sensores



PAV4.0 LC | Preparação dos Sensores



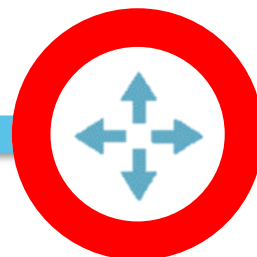
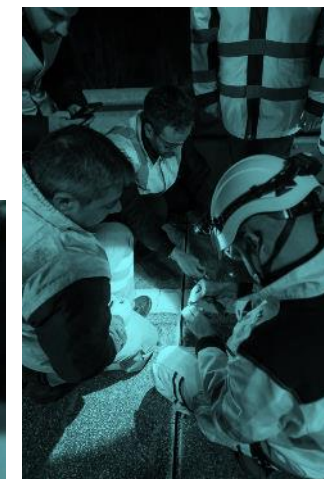
Colocação das peças
de fixação

PAV4.0 LC | Preparação dos Sensores



Colocação das peças
de fixação

PAV4.0 LC | Posicionamento dos Sensores



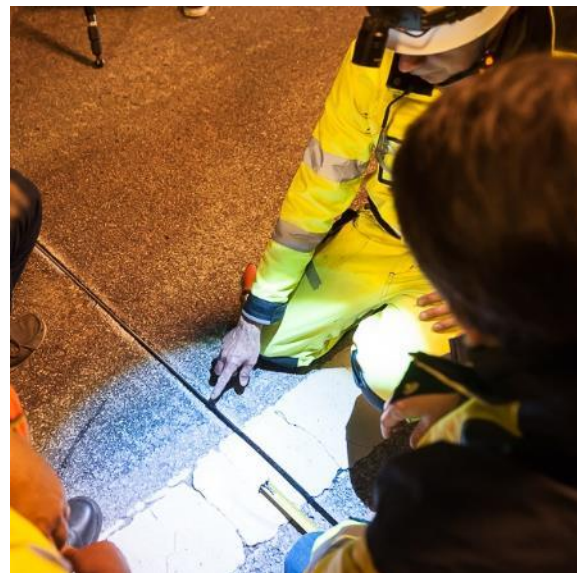
PAV4.0 LC | Posicionamento dos Sensores



PAV4.0 LC | Posicionamento dos Sensores



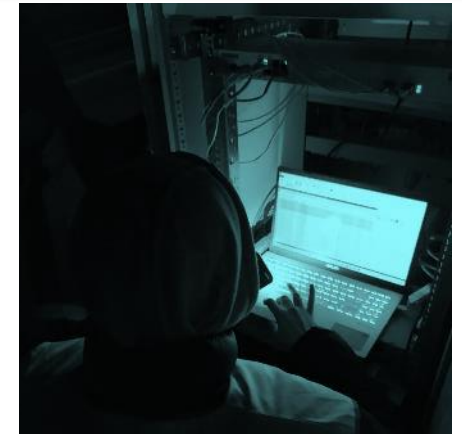
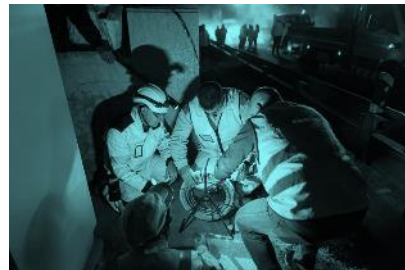
PAV4.0 LC | Posicionamento dos Sensores



PAV4.0 LC | Posicionamento dos Sensores



PAV4.0 LC | Ligação ao Sistema de Aquisição



PAV4.0 LC | Ligação ao Sistema de Aquisição



Ligação dos perfis FBG



PAV4.0 LC | Ligação ao Sistema de Aquisição



Passagem de cabos entre caixas de visita

PAV4.0 LC | Ligação ao Sistema de Aquisição



Ligação ao Bastidor

PAV4.0 LC | Ligação ao Sistema de Aquisição



Teste dos sensores

PAV4.0 LC | Selagem dos Sensores



PAV4.0 LC | Selagem dos Sensores



Preparação da resina

PAV4.0 LC | Selagem dos Sensores



Preparação para
Colocação da resina

PAV4.0 LC | Selagem dos Sensores



Colocação da resina

PAV4.0 LC | Selagem dos Sensores



Colocação da resina

PAV4.0 LC | Selagem dos Sensores



Passagem dos
cabos

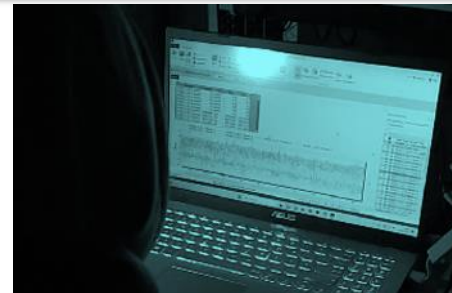
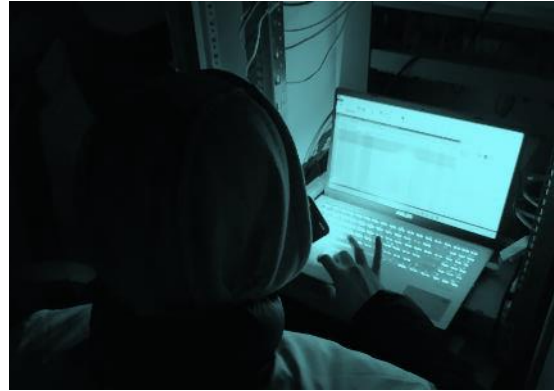
PAV4.0 LC | Selagem dos Sensores



Retificação da
resina

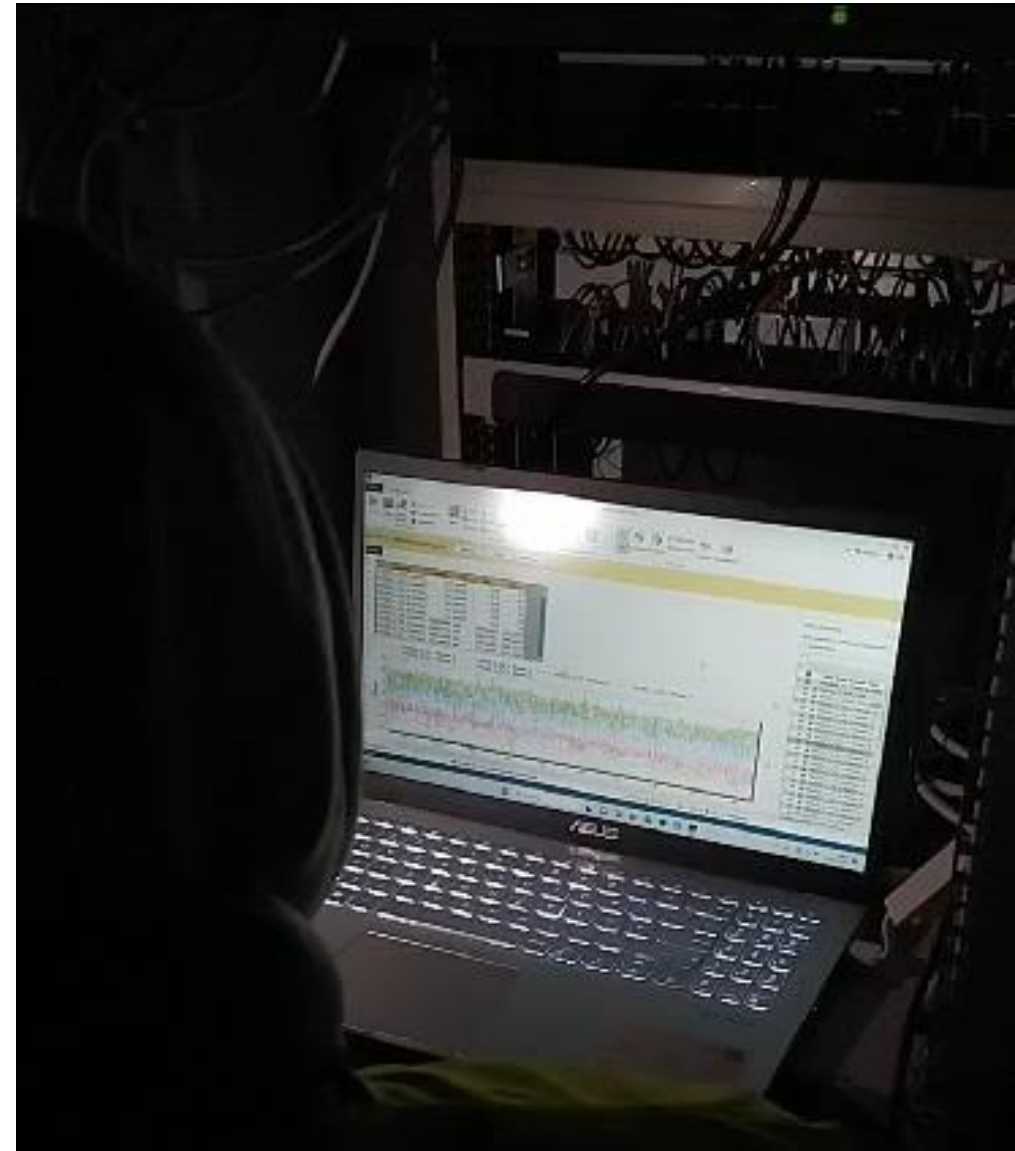
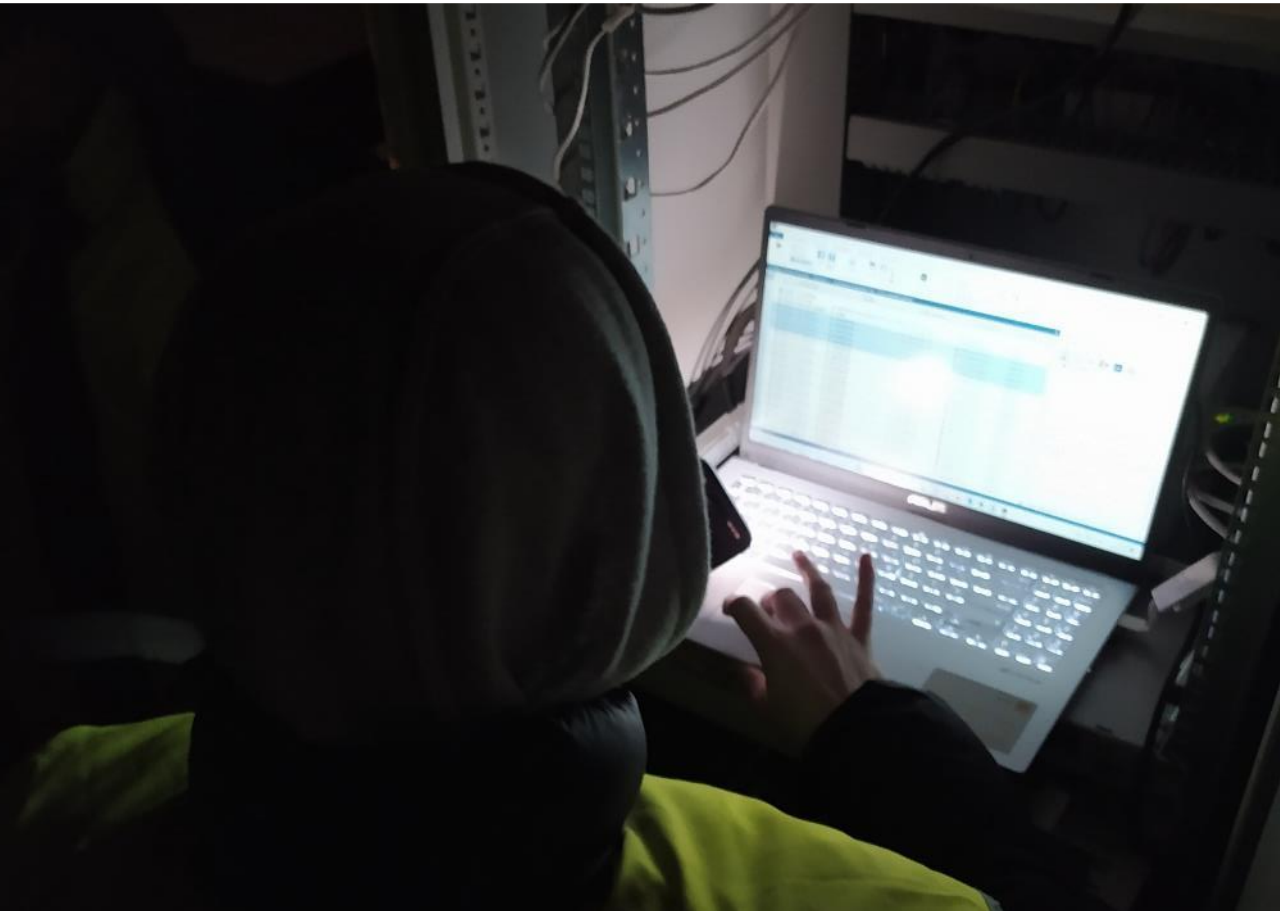


PAV4.0 LC | Aquisição





PAV4.0 LC | Aquisição de dados



Obrigada!

Vânia Marecos

Calibração do sistema de monitorização.

Francisco Rebelo. Universidade do Minho



Objetivos da calibração



- Realização de testes a diferentes horas do dia, permitindo estudar a influência da variação da temperatura nas extensões medidas.
- A calibração periódica é também importante para aferir a perda de rigidez do pavimento e o efeito da sazonalidade no comportamento desta infraestrutura.

Ensaaios realizados

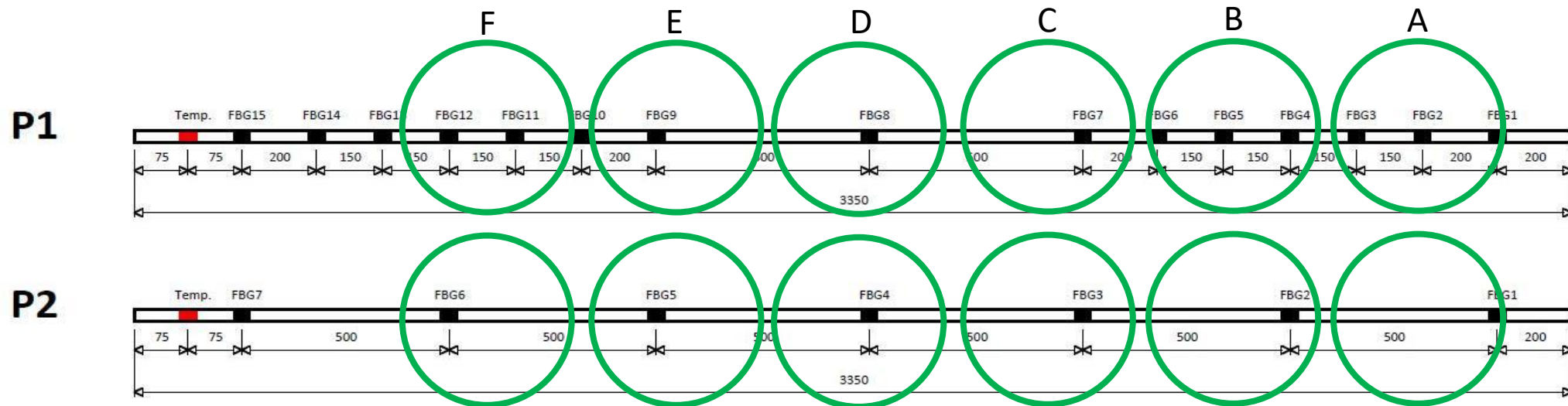
- Defletómetro de impacto (FWD)



Defletómetro de impacto (FWD)



- Foram realizadas 5 campanhas de ensaios com FWD ao longo do dia, com 4 cargas diferentes.
- Devido às condições do local, foram escolhidas 6 posições diferentes da via direita do trecho experimental



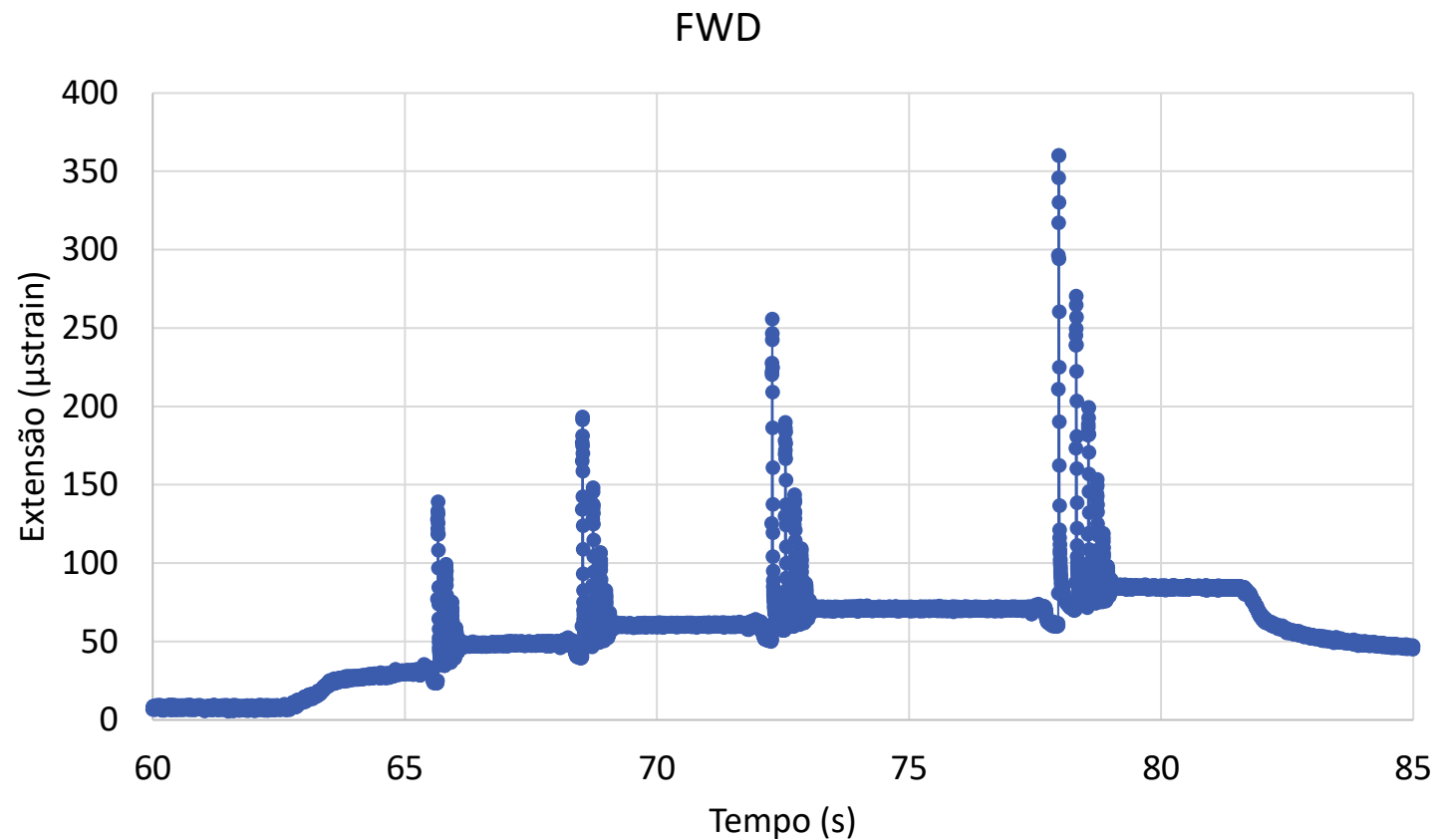


Defletómetro de impacto (FWD)



- Para avaliar o efeito da temperatura, também é necessário levar em consideração a posição da placa que transmite a carga ao pavimento em relação ao sensor que se encontra mais próximo desta.

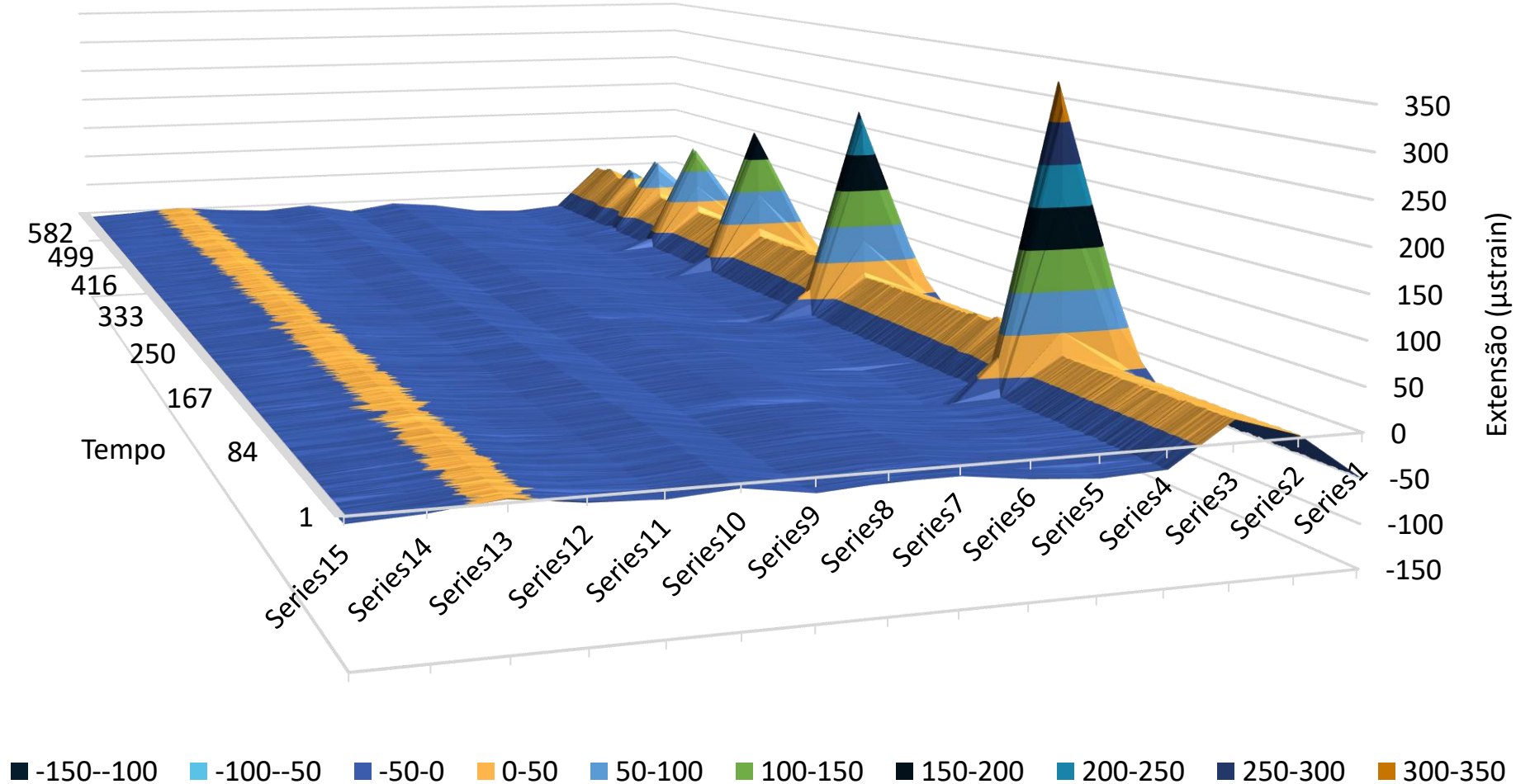
Defletómetro de impacto (FWD)



Defletómetro de impacto (FWD)



FWD - Via direita - Posição A – Última pancada



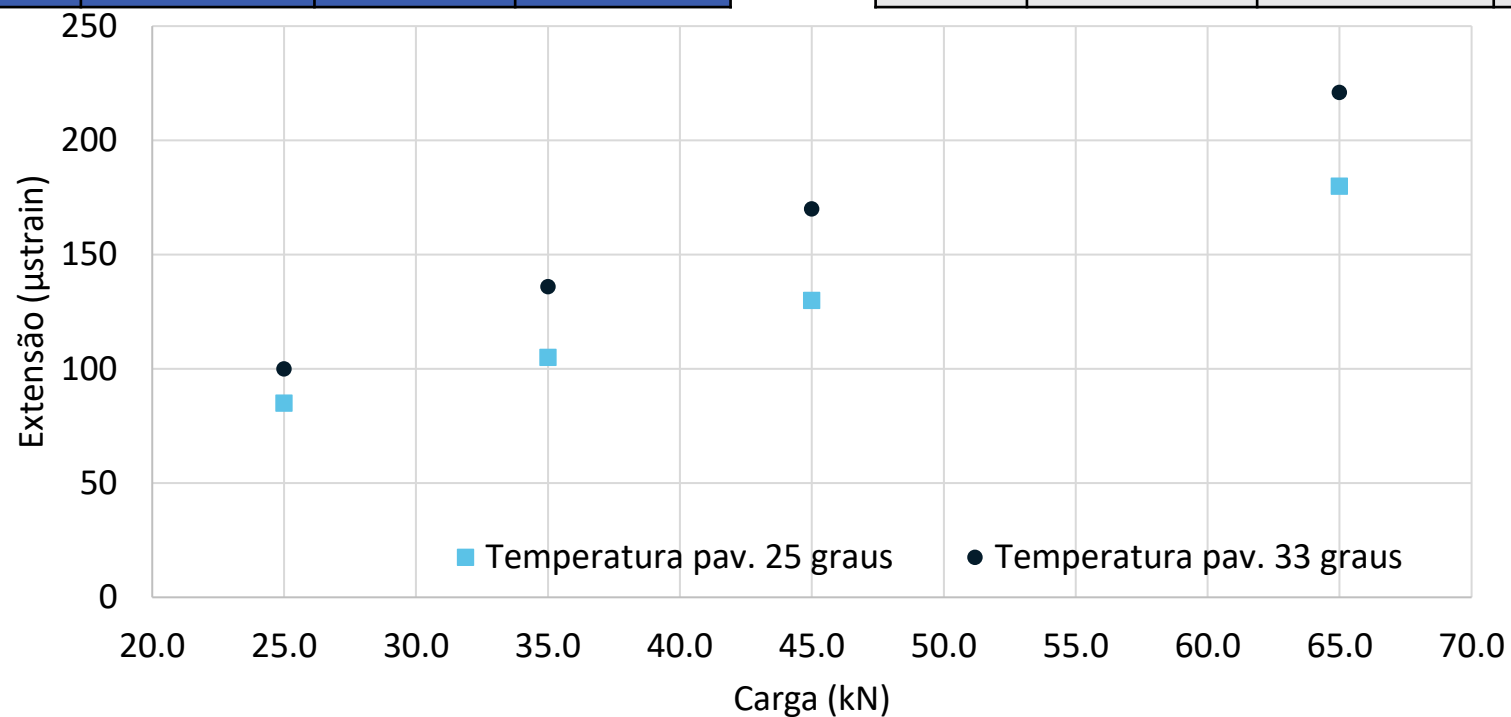
Defletómetro de impacto (FWD)



- Influência da temperatura

Carga (kN)	Dist. Sensor (cm)	Sensor + afetado	Temp (sensor)	Extensão (um)
25	2	S5	25	85
35	2	S5	25	105
45	2	S5	25	130
65	2	S5	25	180

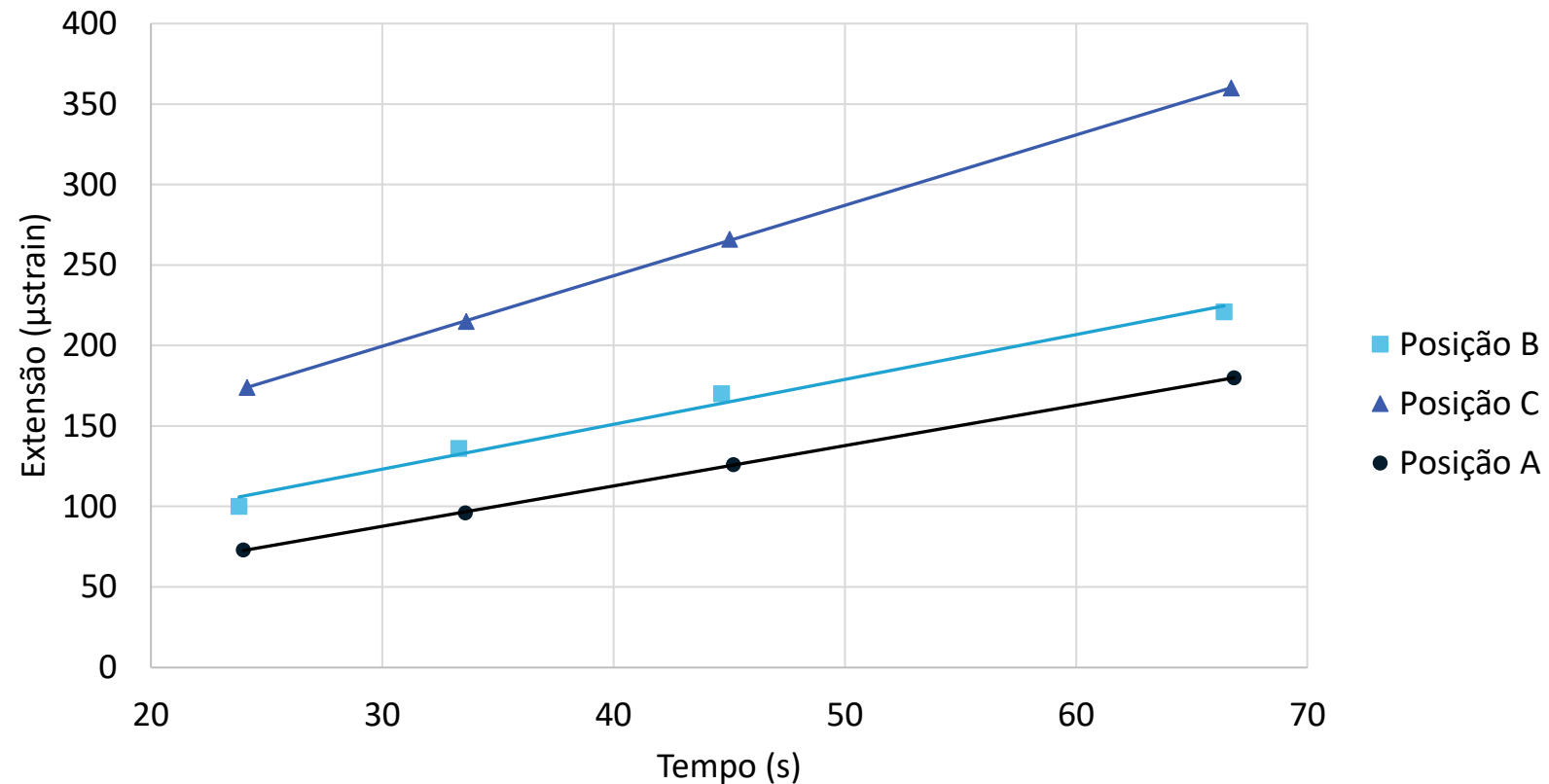
Carga (kN)	Dist. Sensor (cm)	Sensor + afetado	Temp (sensor)	Extensão (um)
25	2	S5	33	100
35	2	S5	33	136
45	2	S5	33	170
65	2	S5	33	221



Falling Weight Deflectometer



- Linearidade carga vs extensão



Ensaio realizados - Veículos pesados



- Passagem de veículos pesados com cargas conhecidas

Veículo 1



Veículo 2





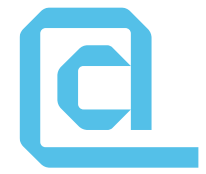
Veículos pesados



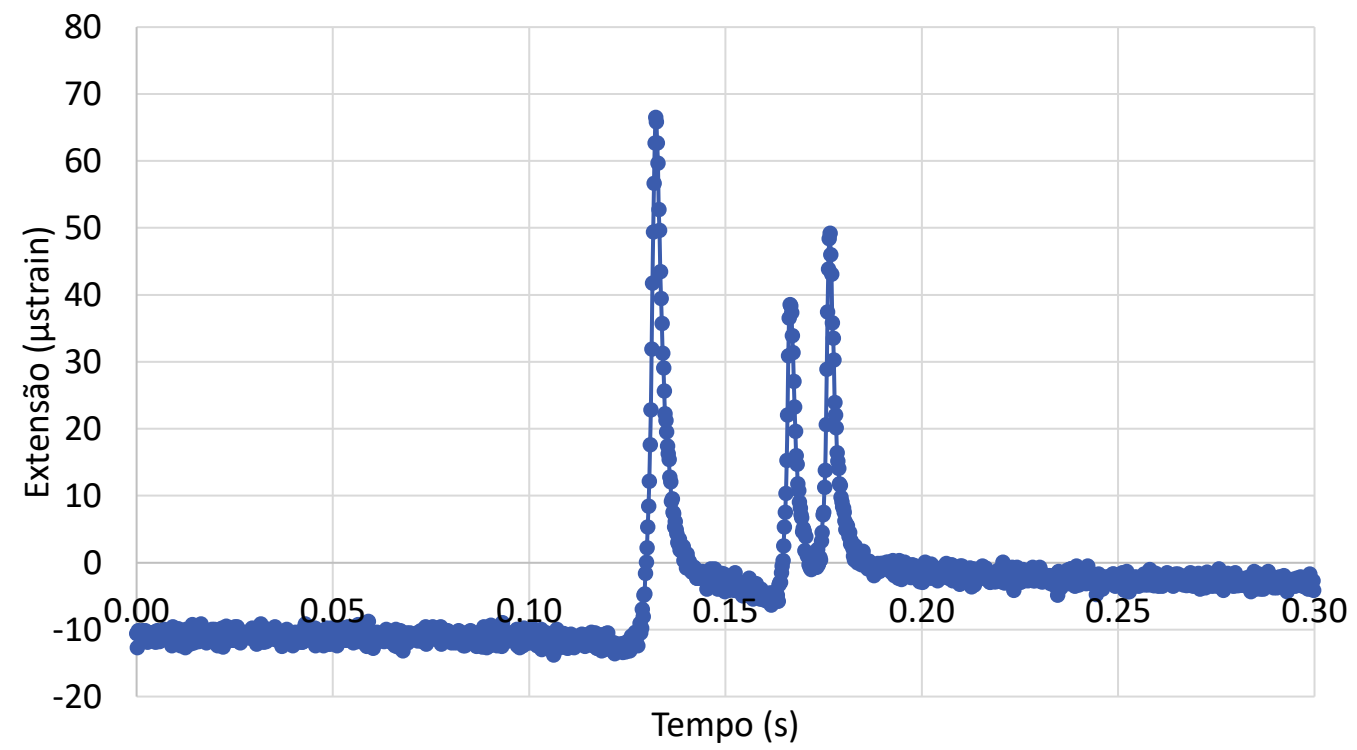
- Sabendo que os veículos pesados são aqueles que provocam maiores esforços no pavimento, pretende-se estudar as bacias de extensões provocadas por estes, tanto transversal como longitudinalmente.
- A carga e variação da tipologia de eixos é também relevante para esta análise.



Veículo pesado 1



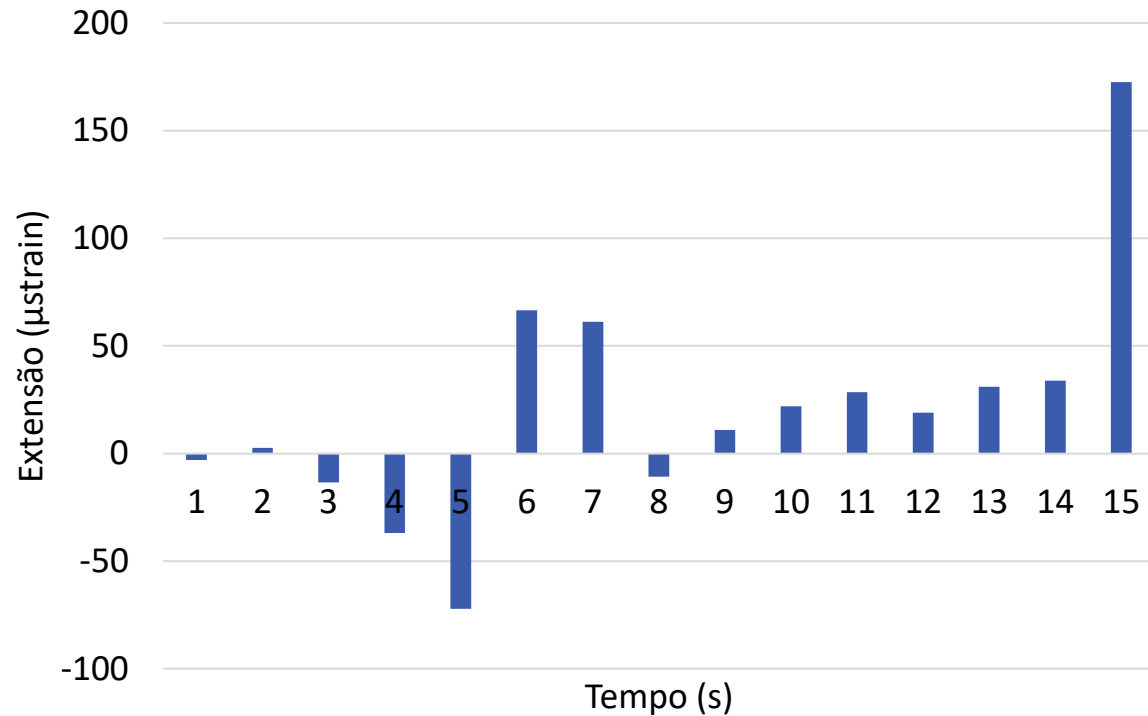
Peso do veículo 1 - 30 toneladas



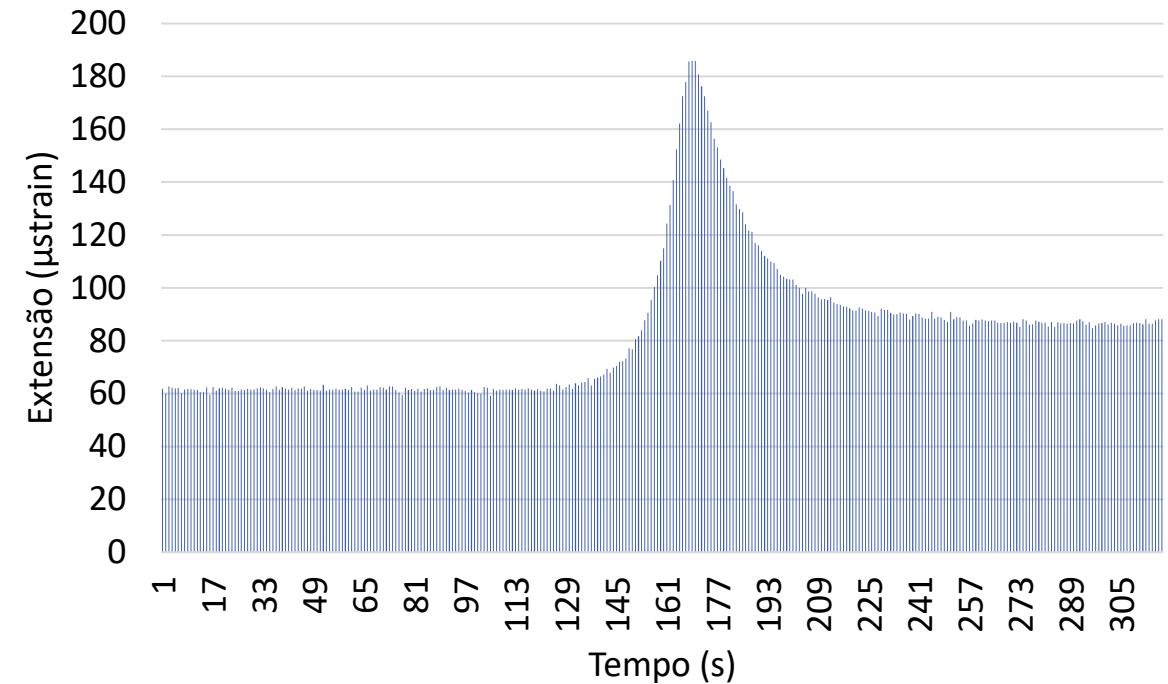
Veículo pesado 1



- Análise transversal - 1º eixo veículo pesado



- Análise longitudinal - Sensor mais carregado - 1º eixo veículo pesado



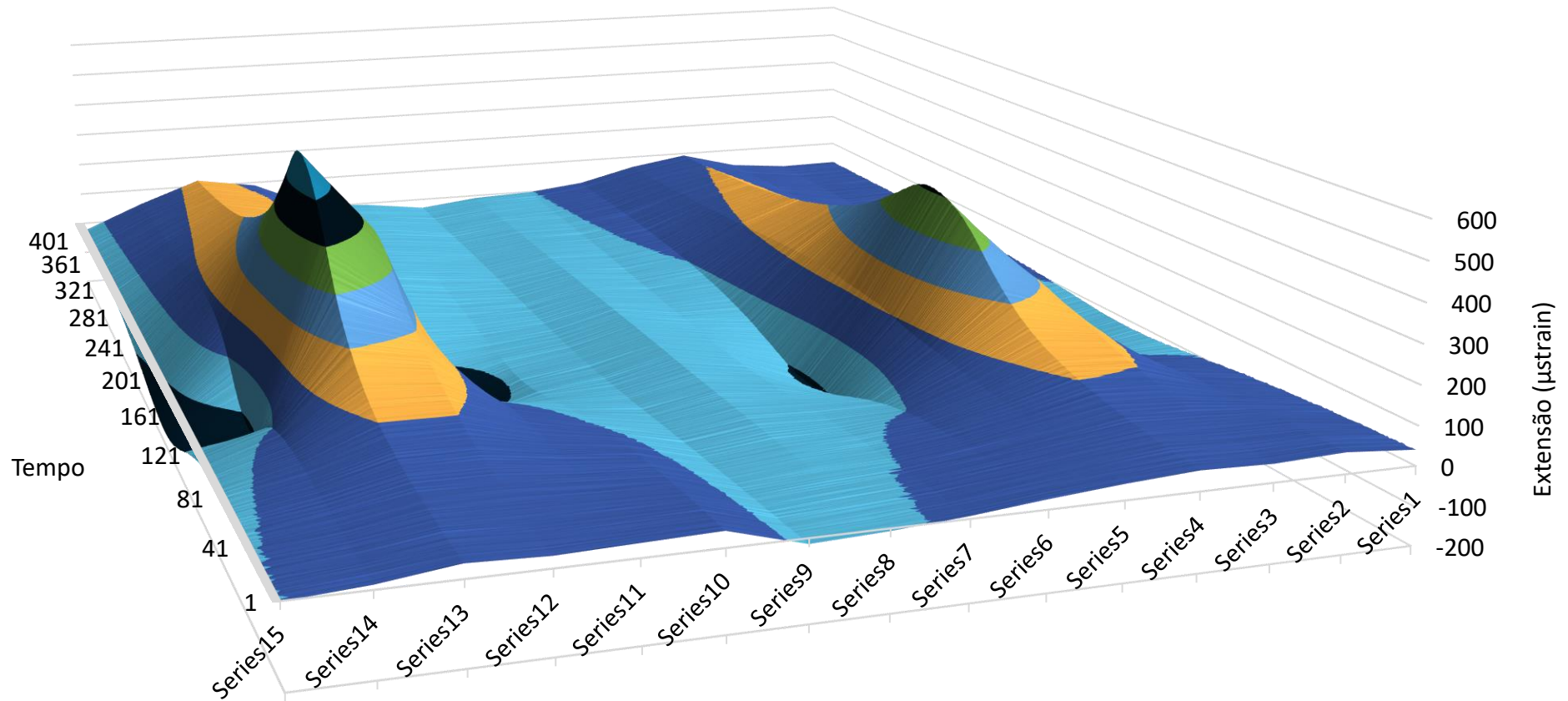
Veículo pesado 2



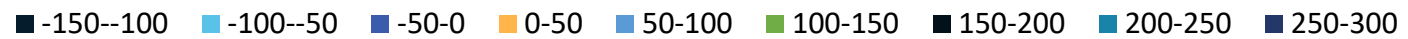
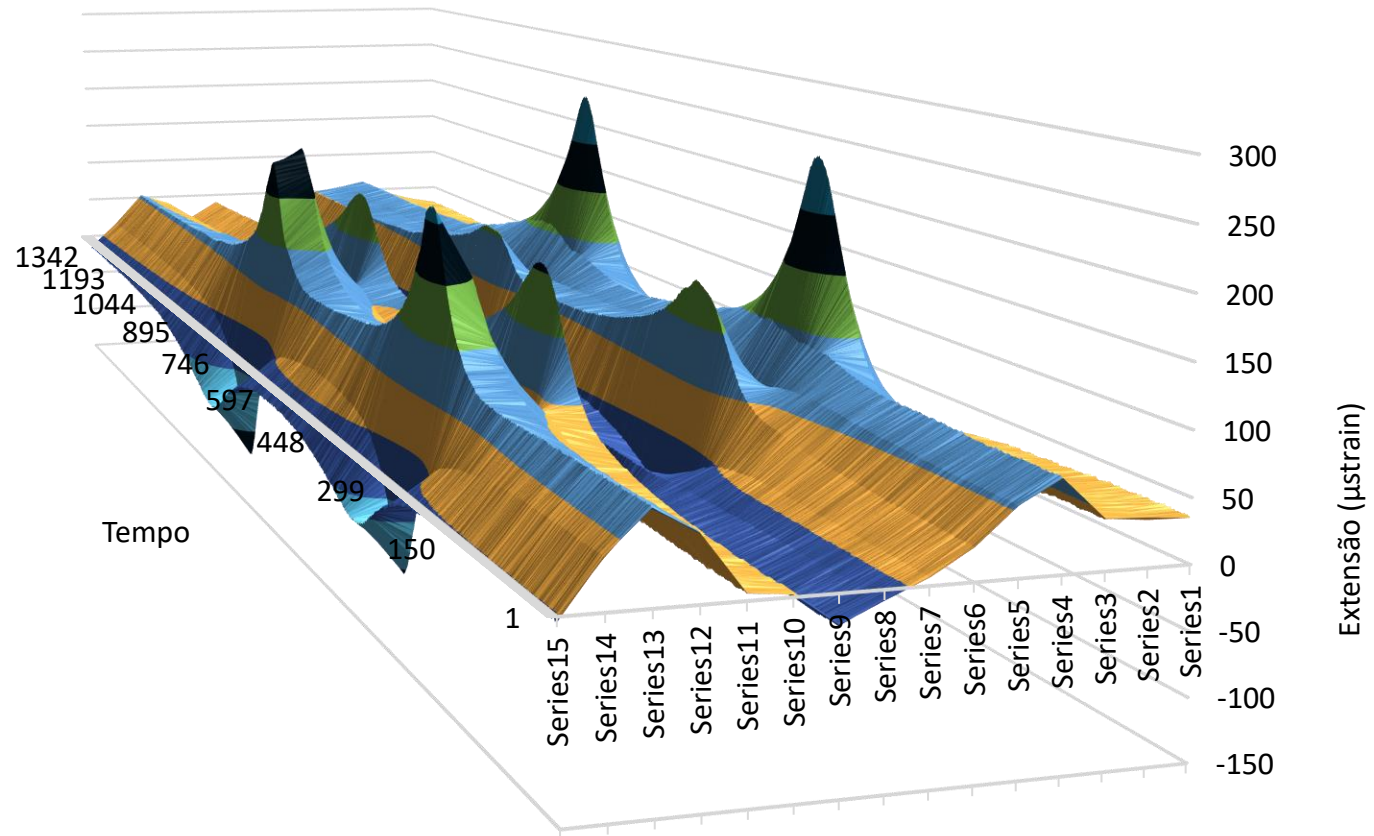
Peso do veículo 2 - 15,7 toneladas



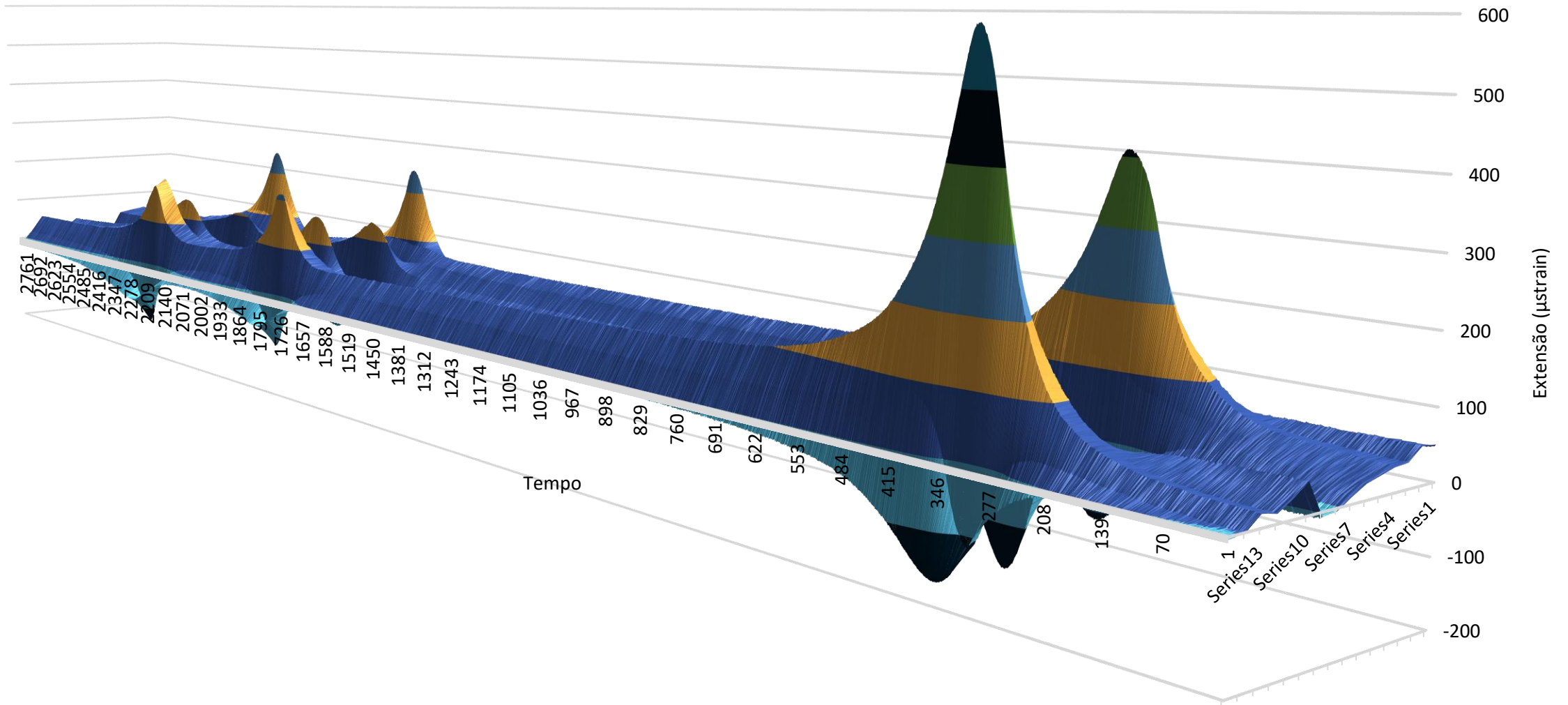
Veículo pesado 2



Veículo pesado 2



Veículo pesado 2



Obrigado!

Francisco Rebelo

Recolha de dados em tempo real.

Gabriel Teles. Universidade do Minho



Equipa



- **Gabriel Teles**
- **Diogo Ramos**
- **Jorge Oliveira e Sá**

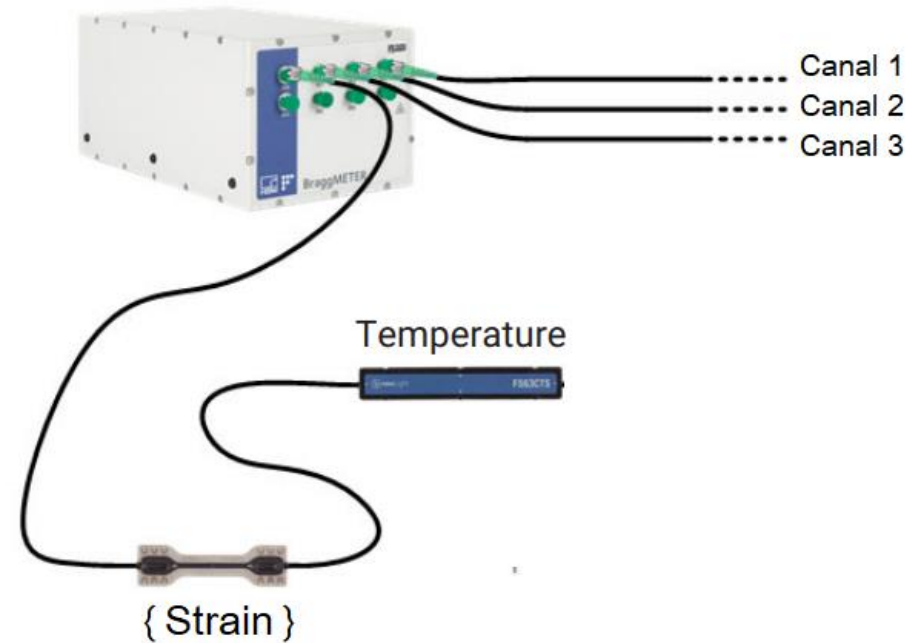
Arquitetura tecnológica



Sensor com Inteligência



Arquitetura tecnológica



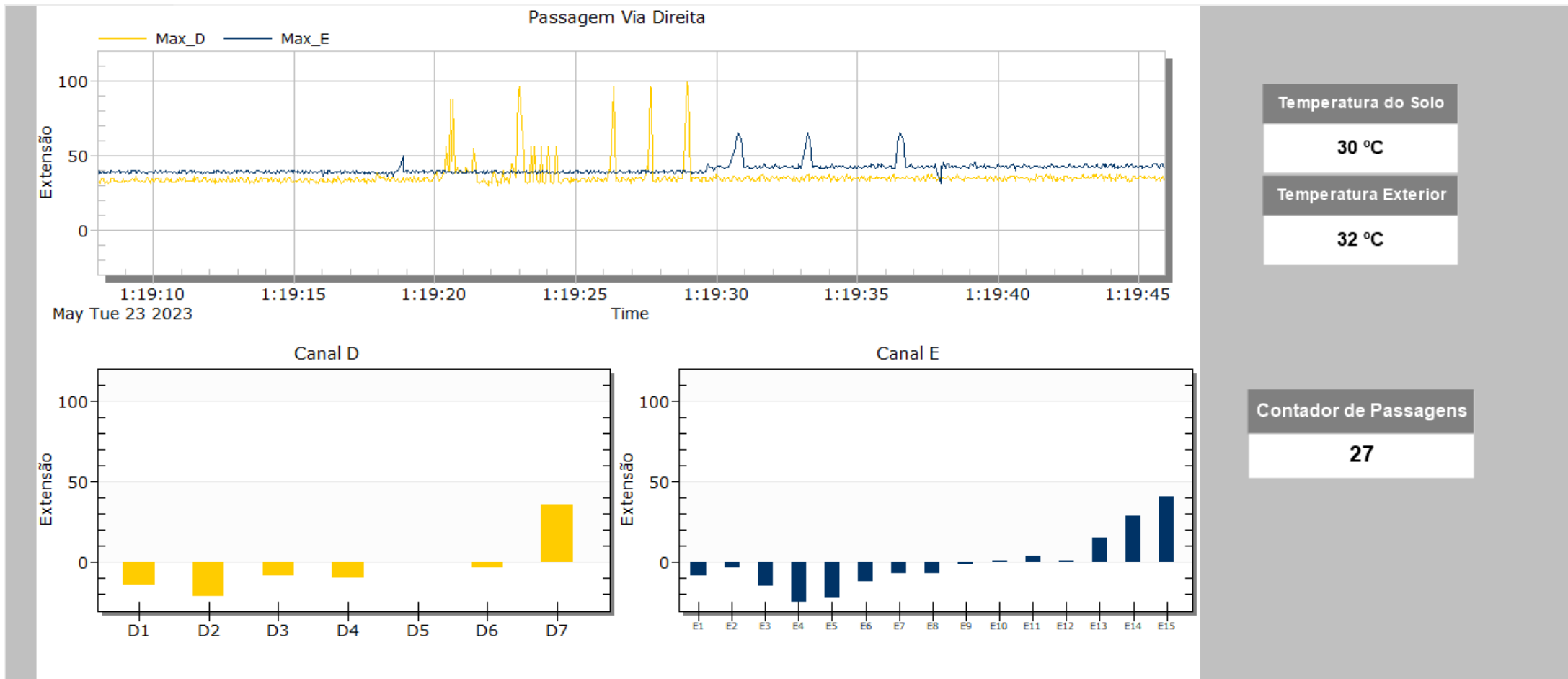
Sensor com Inteligência

Arquitetura tecnológica



Sensor com Inteligência

Dashboard em tempo real

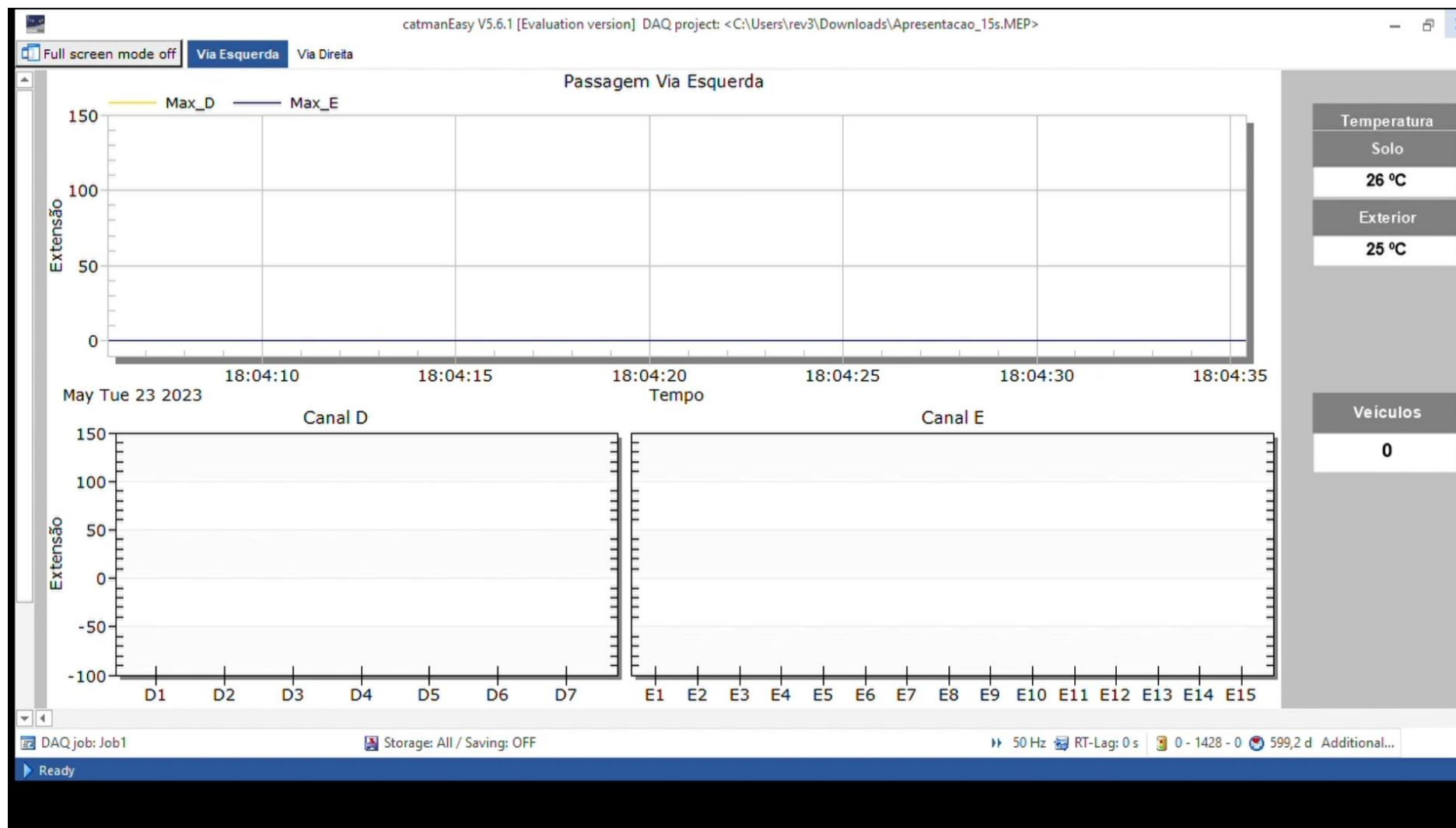




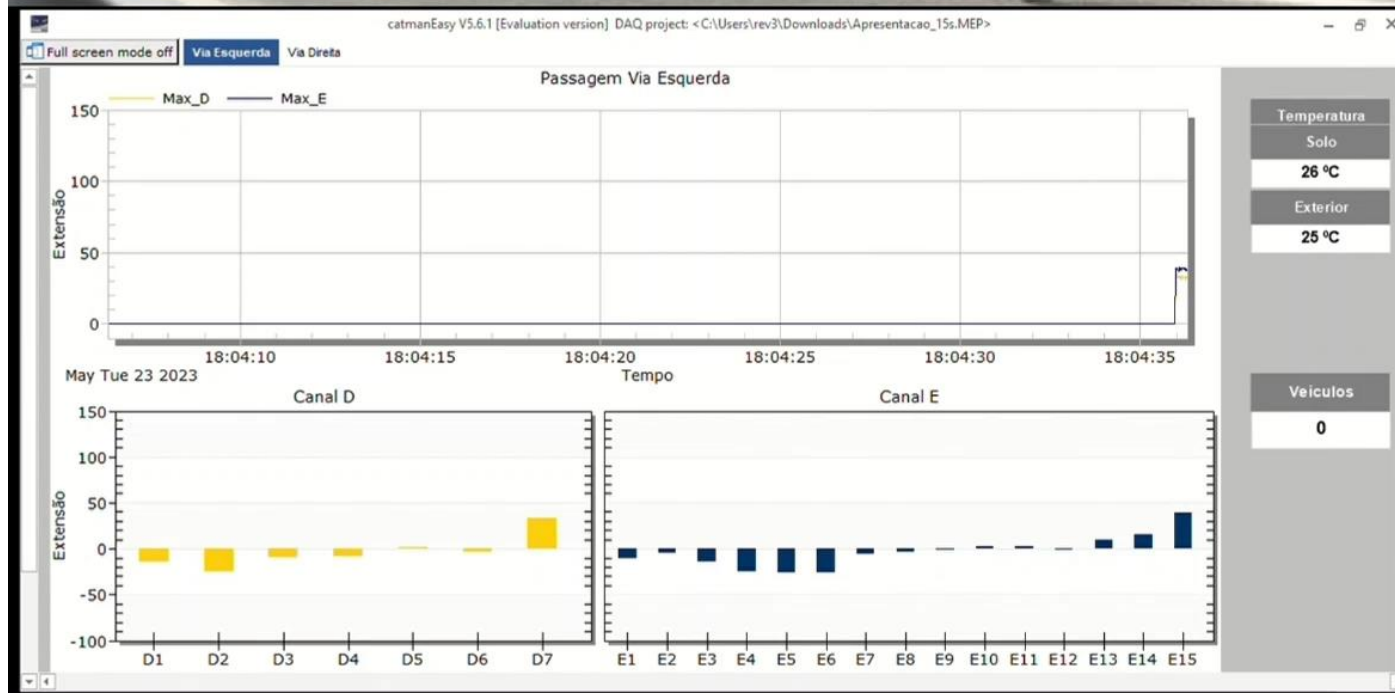
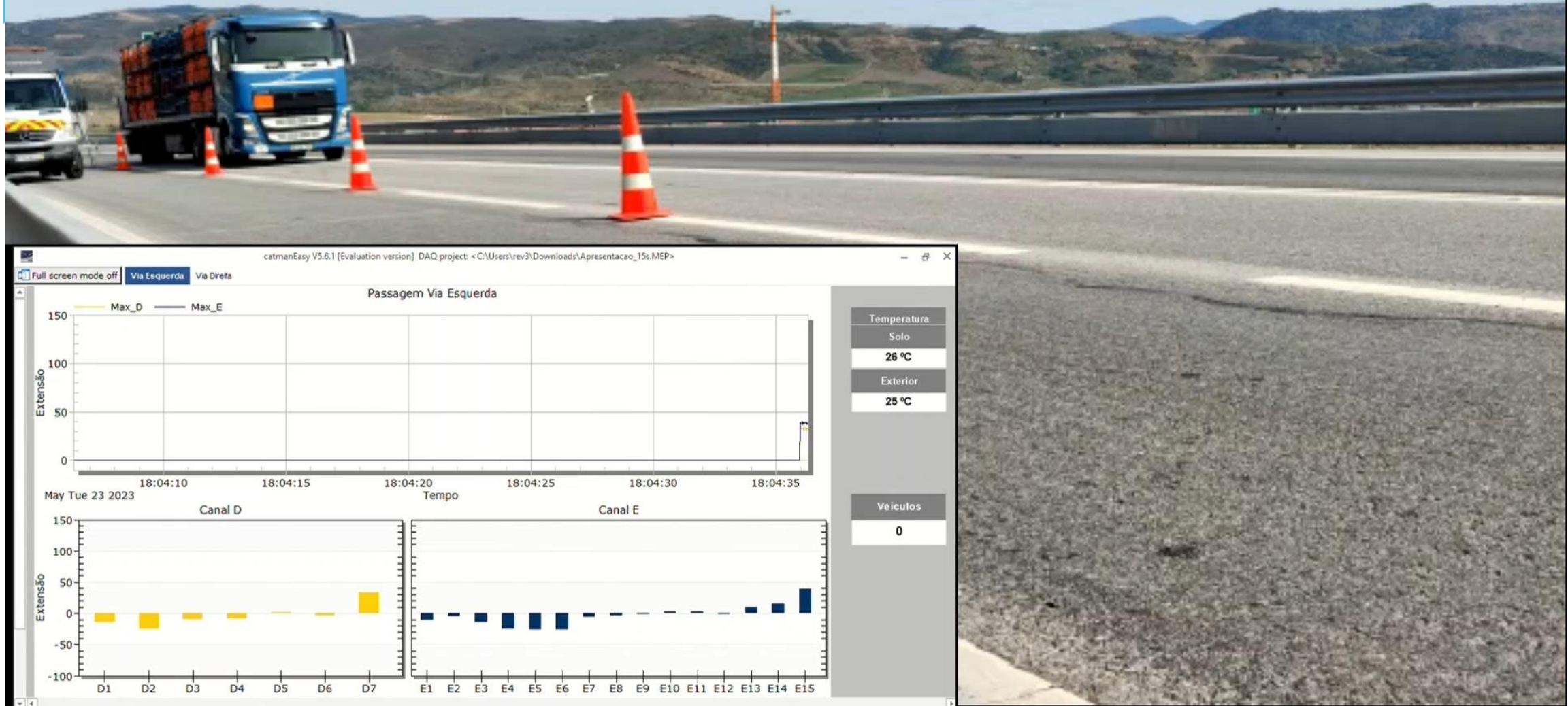
Demonstração



Demonstração



Visualização da simulação



Obrigado!

Gabriel Teles

Tratamento e armazenamento dados recolhidos.

Diogo Silva · Jorge Oliveira e Sá
Universidade do Minho



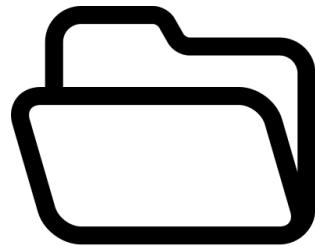
Equipa



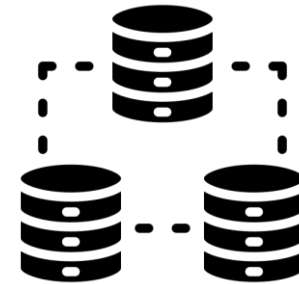
- Diogo Silva
- José Romeu
- Jorge Oliveira e Sá



Tecnologia STREAMING

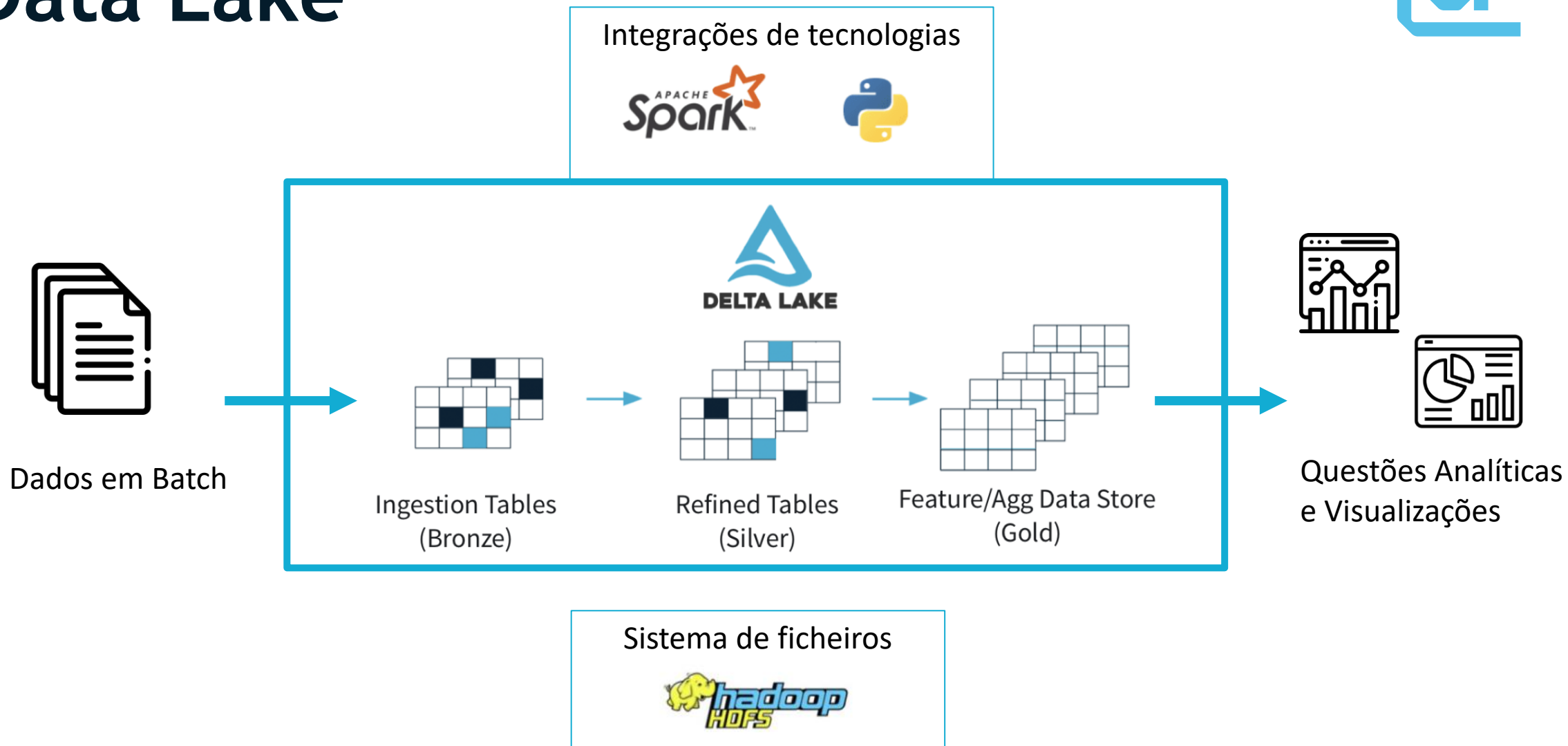


Dados gerados pelo Catman

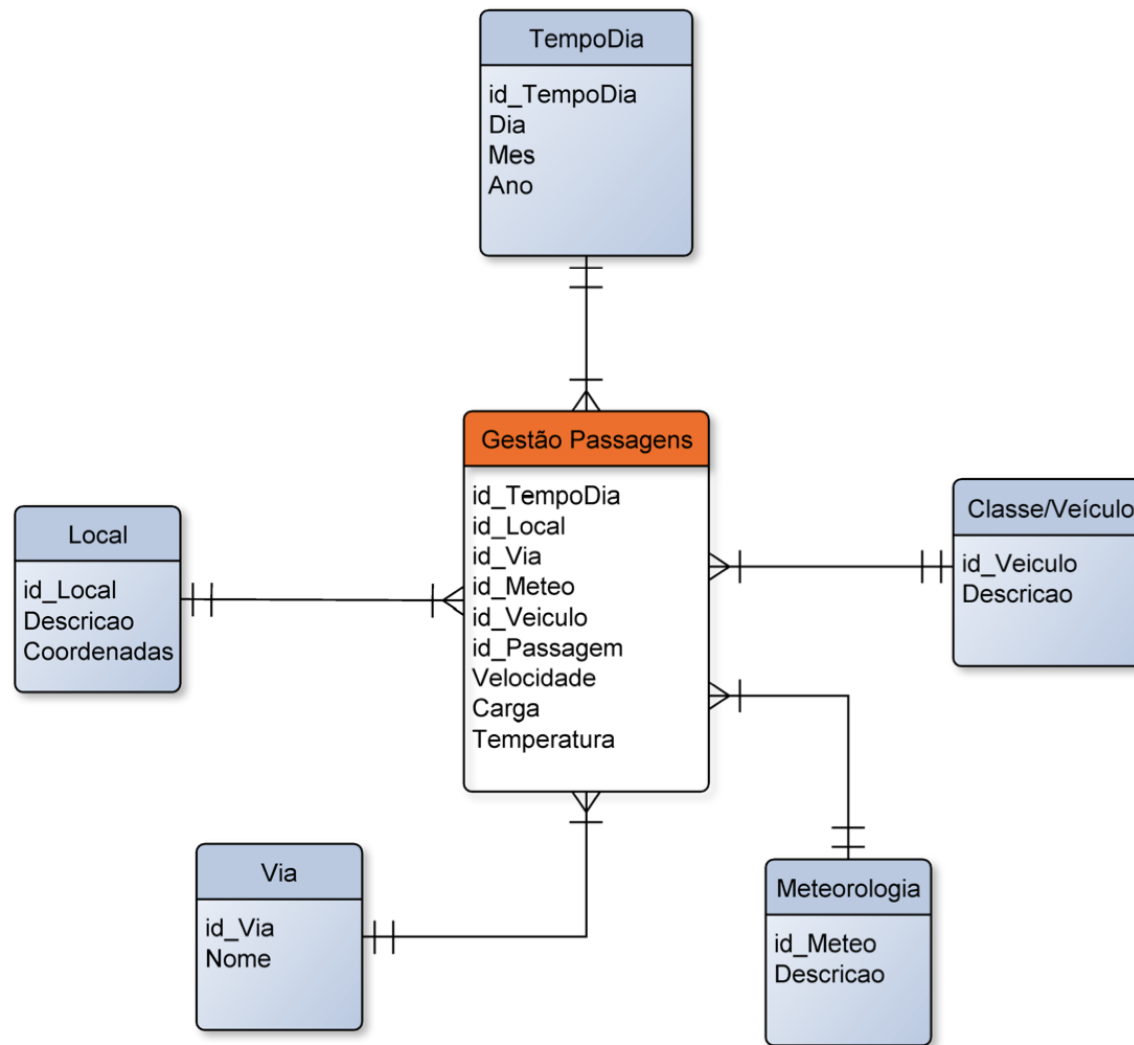


Sistema de armazenamento distribuído (HDFS)

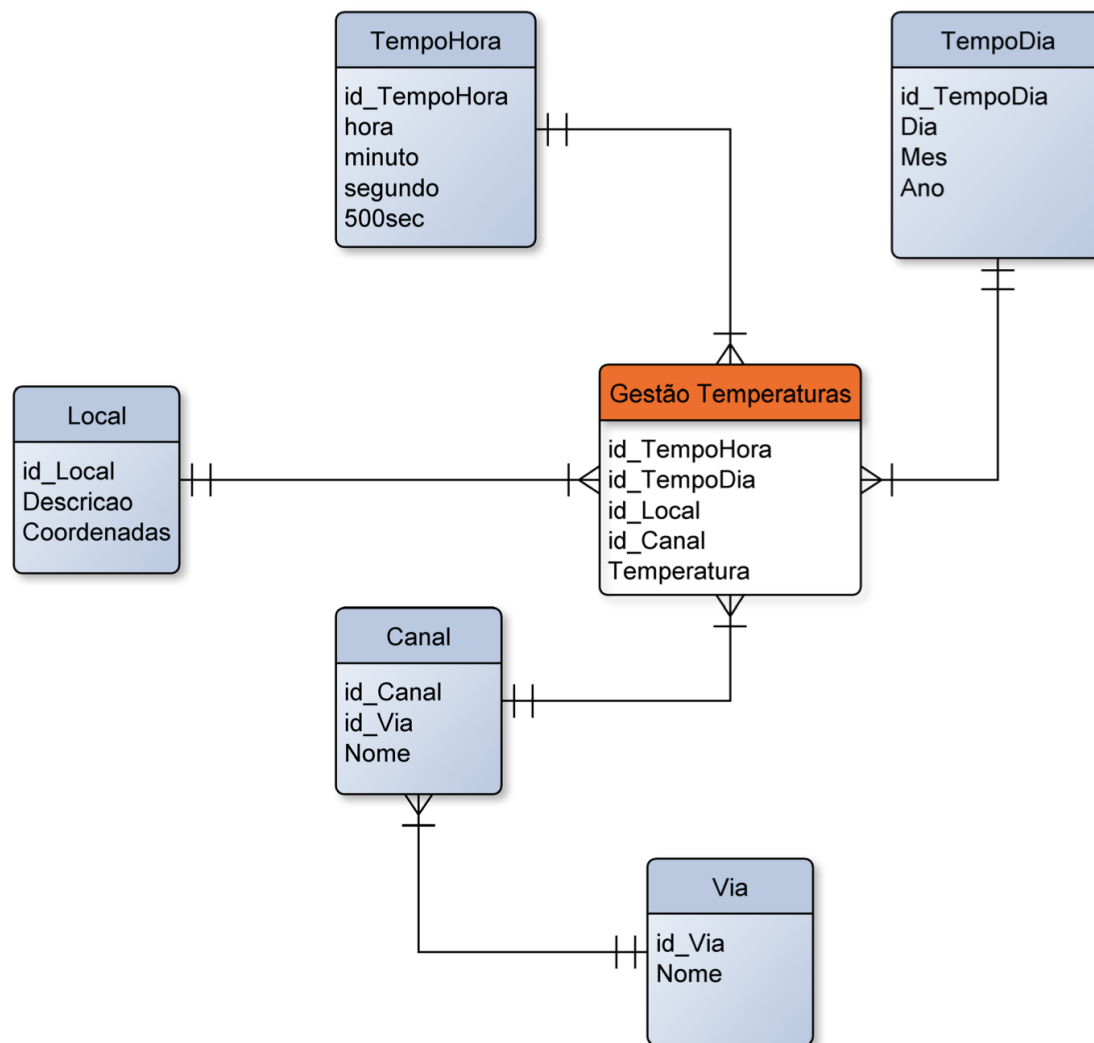
Data Lake



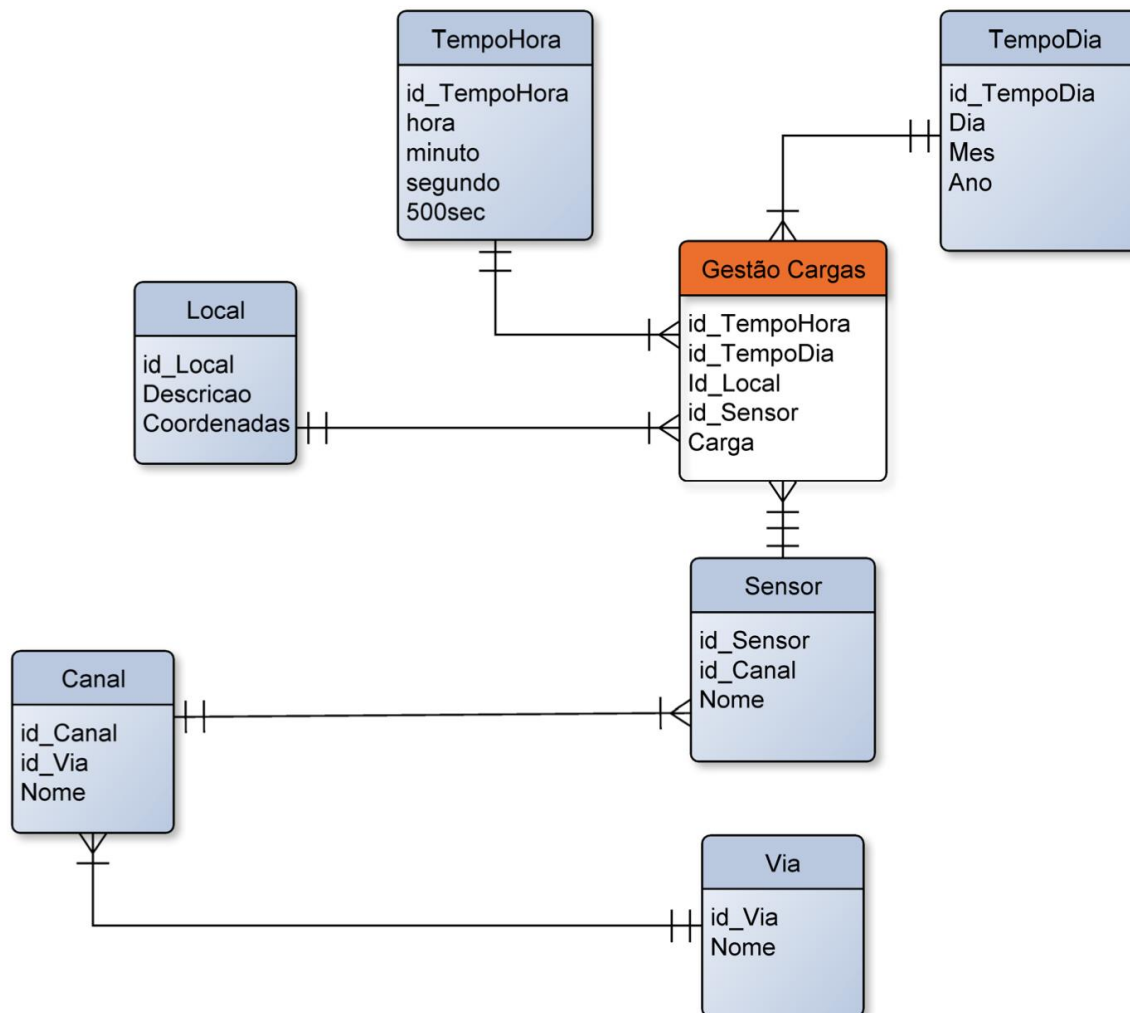
Gestão de passagens



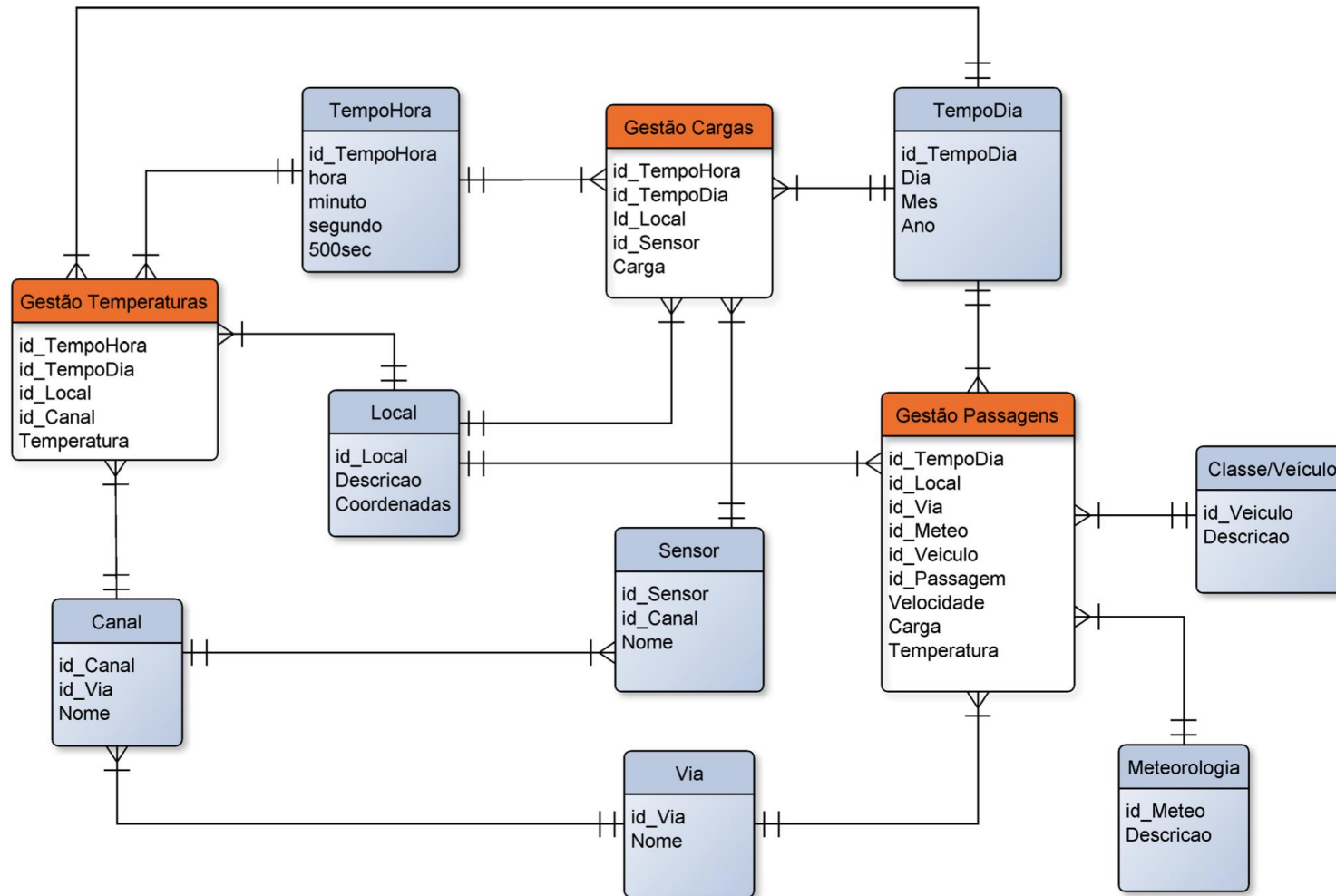
Gestão de temperaturas



Gestão de cargas



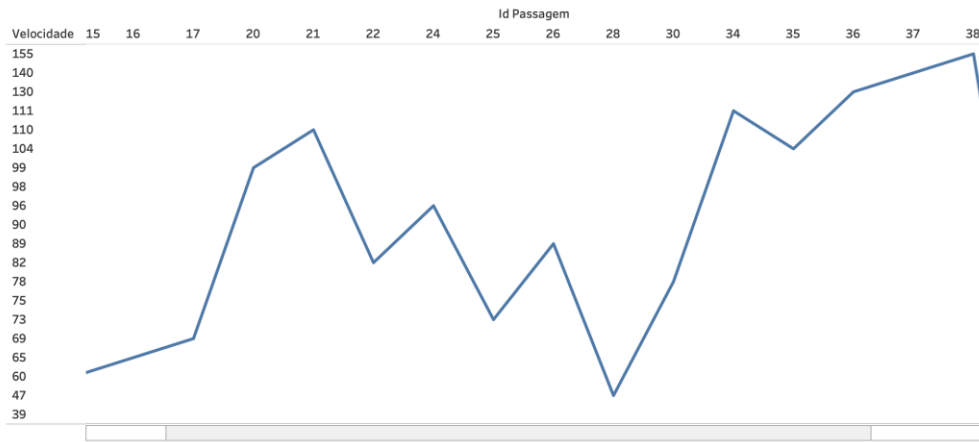
Estrutura final



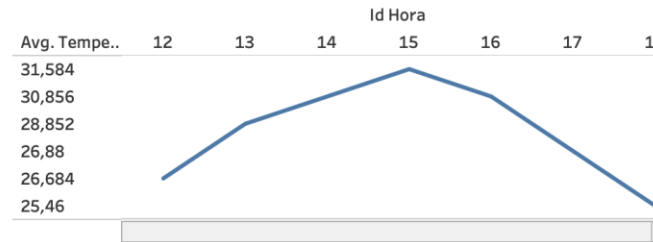
Exemplos de Visualização



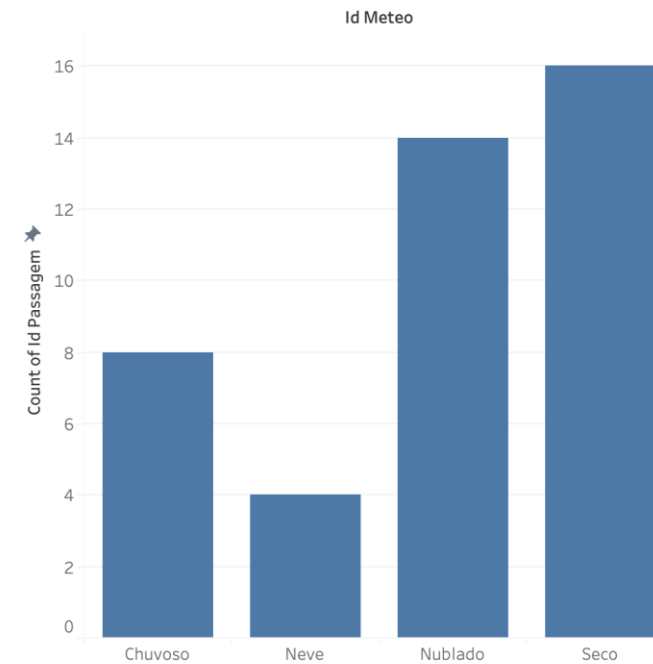
Velocidade por Passagem



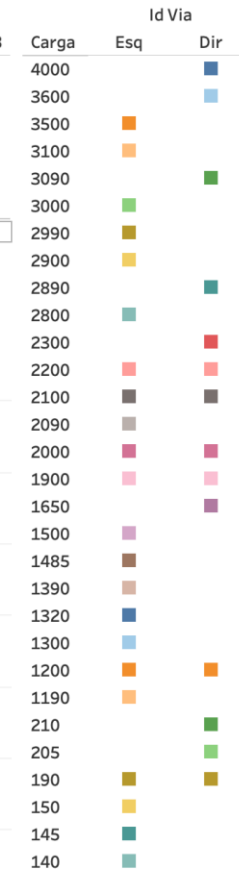
Temperatura ao longo do Tempo



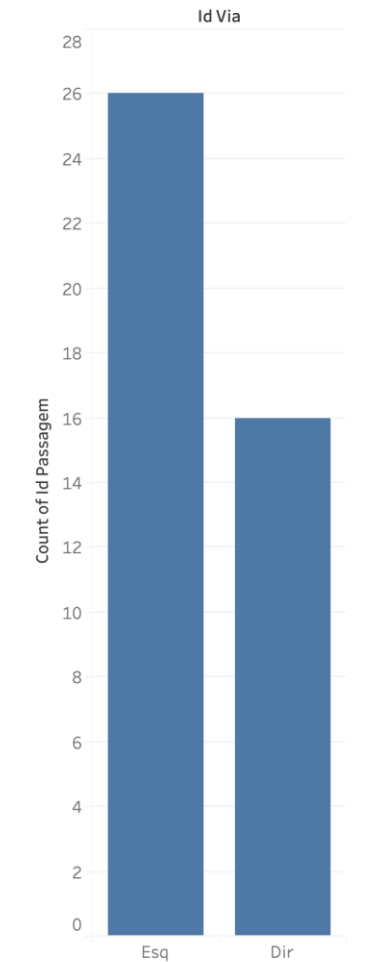
Contagem de Passagens por Meteorologia



Cargas por Via



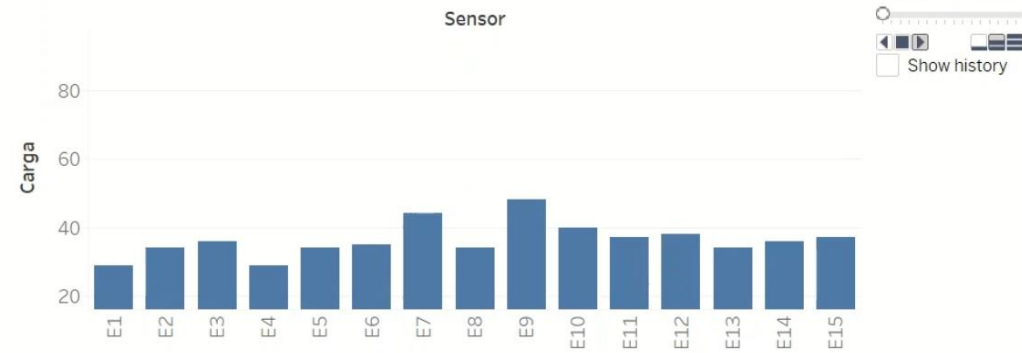
Contagem de Passagens por Via



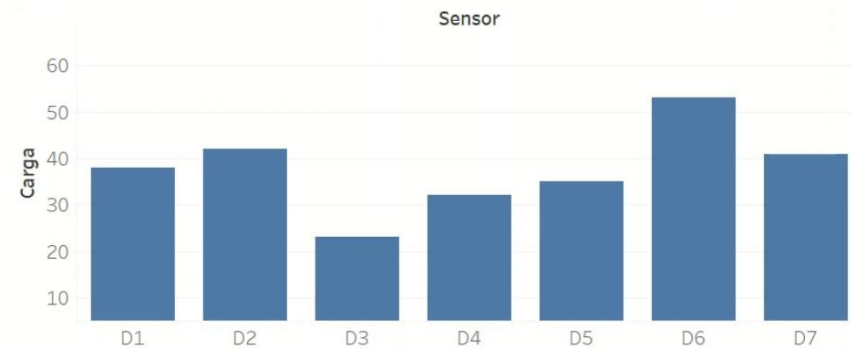
Exemplos de Visualização



Canal E



Canal D



Obrigado!

Diogo Silva/Jorge Oliveira e Sá

Q&A.

10 Minutos .

Encerramento.

João Poças Martins . BUILT CoLAB

REVA
CONSTRUCTION
DIGITAL CONSTRUCTION REVOLUTION

Obrigado!

www.revconstruction.pt

Lisb@20²⁰ COMPETE
2020

PORTUGAL
2020

UNião Europeia
Fundo Europeu
de Desenvolvimento Regional

REVA
CONSTRUCTION
DIGITAL CONSTRUCTION REVOLUTION

O Projeto Mobilizador para a Revolução Digital da Construção.