

# CIDADES INTELIGENTES E CONSTRUÇÃO 4.0

SESSÃO 4 | CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA REABILITAÇÃO: CENTROS TECNOLÓGICOS E LABORATÓRIOS

2º PAINEL | A CAPACIDADE DOS LABORATÓRIOS E DOS CENTROS DE INVESTIGAÇÃO À DISPOSIÇÃO DO SETOR DA CONSTRUÇÃO – CASOS PRÁTICOS

## Os Laboratórios na construção

CRISTINA ALVES RIBEIRO

SENQUAL.PT 

**R.U. - I.S.**  
REABILITAÇÃO URBANA  
INTELIGENTE E SUSTENTÁVEL



AICCOPN



Iniciou a sua atividade como laboratório de obra

Mudança de administração

Cria o primeiro laboratório central de apoio a obra

Acreditação IPAC para ensaios de betão e agregados

Novas instalações do Laboratório Central

1995

2006

2011

2017

2022



Operadores de laboratório - 25

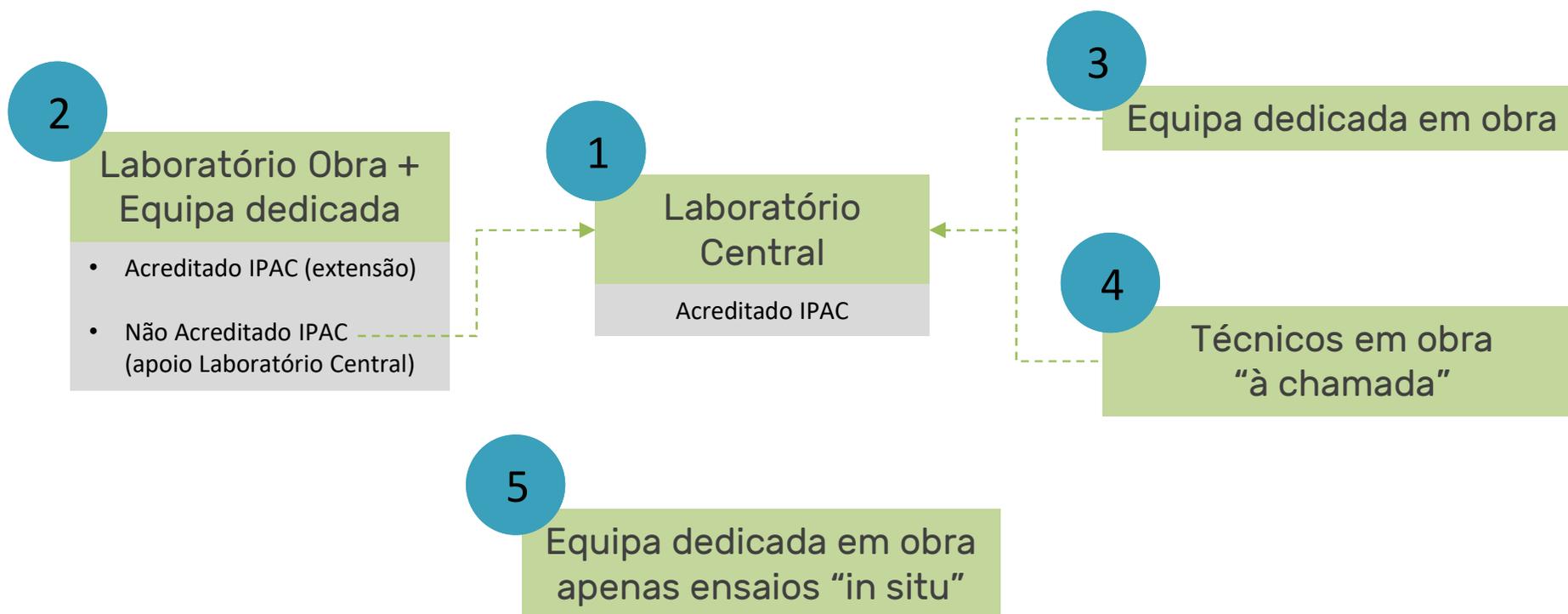
Direção e administrativos - 6

**CRISTINA ALVES RIBEIRO**  
Diretora Técnica, Senqual  
Engenharia Civil, PhD  
Docente Universidade Fernando Pessoa  
Investigação Construct - FEUP



# Laboratório - Obra

# Interação laboratório - obra





Construção da Barragem e Central do Aproveitamento Hidroelétrico do Alto Tâmega do Sistema Electroprodutor do Tâmega



Linha do Norte. Subtroço 3.3 – Ovar/Gaia – Empreitada de Renovação Integral de Via e Desnivelamentos no trecho entre os KM 318,600 e 332,780

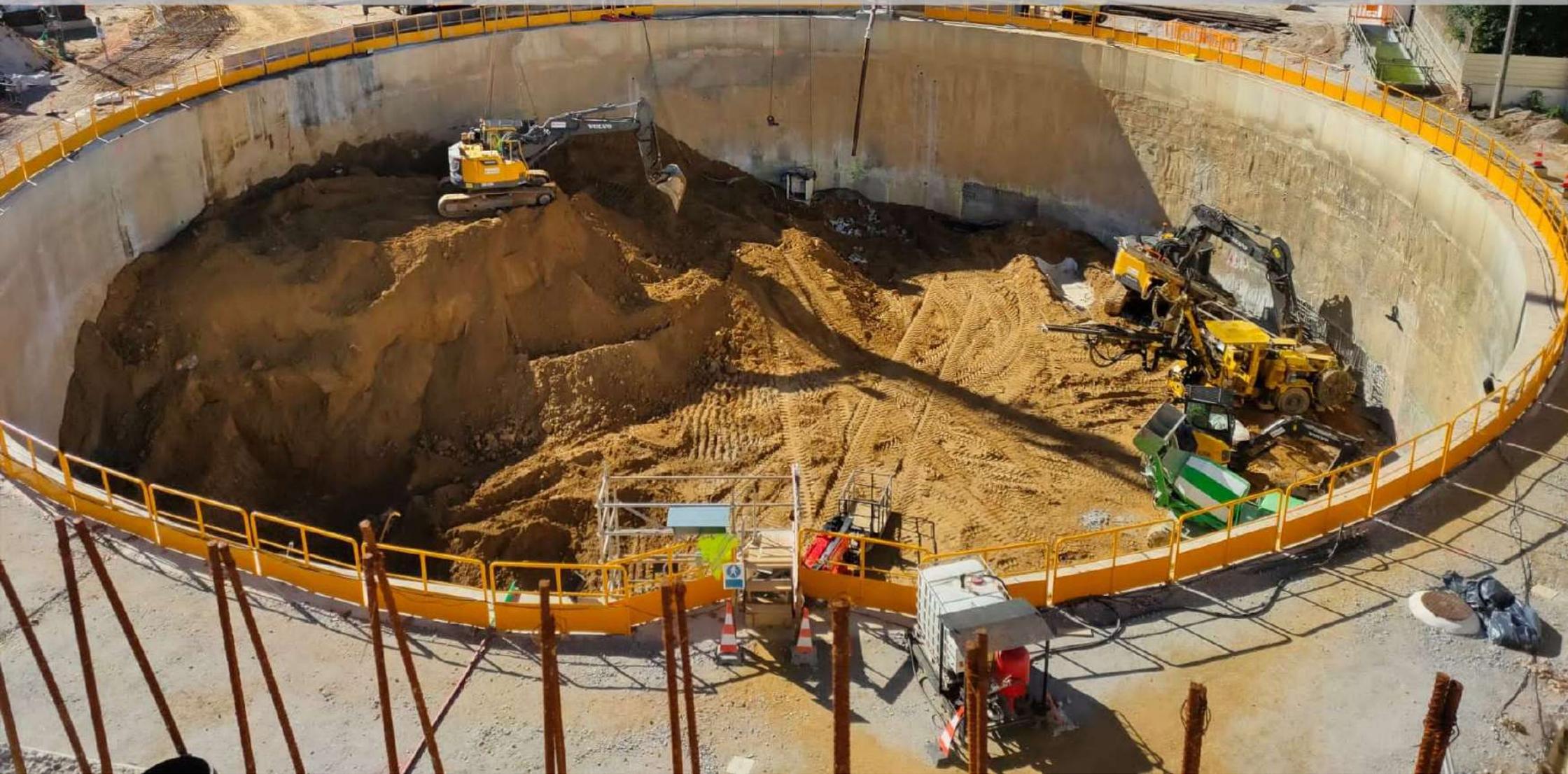


Sistema de Mobilidade do Mondego – Empreitada de Adaptação a uma Solução BRT – METROBUS, no Troço Alto de São João - Serpins

# Empreitada de Modernização da Linha da Beira Alta – subtroço Pampilhosa-Santa Comba Dão e Concordância da Mealhada



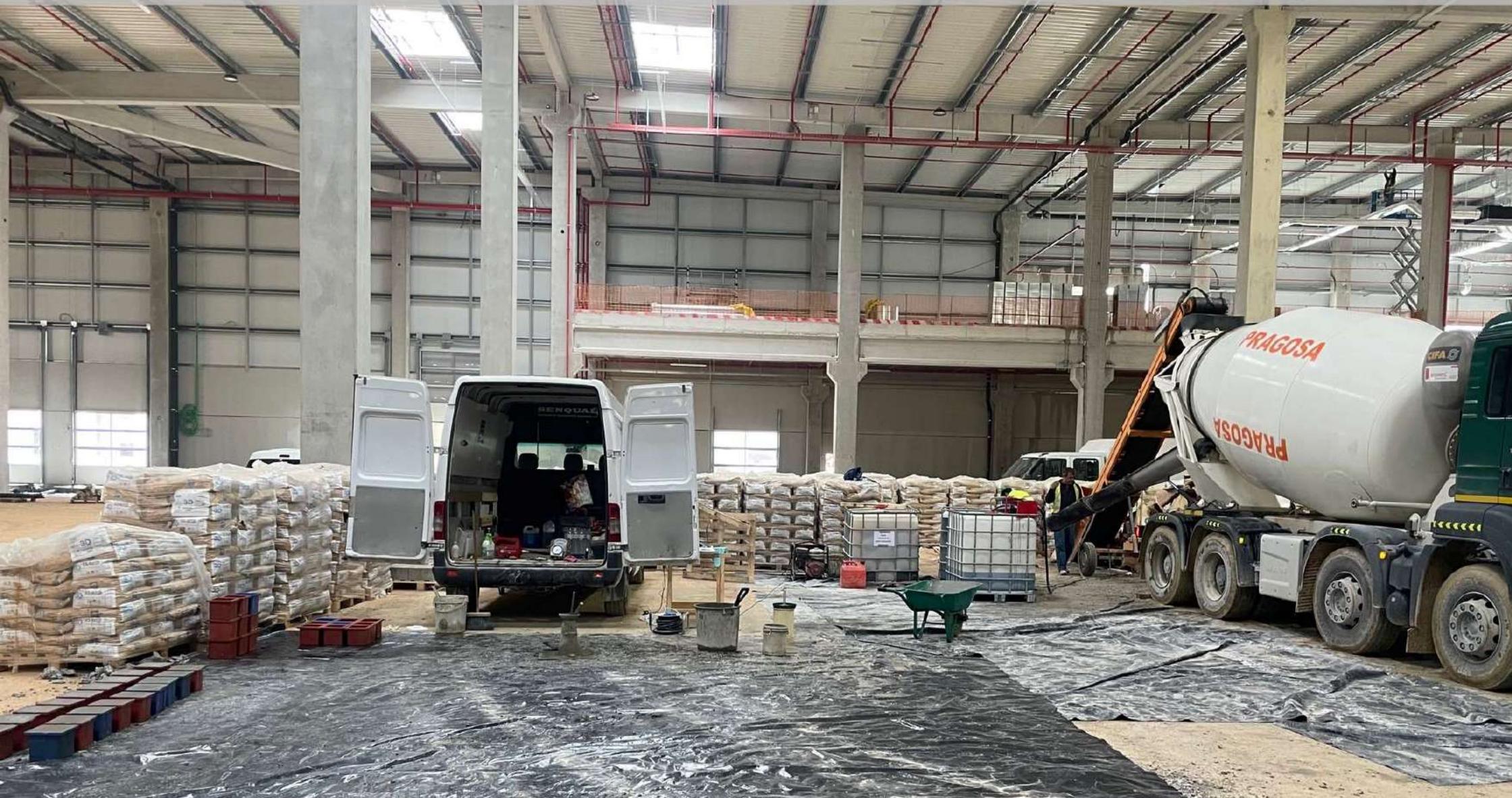
Execução da Extensão da Linha Amarela desde Santo Ovídio a Vila D' Este, incluindo Parque de Material e Oficina



# Empreitada de Construção da Linha Circular: Troço Praça da Liberdade – Casa da Música



## Centro Logístico - GSE - Azambuja



# Centro Logístico - GARLAND - Valadares



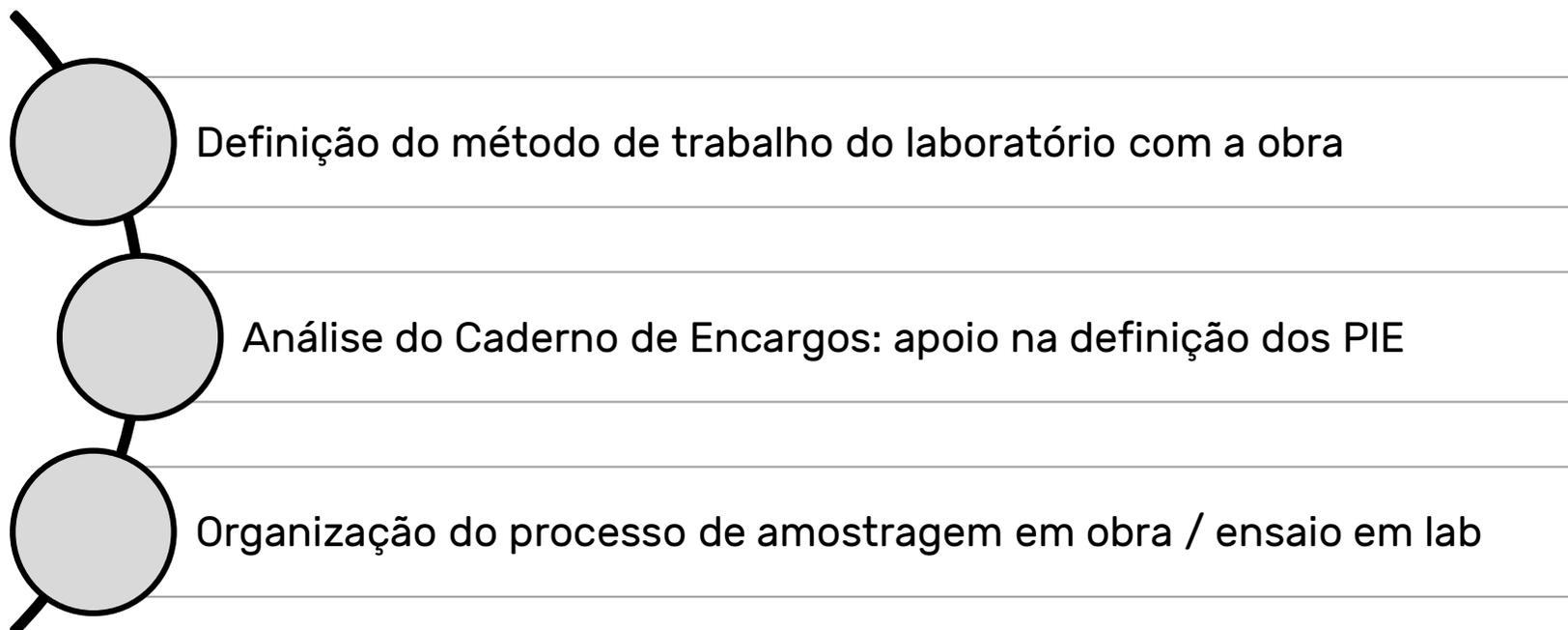
# Centro Logístico - VGP Parks dos Hermanas - Sevilla



# Interação laboratório - obra



## FASE 1

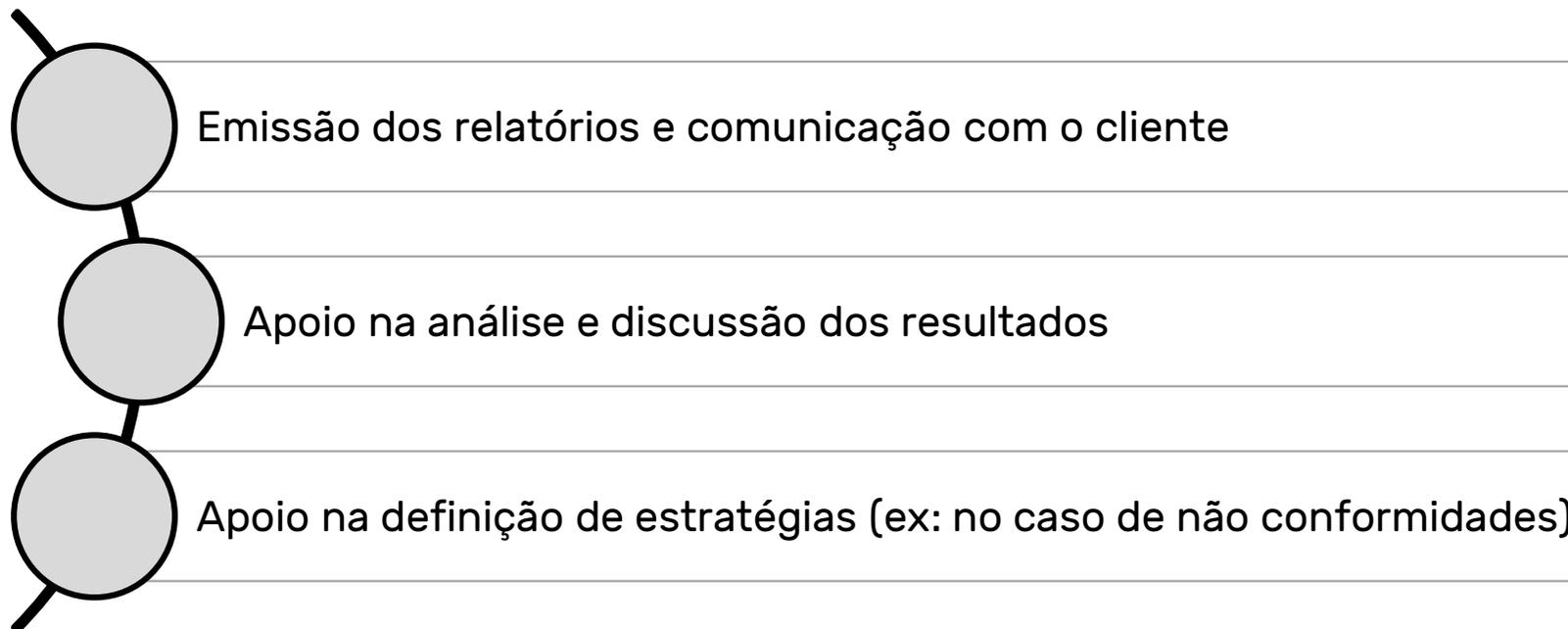


AICCOPN

# Interação laboratório - obra



## FASE 2



AICCOPN

# Ensaaios

# Ensaio

**Ensaio que decorrem exclusivamente no local da obra, exemplo:**

Recolha de provetes (betão, betuminoso, ...)

Controlo de compactação

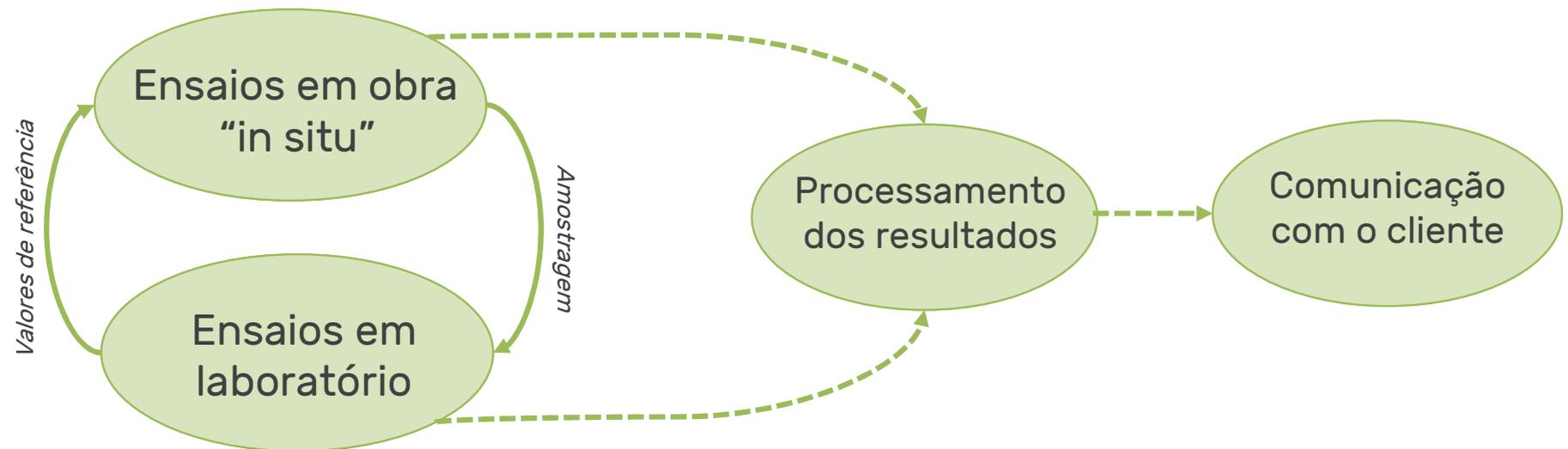
Ensaio de carga em placa

Ensaio de carga de estruturas

Ensaio sónicos de estacas

Avaliação da regularidade superficial de pavimentos

...



**Ensaio que decorrem exclusivamente em laboratório, exemplo:**

Caracterização de agregados e solos

Caracterização de resíduos - RCD

Ensaio de betão endurecido

Ensaio betuminosos

Ensaio químicos de solos, agregados, cimentos e adjuvantes

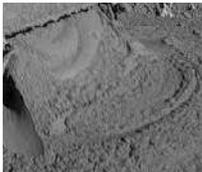
...



AICCOPN

# Ensaio



Betão	Caldas	Cimentos	Adjuvantes	Betuminosos	Agregados	Solos	Pedra natural
							
<ul style="list-style-type: none"><li>• Ensaio in situ</li><li>• Ensaio em laboratório</li><li>• Amostragem</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Ensaio in situ</li><li>• Ensaio em laboratório</li><li>• Amostragem</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Ensaio em laboratório</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Ensaio em laboratório</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Ensaio in situ</li><li>• Ensaio em laboratório</li><li>• Amostragem</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Ensaio in situ</li><li>• Ensaio em laboratório</li><li>• Amostragem</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Ensaio in situ</li><li>• Ensaio em laboratório</li><li>• Amostragem</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Ensaio em laboratório</li><li>• Amostragem</li></ul>

## Ensaio Destrutivo

Permite avaliar as propriedades de um material induzindo dano na estrutura, através da recolha de provetes. Ensaio que conduz à destruição dos provetes

## Ensaio Não Destrutivo

Conjunto de técnicas utilizadas para avaliar as propriedades de um material sem causar dano ou alteração por recolha de provetes ou destruição dos mesmos.



AICCOPN

# Garantia de Qualidade

# Acreditação dos laboratório



Avaliação e reconhecimento da competência técnica de entidades para efetuar atividades de avaliação da conformidade

demonstrar que um dado bem, produto, processo ou serviço cumpre com os requisitos que lhe são aplicáveis

ensaios, calibrações, certificações e inspeções

Cada Estado-Membro da UE designou um único **organismo nacional de acreditação**.

Em Portugal essa missão foi atribuída ao **IPAC** (Decreto-lei n.º 23/2011, de 11 de Fevereiro)



AICCOPN

# Acreditação dos laboratório



A acreditação funciona como um regulador técnico (não económico) da competição de mercado, garantindo que a otimização de custos não diminui a competência técnica, nem compromete a execução das atividades que estão acreditadas.



Norma que rege a acreditação dos laboratórios:

NP EN ISO/IEC 17025: 2018  
“Requisitos gerais de competência para laboratórios de ensaio e Calibração”

Regulamento Geral de Acreditação (DRC001) - IPAC

Sendo a regulação efetuada de acordo com as mesmas normas internacionais, possibilita transmitir confiança a reguladores nacionais, internacionais e multinacionais.



AICCOPN

# Accreditation of the laboratory



## Identification of the Accredited Entity

- The IPAC provides on its electronic page a **Directory of Accredited Entities**, which is kept updated
- The IPAC issues a **Certificate of Accreditation** with a **Technical Annex** that describes the accredited activities (they may or may not coincide with all the activities that the Entity performs)



AICCOPN

# Accreditação dos laboratório



Identificação da entidade

## Anexo Técnico de Accreditação L0730-1

Accreditation Technical Annex

Senqual, Sociedade de Engenharia e Qualidade, Lda

O Anexo Técnico descreve individualmente quais os ensaios, calibrações, exames, certificações e inspeções abrangidas.

Nº Nr	Produto Product	Ensaio Test	Método de Ensaio Test Method	Categoria Category
<b>AGREGADOS E INERTES</b> AGGREGATES AND INERTS				
1	Agregados	Análise Granulométrica	EN 933-1:2012 Método de peneiração	0
2	Agregados	Avaliação dos finos Ensaio do azul de metileno	EN 933-9:2009+A1:2013	0
3	Agregados	Avaliação dos finos Ensaio do equivalente de areia	EN 933-8:2012+A1:2015	0
4	Agregados	Determinação da absorção de água	NP EN 1097-6:2016 (secções 7, 8 e 9)	0
5	Agregados	Determinação da forma das partículas	EN 933-4:2008 Índice de forma	0
6	Agregados	Determinação da Massa Volúmica	NP EN 1097-6:2016 (secções 7, 8 e 9)	0
7	Agregados	Métodos para a determinação da resistência à fragmentação	EN 1097-2:2020 (Exceto Anexo A) Método de Los Angeles	0

Lista de ensaios acreditados

Ensaios submetidos a avaliação periódica



AICCOPN

# Accreditation of the laboratory



## Identification of the Accredited Entity

- The IPAC does not recognize any activity performed outside the scope of the Technical Annex, as it does not perform any evaluation of the same;
- It is mandatory to use the Accreditation symbols in the documents resulting from the accredited activities (e.g. Reports and Certificates).



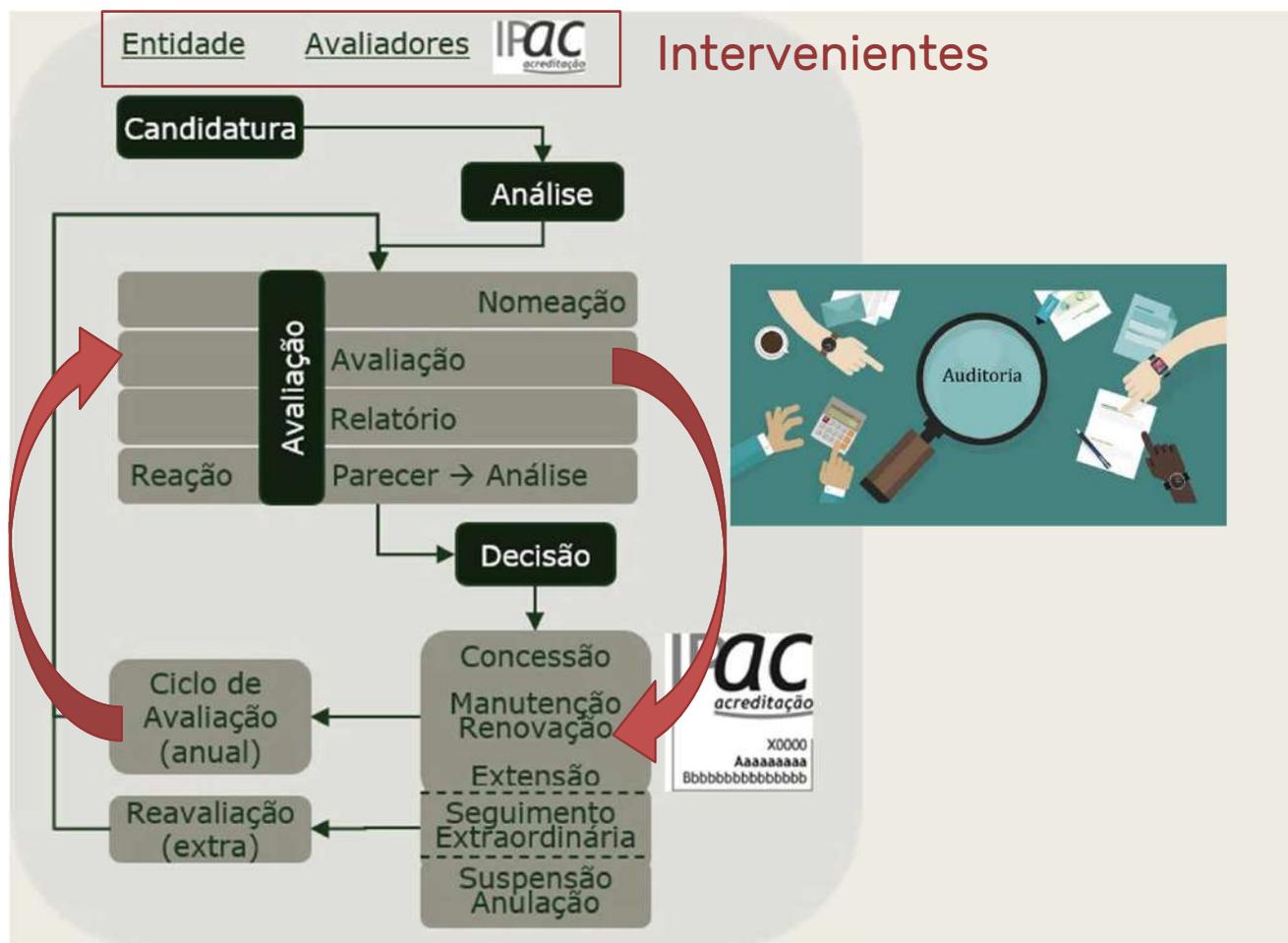
AICCOPN



# Acreditação dos laboratório



## Processo de acreditação



# Os Resultados

# Incerteza dos resultados



Parâmetro associado ao resultado da medição, que caracteriza a dispersão dos valores que podem ser razoavelmente atribuídos à mensuranda.

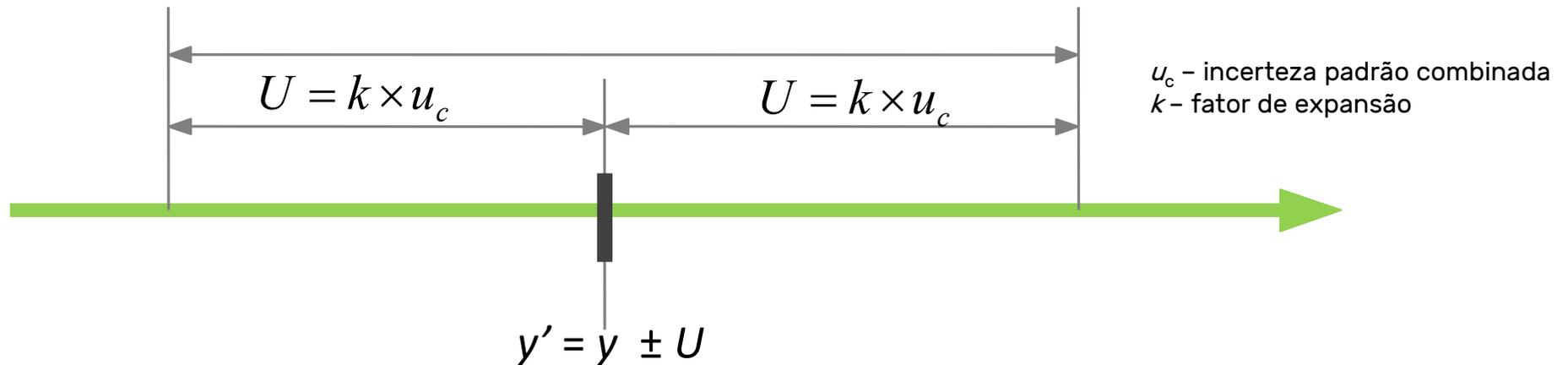


AICCOPN



# Incerteza dos resultados

O conhecimento da incerteza não significa que há dúvidas sobre a validade de uma medição, mas é antes revelador de uma confiança acrescida que se tem em relação ao resultado dessa medição.



$y'$  - expressão completa do resultado da medição

$y$  - resultado da medição

$U$  - incerteza expandida



AICCOPN

# Incerteza dos resultados



Identificação das fontes de incerteza

análise aprofundada do método de ensaio para identificar todas as grandezas de influência



- Percorre-se todo o método de ensaio, identificando cada passo a seguir e listando todas as medições que é necessário realizar.
- Sempre que a mensuranda resulta de um processo de cálculo, a análise da expressão matemática associada é um bom ponto de partida para a identificação fontes de incerteza.



- Material / Objeto da medição
- Operadores
- Equipamento de medição – exatidão do equipamento
- Grandezas de Influência (condições ambientais)
- Método



AICCOPN

# Investigação

# Protocolos de colaboração com a universidade



A Universidade tem um contacto mais próximo com a construção



ISEP – Instituto Superior de Engenharia do Porto  
FCUP – Faculdade de Ciências da Universidade do Porto  
Universidade Fernando Pessoa



O laboratório explora e investiga áreas de interesse, evoluindo

Desenvolvimento de teses de mestrado  
Realização de estágio curricular em ambiente empresarial  
Apoio laboratorial ao desenvolvimento de atividades de investigação



AICCOPN

1. Métodos não destrutivos: deteção de armaduras (Métodos eletromagnéticos)
2. Métodos não destrutivos: determinação do potencial de corrosão (durabilidade)
3. Digitalização da informação: introdução de resultados dos ensaios em modelos BIM

# Protocolos de colaboração com a universidade



## Métodos não destrutivos: deteção de armaduras (Métodos eletromagnéticos)

*Orientador ISEP: Professora Eunice Maria Vilaverde Fontão*



Caso 1: placa betonada com armaduras embebidas



Caso 2: placa de betão que apoia sobre a malha de armaduras - variável

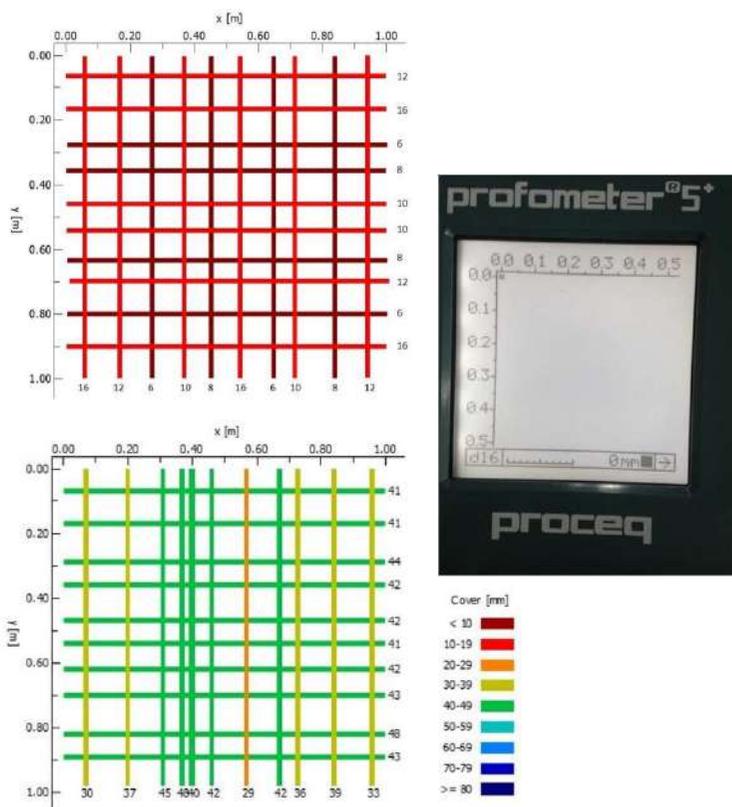


# Protocolos de colaboração com a universidade



## Métodos não destrutivos: deteção de armaduras (Métodos eletromagnéticos)

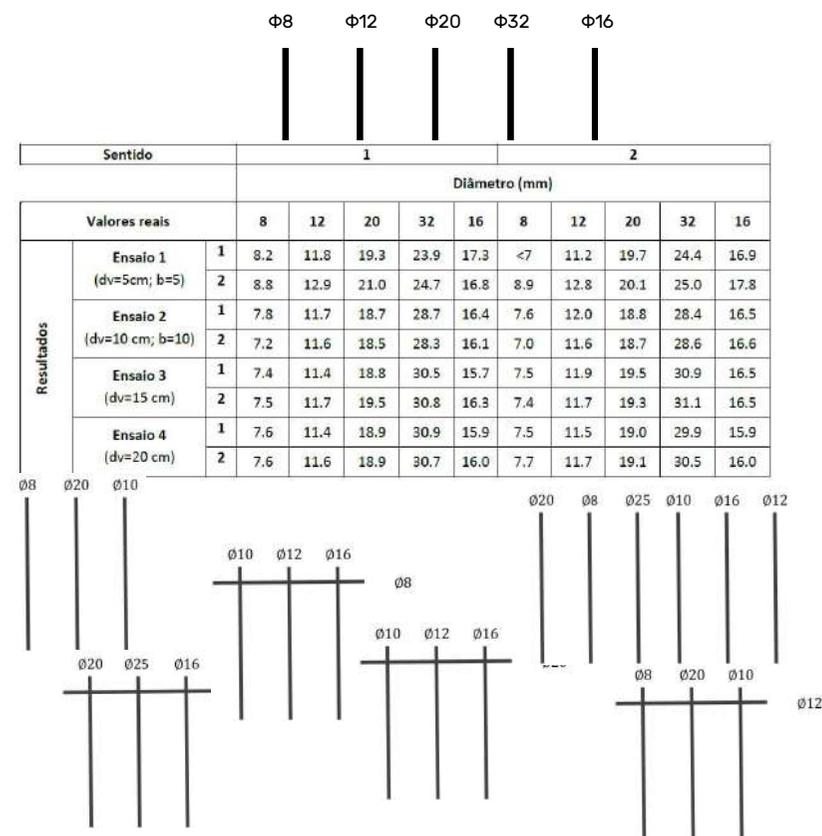
Caso 1



CRISTINA ALVES RIBEIRO

OS LABORATÓRIOS NA CONSTRUÇÃO

Caso 2



SESSÃO 4 | 2º PAINEL | CIDADES INTELIGENTES E CONSTRUÇÃO 4.0

# Protocolos de colaboração com a universidade



## Métodos não destrutivos: deteção de armaduras (Métodos eletromagnéticos)

### Algumas conclusões do trabalho desenvolvido

- *Os resultados afastam-se do esperado quando existe uma elevada densidade de armaduras;*
- *Para diâmetros maiores os varões tendem a aproximar-se do real;*
- *Na presença de dois varões muito próximos os resultados afastam-se do esperado;*
- *Quando ocorrem varões de diâmetro menor entre varões de diâmetro maior os resultados afastam-se do esperado;*
- *Os resultados melhoram quando se utiliza a opção de correção das barras vizinhas (para afastamentos inferiores a 15 cm)*

**Desenvolvimento de um manual detalhado de utilização do equipamento**

**Incluindo aplicações práticas**



# Protocolos de colaboração com a universidade



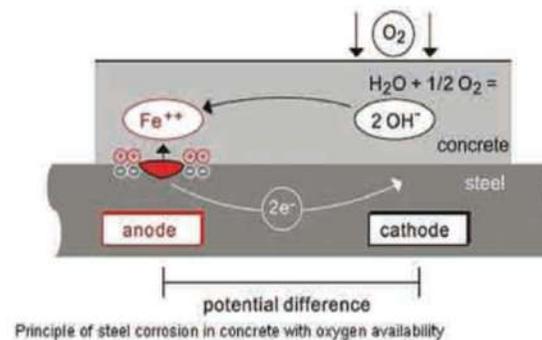
## Métodos não destrutivos: determinação do potencial de corrosão (durabilidade)

*Orientador ISEP: Professor Carlos Felix*

O princípio do ensaio baseia-se na diferença de potencial entre a armadura e a superfície da estrutura de betão  
ASTM- C876-15

Um elétrodo de referencia é conectado por meio de um voltímetro de alta impedância (no caso do sistema Canin+ R = 10 M $\Omega$ ) ao varão de aço, sendo movimentado à superfície de betão.

O elétrodo de referencia do sistema Canin+ e uma meia célula de Cu/CuSO<sub>4</sub>. Consiste em uma vareta de cobre imersa em uma solução saturada de sulfato de cobre, que mantém um potencial constante e conhecido.



O filme de proteção das armaduras é decomposto

No ânodo, iões ferrosos (Fe<sup>++</sup>) são dissolvidos e eletrões são libertados.

Esses eletrões migram até ao cátodo (superfície de betão), onde formam hidróxido (OH<sup>-</sup>) com a água e o oxigénio geralmente disponíveis.

Cria-se uma diferença de potencial que pode ser medida pelo método de meia célula.

# Protocolos de colaboração com a universidade



Métodos não destrutivos: determinação do potencial de corrosão (durabilidade)

Cenários	1	2	3
Descrição	Composição A Cura em água normal	Composição A Cura em água do mar	Composição A + Cloreto de sódio Cura em água do mar
Designação	Provete 1	Provete 2	Provete 3



# Protocolos de colaboração com a universidade



Métodos não destrutivos: determinação do potencial de corrosão (durabilidade)



Ensaio principal  
Potencial de corrosão



Ensaio de controlo  
Resistência à compressão



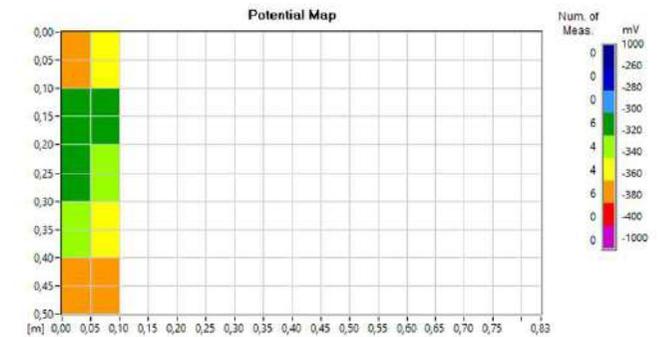
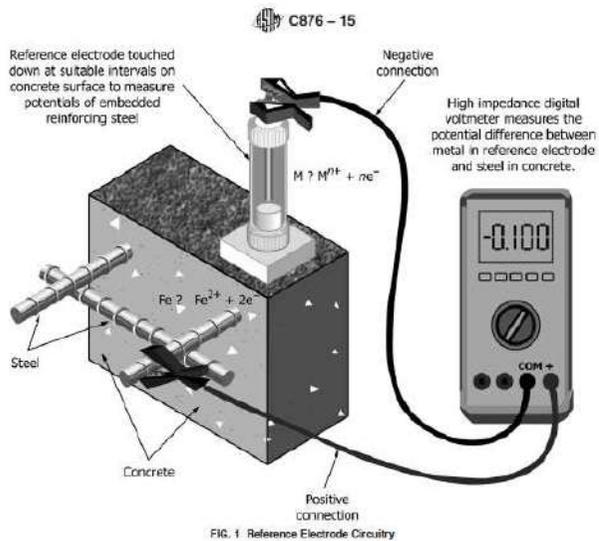
Ensaio de controlo  
Teor em cloretos



# Protocolos de colaboração com a universidade



## Métodos não destrutivos: determinação do potencial de corrosão (durabilidade)



Determinação do potencial de corrosão:

- ✓ Nas duas faces
- ✓ Diferentes idades

# Protocolos de colaboração com a universidade



## Métodos não destrutivos: determinação do potencial de corrosão (durabilidade)

### Primeiros resultados

probabilidade superior a 90% de **não estar a ocorrer corrosão** das armaduras na zona ensaiada no momento do ensaio.

probabilidade superior a 90% de **estar a ocorrer corrosão** das armaduras na zona ensaiada no momento do ensaio.



Trabalho em curso...

# Protocolos de colaboração com a universidade

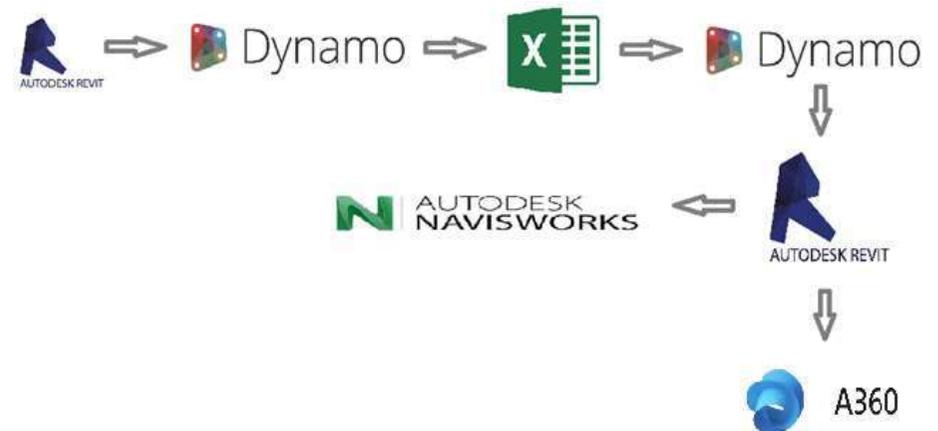


## Digitalização da informação: introdução de resultados dos ensaios em modelos BIM

*Orientador ISEP: Professor Ricardo Santos*

**FERRAMENTA** que permite **integração dos resultados de ensaios de controlo de qualidade de materiais em modelos BIM estrutura**

- **Enriquecimento dos modelos:** incorporação de informação durante a construção



# Protocolos de colaboração com a universidade

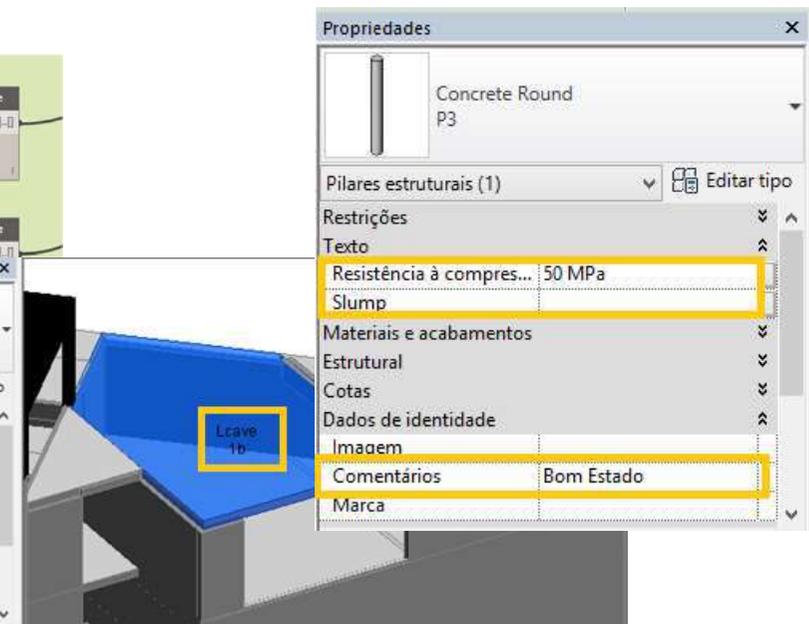
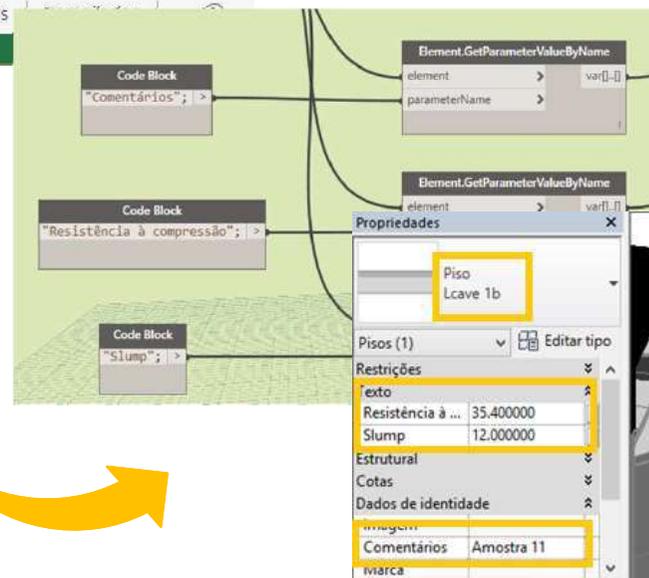
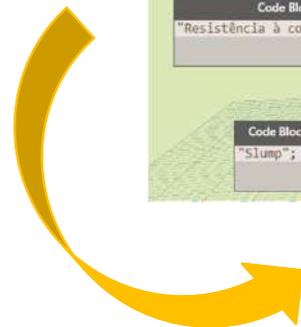


## Digitalização da informação: introdução de resultados dos ensaios em modelos BIM

	A	B	C	D	E
1	<b>Nome</b>	<b>ID Família</b>	<b>Comentários</b>	<b>Resistência à compressão</b>	<b>Slump</b>
29	Lcave 1b	448967	Amostra 11	35.40	12.00
30	Lcobertura2	448013	Não ensaiado	0.00	0.00

PRONTO

Compiladores da empresa em Excel



Resultados associados aos elementos estruturais

# Protocolos de colaboração com a universidade

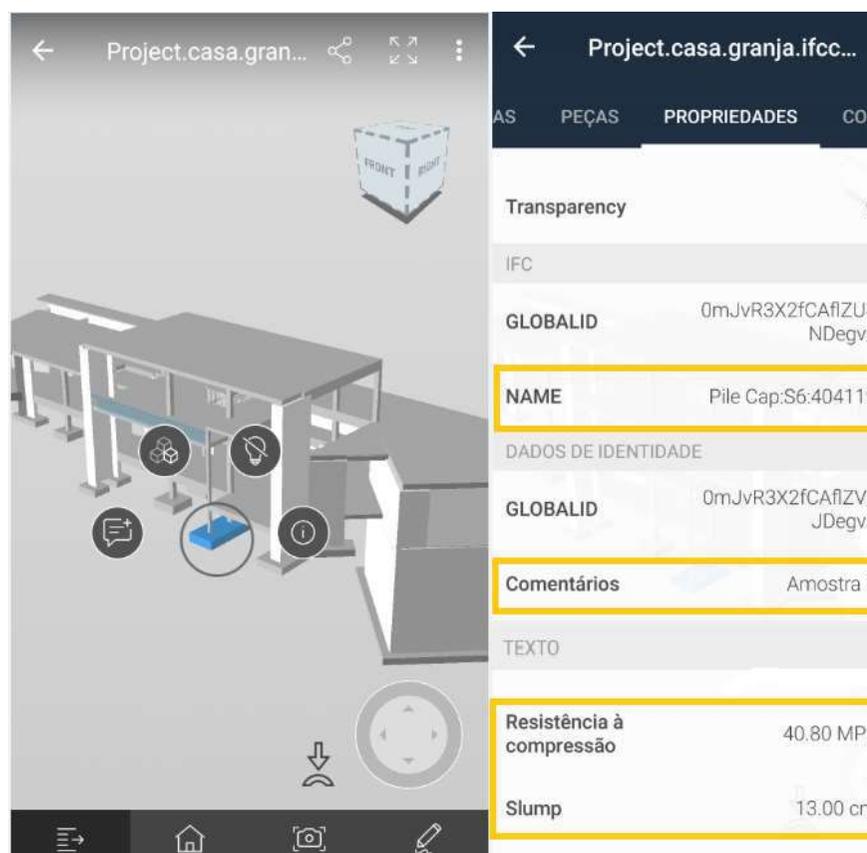


## Digitalização da informação: introdução de resultados dos ensaios em modelos BIM

*Aplicação móvel - A360 Mobile*

*permite que sejam registados apontamentos importantes relativamente à localização das betonagens - 'in situ'.*

*Permite também o acesso 'in situ' aos resultados dos ensaios que já realizados e exportados para o modelo.*



# Protocolos de colaboração com a universidade



Digitalização da informação: introdução de resultados dos ensaios em modelos BIM



Evitar a acumulação de ficheiros e relatórios  
possibilitando a organização de toda a informação  
facilitando a consulta de resultados obtidos nos diferentes ensaios realizados

Auxiliar os técnicos numa abordagem de BIM-FM  
intervenção numa fase posterior à fase de construção, em trabalhos de  
manutenção ou reparação de patologias que a estrutura possa apresentar.





Obrigada pela atenção!