

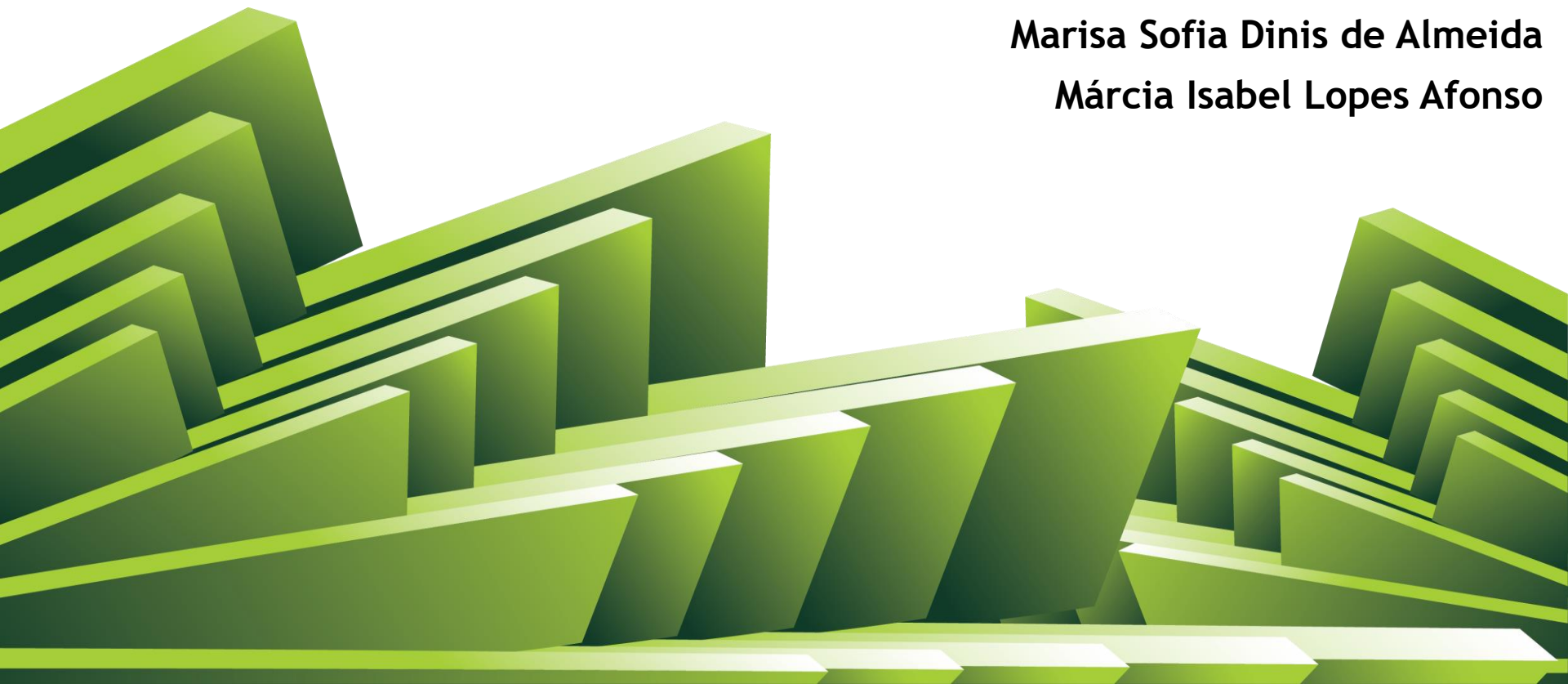


Departamento de
Engenharia Civil e Arquitetura

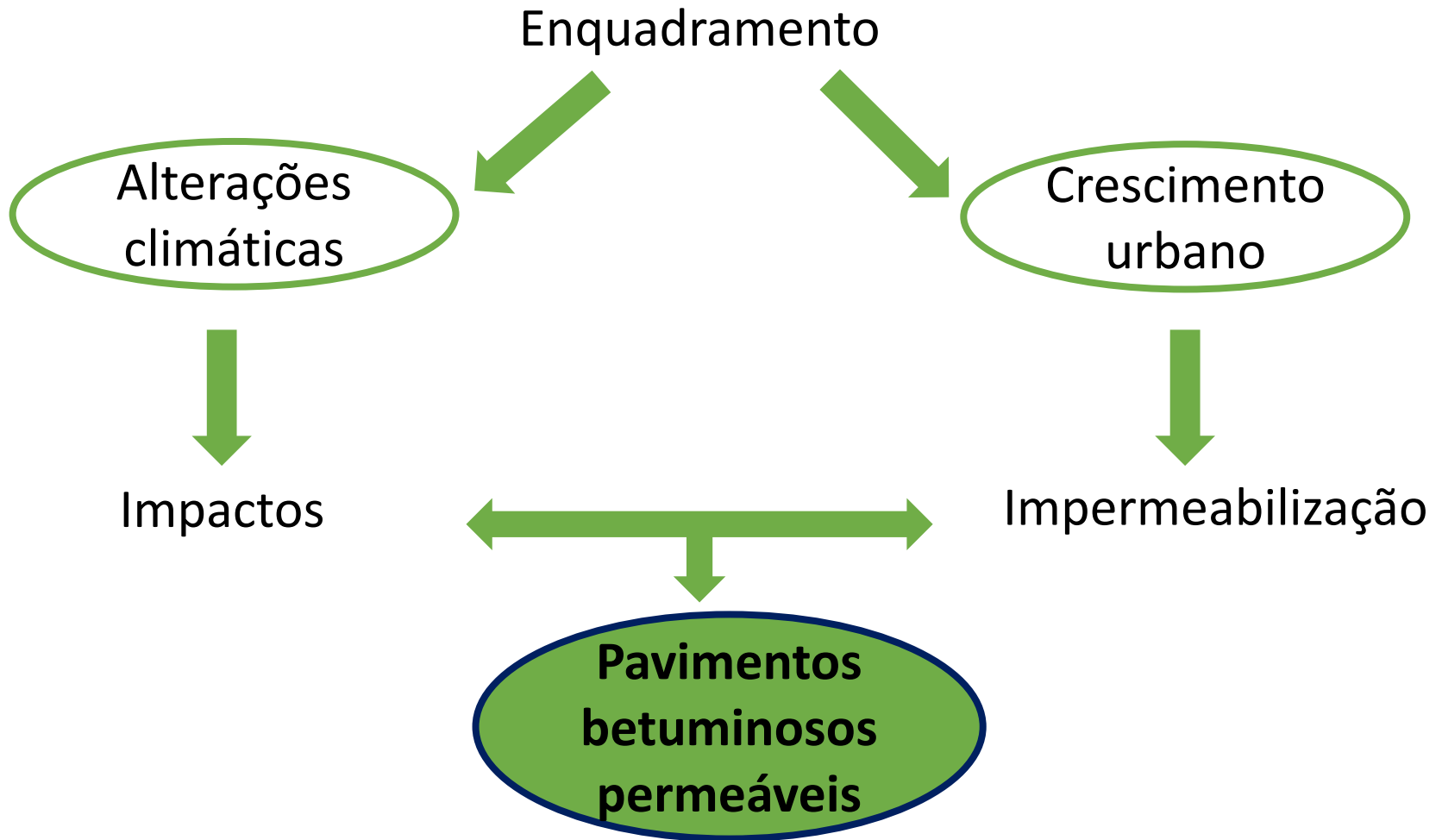
Repensar os pavimentos urbanos face ao impacto das mudanças climáticas



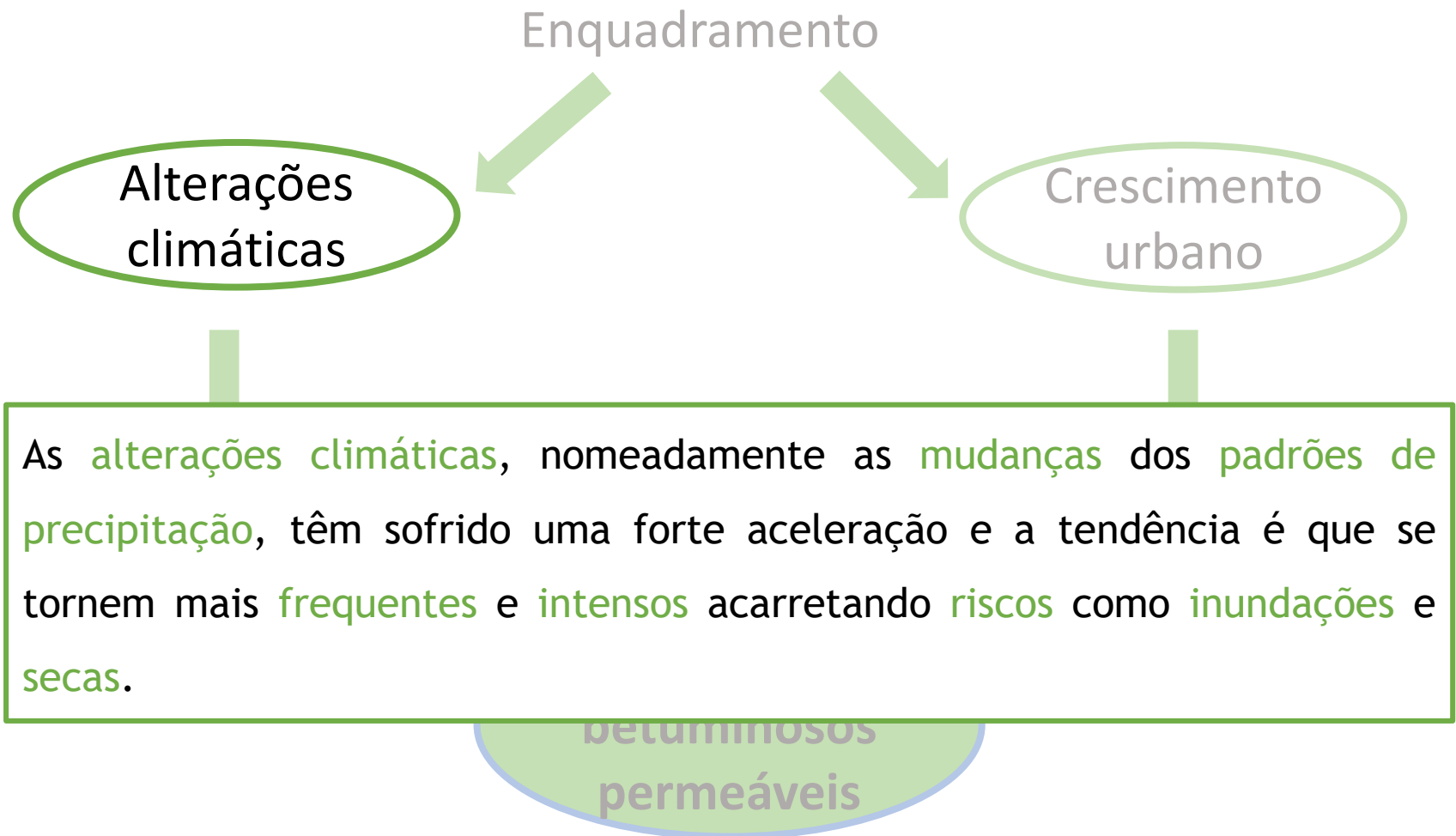
Cristina Maria Sena Fael
Marisa Sofia Dinis de Almeida
Márcia Isabel Lopes Afonso



1. Enquadramento



1. Enquadramento



1. Enquadramento

Alterações
climáticas

Fazem-se sentir ao nível da qualidade da água superficial e subterrânea, na biodiversidade e ecossistemas territoriais e dos solos para agricultura (Borrego *et al.*, 2009; Duarte, 2007).

Inundações

Problema agravado quando ocorrem precipitações muito intensas.



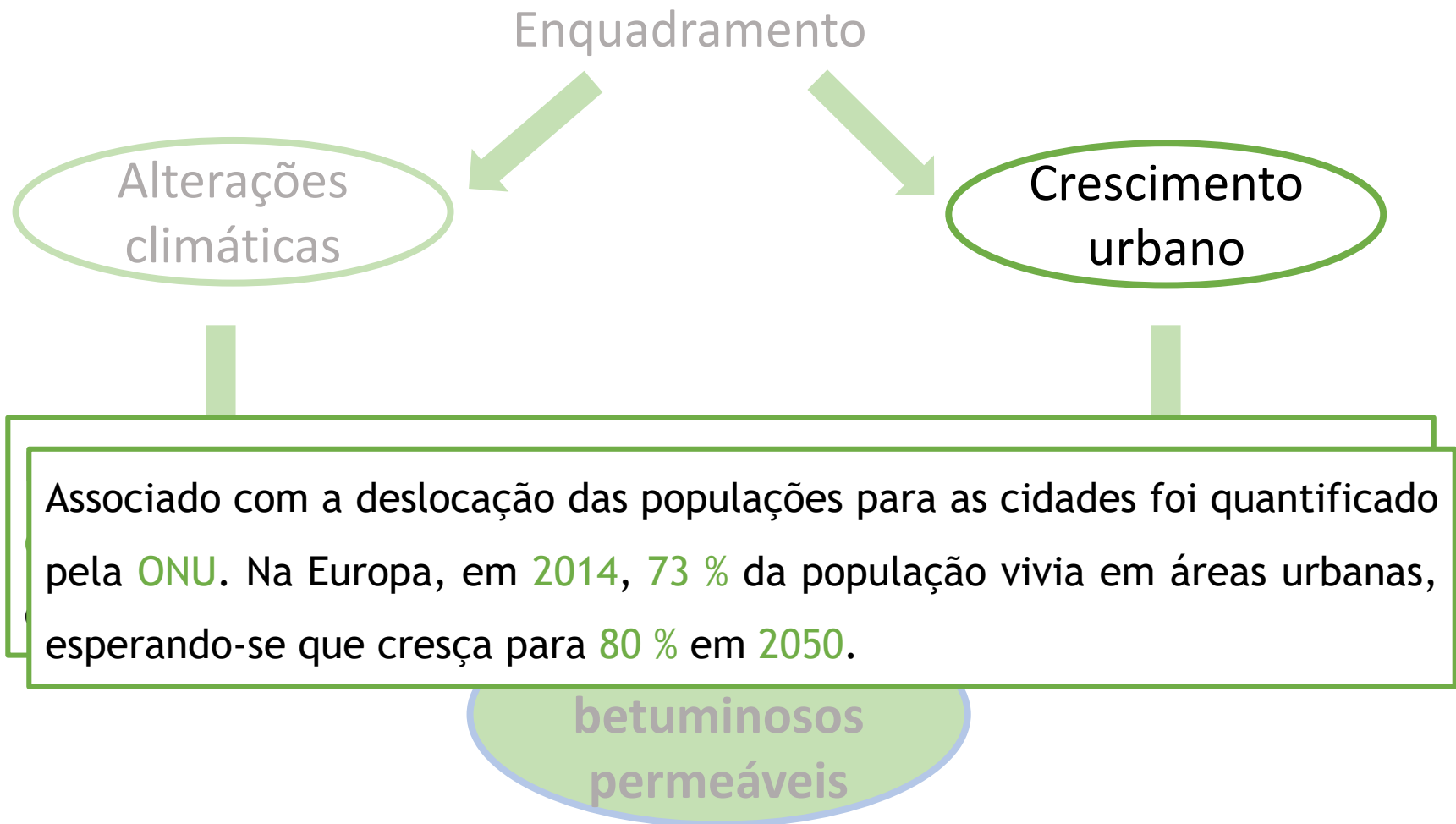
Imagens de inundações em Portugal a) e b) Lisboa, 22-09-2014, Observador

Secas

Problema agravado quando não ocorre recarga dos aquíferos.



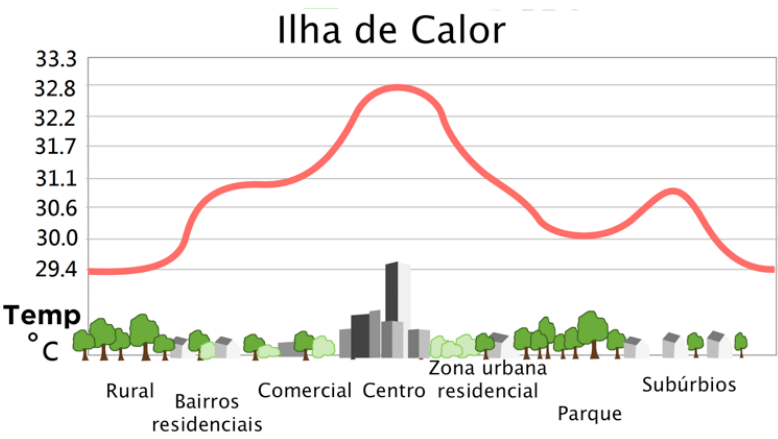
1. Enquadramento



1. Enquadramento

É um fator importante que afeta o aumento do escoamento superficial e a diminuição da recarga das águas subterrâneas (Arnold e Gibbons, 1996; Burns *et al.*, 2005; Leopold, 1968).

Crescimento urbano



betuminosos permeáveis



1. Enquadramento

Enquadramento

Pelas suas propriedades de elevada permeabilidade e porosidade apresentam-se eficazes no que diz respeito à redução da taxa de escoamento superficial e ao aumento da infiltração da água para o solo.

Impactos



Impermeabilização

**Pavimentos
betuminosos
permeáveis**

1. Enquadramento

Tipos de aplicação

- ✓ Parques de estacionamento
- ✓ Estradas residenciais e comerciais, zonas de descanso
- ✓ Acessos e caminhos pedonais
- ✓ Trilhos de BTT
- ✓ Percursos dos carros de golfe e equestres



Universidade de Rhode Island
Kingston



Maine Mall Road in South Portland
Oregon



Grey Towers National Historic Site
Pensilvânia



Upper Darby,
Pensilvânia

2. Objetivo geral

Analisar o desempenho de um **pavimento betuminoso permeável**, na mitigação às alterações climáticas, com aplicação no **Parque Duppigheim, na Covilhã**.

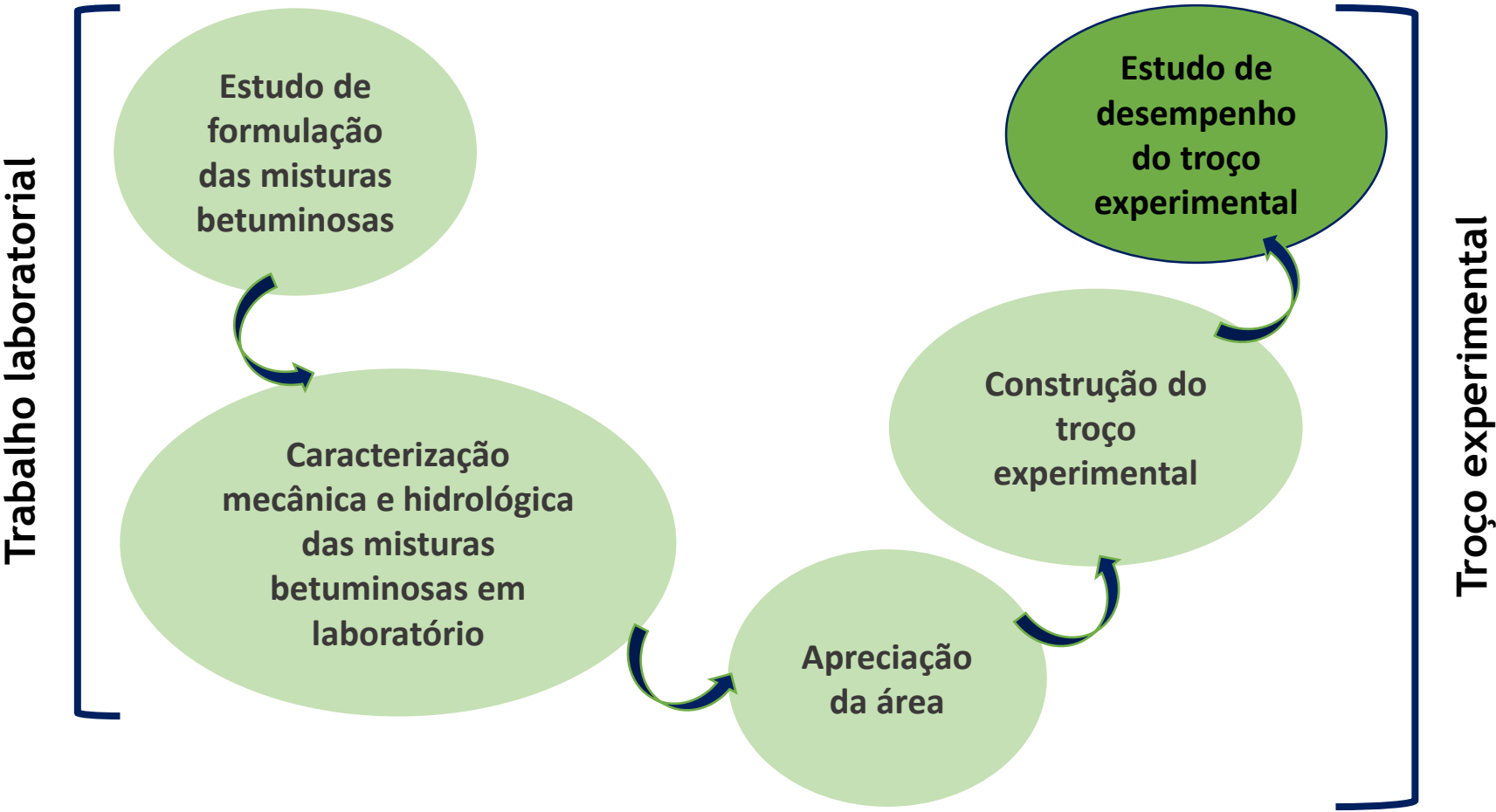
Materiais - Pavimentos

Formulação das misturas betuminosas e ensaios de desempenho mecânico e estrutural.

Hidrologia Qualidade da água

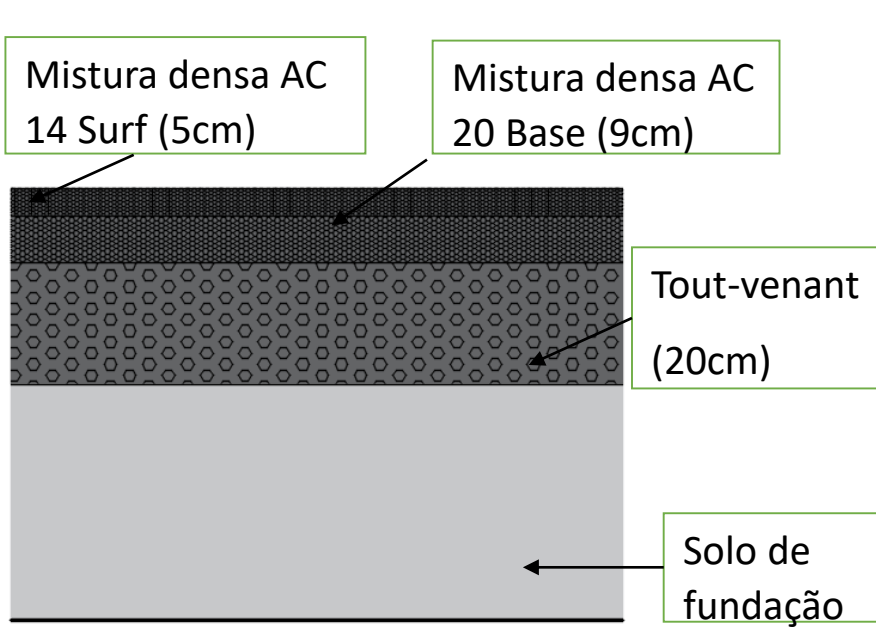
Estudo hidrológico do escoamento superficial, armazenamento e infiltração e análise da qualidade da água.

3. Metodologia

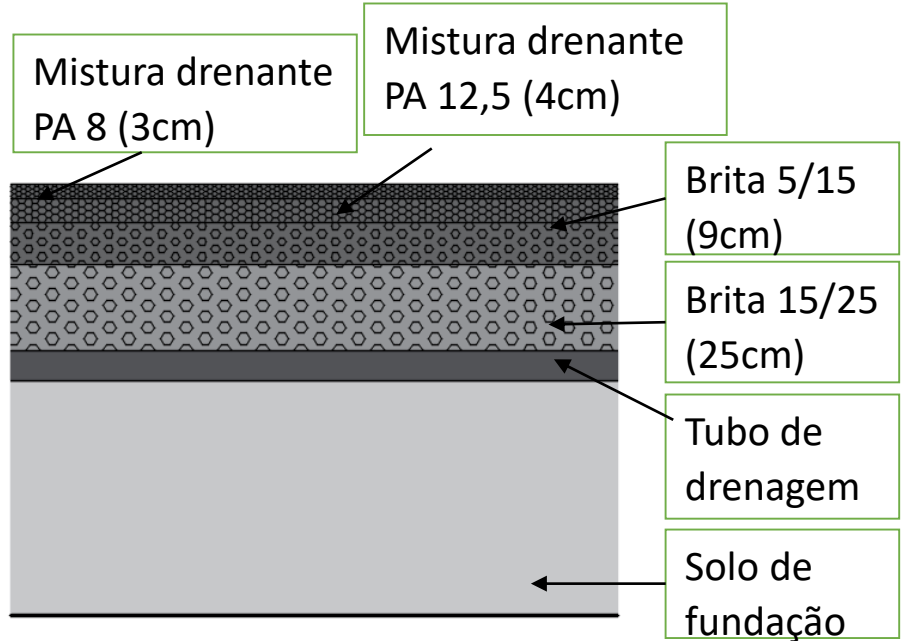


4. Trabalhos laboratoriais

4.1 Formulação das misturas betuminosas - Definição das camadas



Pavimento betuminoso **denso**



Pavimento betuminoso **permeável**

4. Trabalhos laboratoriais

4.1 Formulação das misturas betuminosas - **Composição das misturas**

Misturas betuminosas densas



Material	MD (AC 14 Surf)	MB (AC 20 Base)
Betume 50/70	5,3 %	4,8 %
Cal hidráulica	3 %	3 %
Pó de pedra 0/4	34 %	
Brita 5/15	34 %	
Brita 15/25	—	



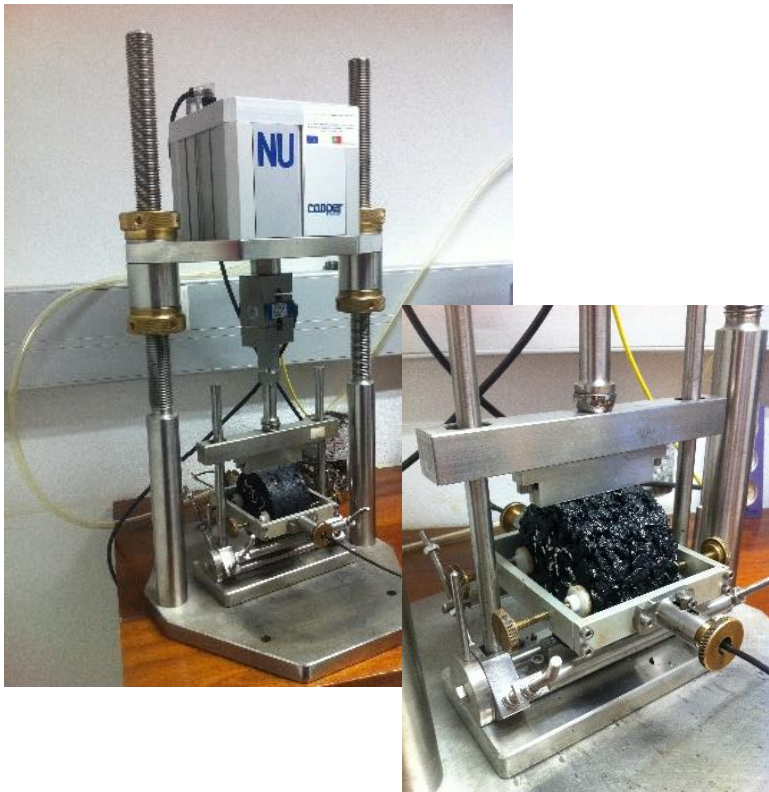
Misturas betuminosas drenantes



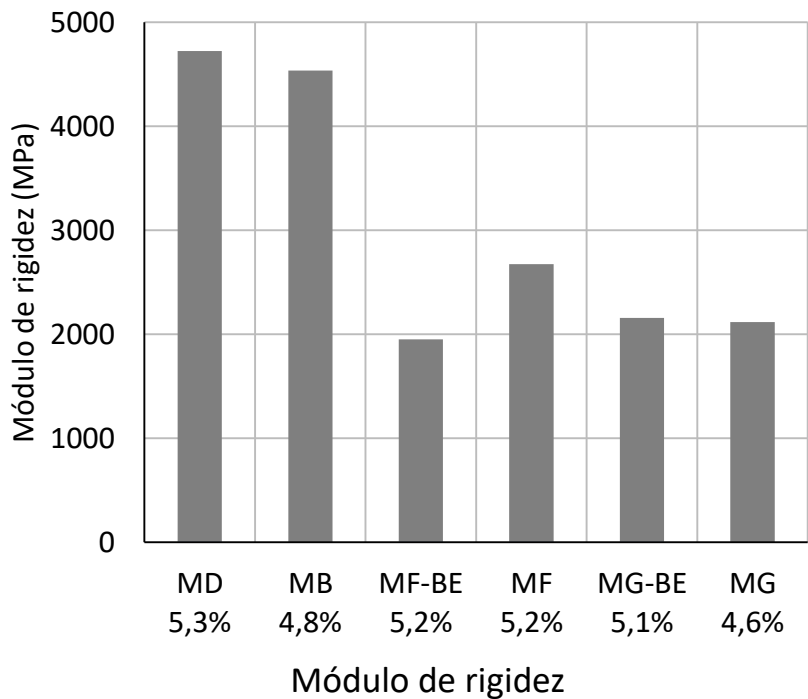
Material	MF-BE	MF	MG-BE	MG
Betume Elaster PMB 45/80-60	5,2 %	—	5,1%	—
Betume 50/70	—	5,2 %	—	4,6 %
Cal hidráulica	2 %	2 %	2 %	2 %
Pó de pedra 0/4	8 %	8 %	4 %	4 %
Brita 5/15	—	—	94 %	94 %
Brita 5/10	90 %	90 %	—	—
Fibras Viatop Premium	0,5 %	0,5 %	0,5 %	0,5 %
Porosidade	16,6 %	16,6 %	18,6 %	19,0 %

4. Trabalhos laboratoriais

4.2 Desempenho mecânico - Ensaio de tração indireta em compressão diametral



Equipamento NAT e provete a ensaiar



4. Trabalhos laboratoriais

4.2 Desempenho mecânico - Ensaio de sensibilidade à água



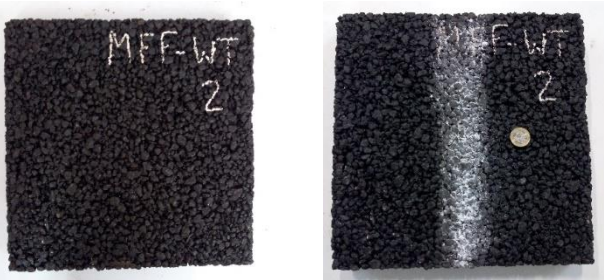
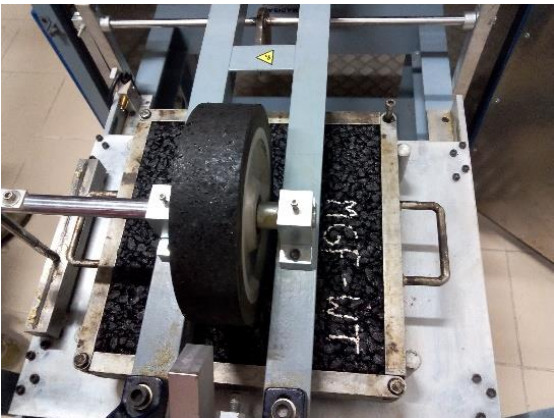
Provetes submetidos a vácuo e em banho de água; Ensaio ITSR

Resistência conservada em tração indireta

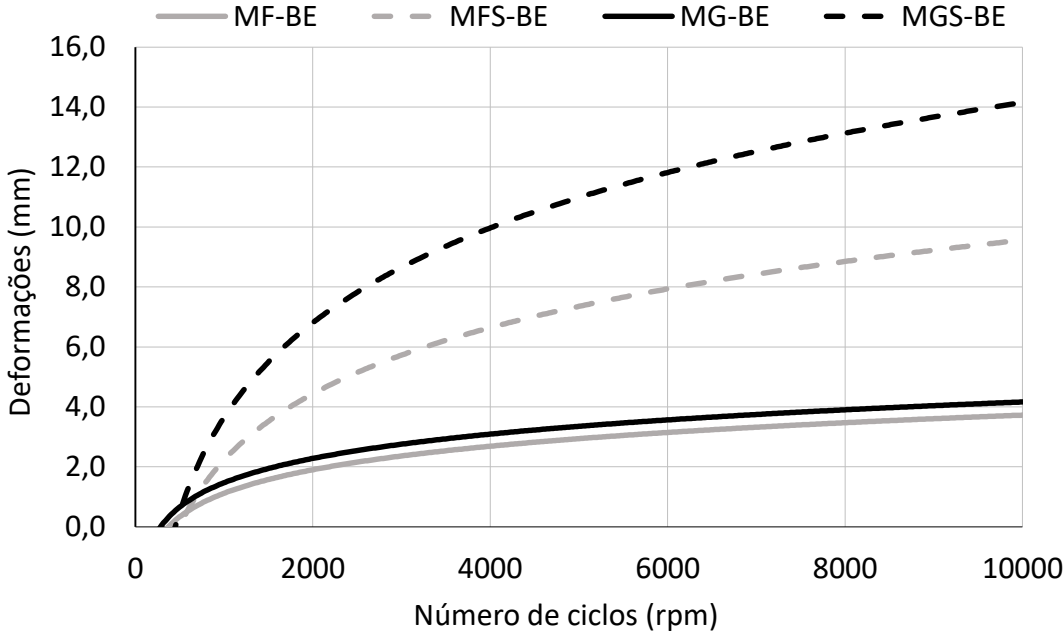
Misturas betuminosas	% De betume	ITS (kPa)		ITSR (%)
		“a seco”	imersos	
MD	5,3	1860	1700	91
MB	4,8	1710	1690	99
MF-BE	5,2	940	470	50
MF	5,2	930	630	68
MG-BE	5,1	800	530	66
MG	4,6	940	560	60

4. Trabalhos laboratoriais

4.2 Desempenho mecânico - Ensaio de deformação permanente



Wheel tracking e lajetas antes e depois do ensaio



Deformação máxima das lajetas

4. Trabalhos laboratoriais

4.3 Desempenho hidrológico - Ensaio de permeabilidade



Coeficiente de permeabilidade vertical e horizontal

Misturas betuminosas	Tempo de escoamento (s)		Coeficiente de permeabilidade ($\times 10^{-3}$ m/s)	
	t (vertical)	t (horizontal)	k (vertical)	k (horizontal)
	MF-BE	11,1	8,1	4,6
MF	54,0	28,4	0,9	1,9
MG-BE	11,7	10,7	4,4	4,8
MG	17,4	12,7	2,9	4,0

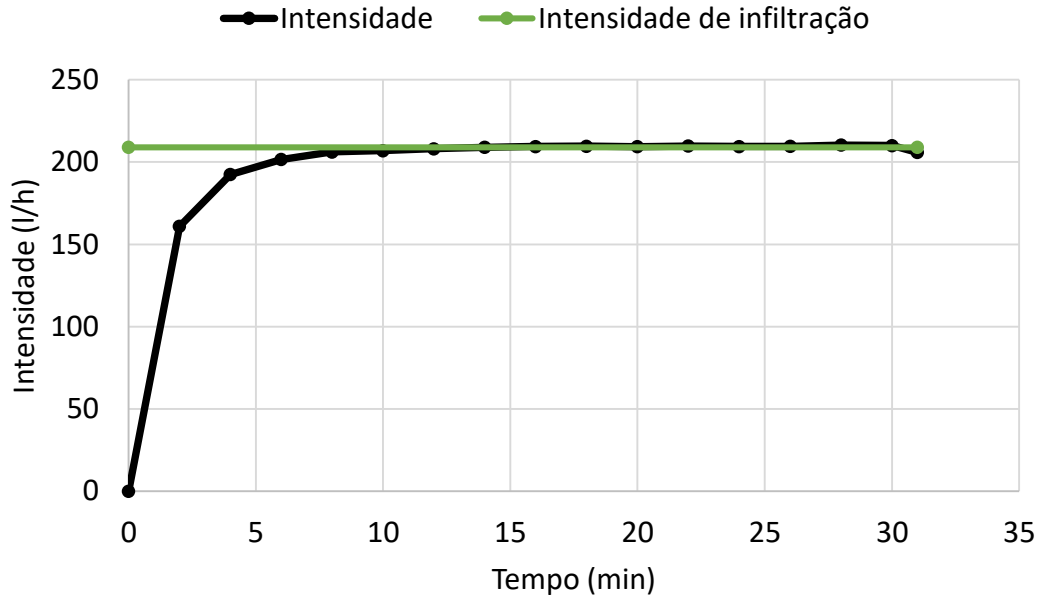
Permeâmetro e provetes a ensaiar

4. Trabalhos laboratoriais

4.3 Desempenho hidrológico - Ensaio de infiltração



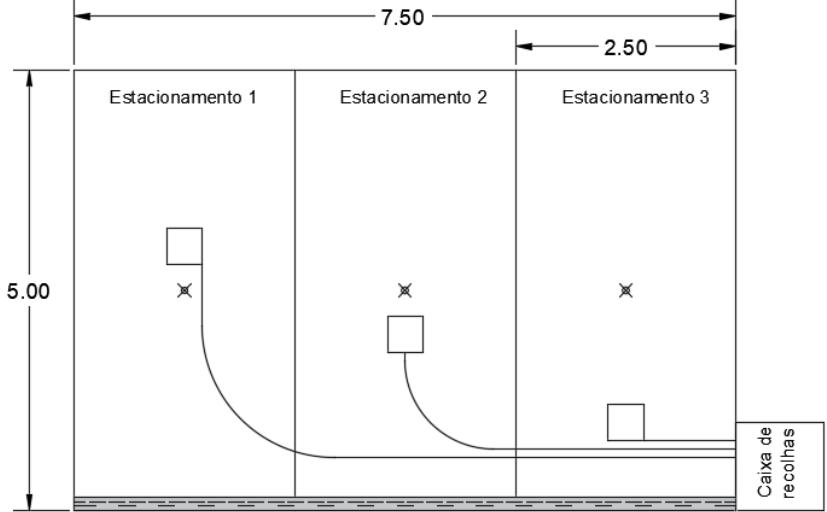
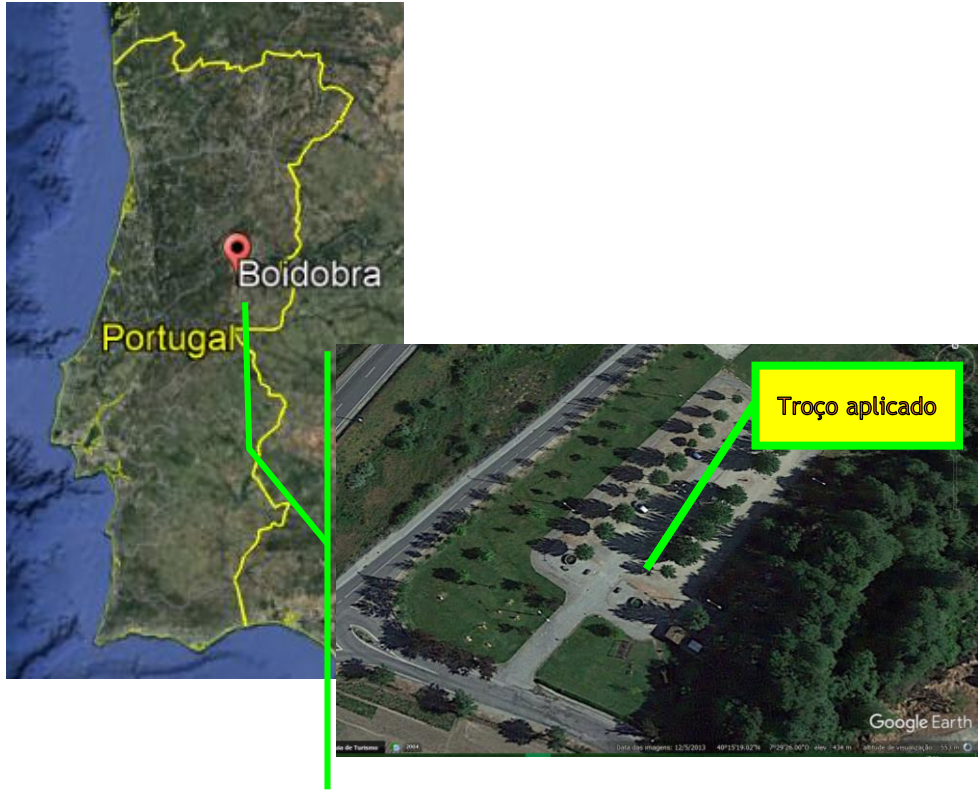
Molde desenvolvido para ensaio de infiltração



Hidrograma de infiltração para uma precipitação de 200 mm/h

5. Troço experimental

5.1 Apreciação da área - Localização do troço experimental (Boidobra)



Esboço das áreas do troço aplicado

Localização do troço experimental 1

5. Troço experimental

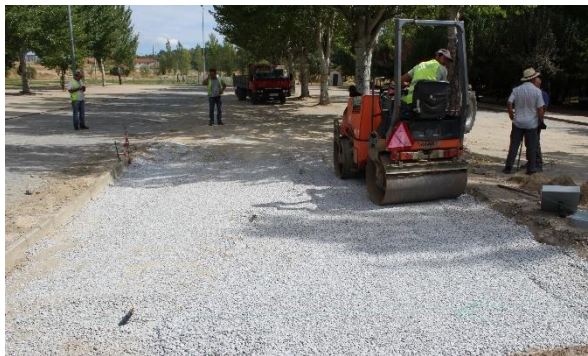
5.3 Construção



Trabalhos de escavação



Colocação do dreno



Aplicação e compactação das camadas de agregado solto



Aplicação das camadas betuminosas porosas

5. Troço experimental

5.3 Construção



Compactação das camadas betuminosas porosas



Aplicação da caleira para recolha do escoamento superficial



Caixa de recolha de águas



Vista geral do pavimento

5. Troço experimental

5.4 Desempenho do pavimento

Desempenho hidrológico

- Análise com precipitação real



- escoamento superficial e a infiltração
- Hidrogramas de escoamento superficial e infiltração



Desempenho estrutural e funcional

- Ensaio com defletómetro de impacto ligeiro
- Mancha de areia
- Pêndulo britânico



- Módulo de deformabilidade
- Assentamento
- Textura
- Coeficiente de atrito
- Permeabilidade

5. Troço experimental

5.5- Qualidade da água



Recolha do escoamento superficial



Recolha da água infiltrada

Pontos de recolha

- ✓ Escoamento superficial do pav. denso
- ✓ Infiltração do pav. denso
- ✓ Escoamento superficial do pav. permeável
- ✓ Infiltração do pav. permeável
- ✓ Água da chuva

Parâmetros analisados

Valor do pH

Temperatura

Oxigénio dissolvido

Condutividade

TOC, CQO, N-NH₄, N-NO₃, P-PO₄, ST, SST E SVT

Metais pesados

Compostos inorgânicos

Hidrocarbonetos totais

Azoto total

5. Troço experimental

5.5- Utilização da água



Recolha e utilização da água infiltrada



Obrigada pela atenção!

