

# A AVALIAÇÃO DE ESTRATÉGIAS NO ÂMBITO DO SISTEMA DE GESTÃO DE PAVIMENTOS DA EP

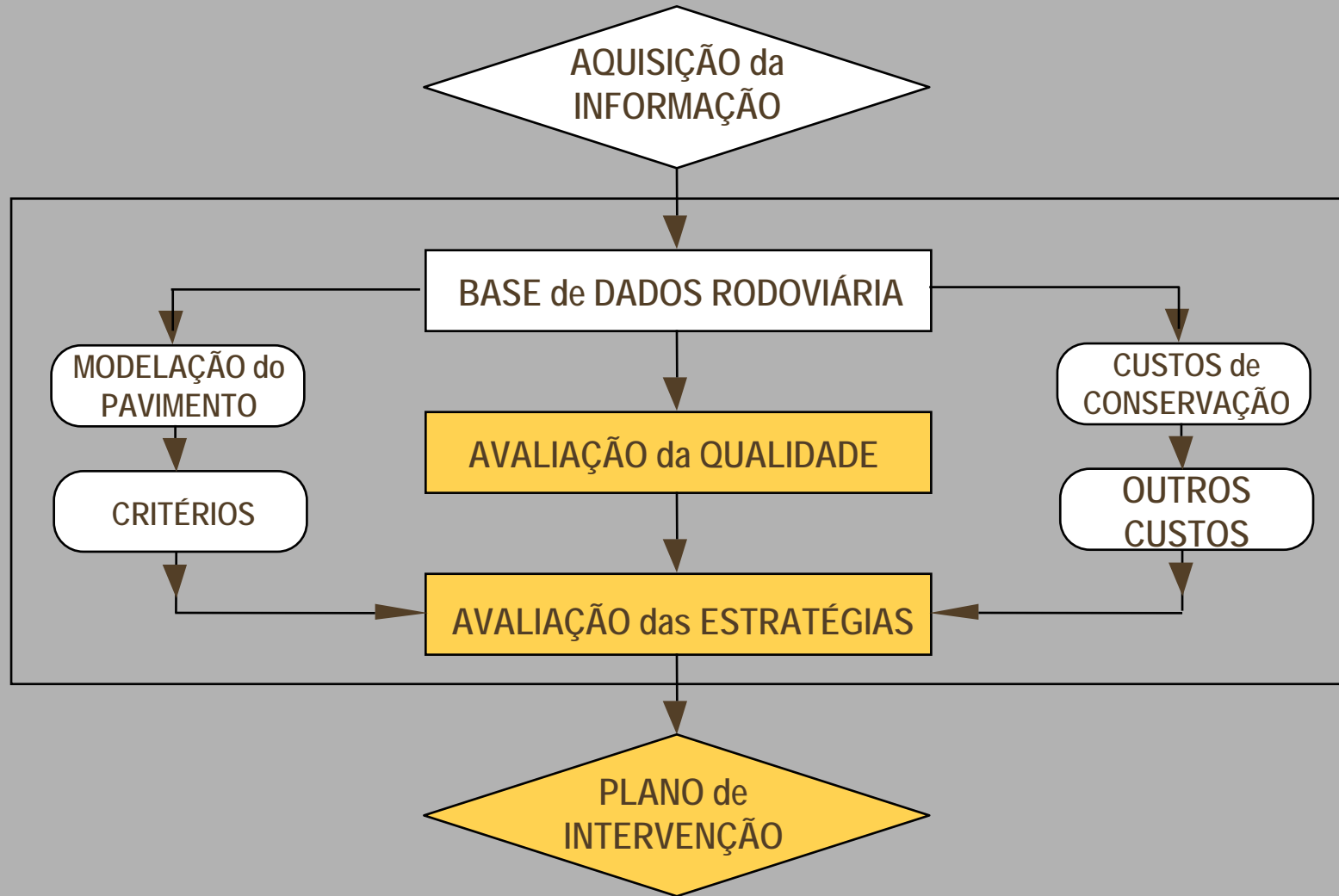
LUÍS PICADO-SANTOS  
ADELINO FERREIRA



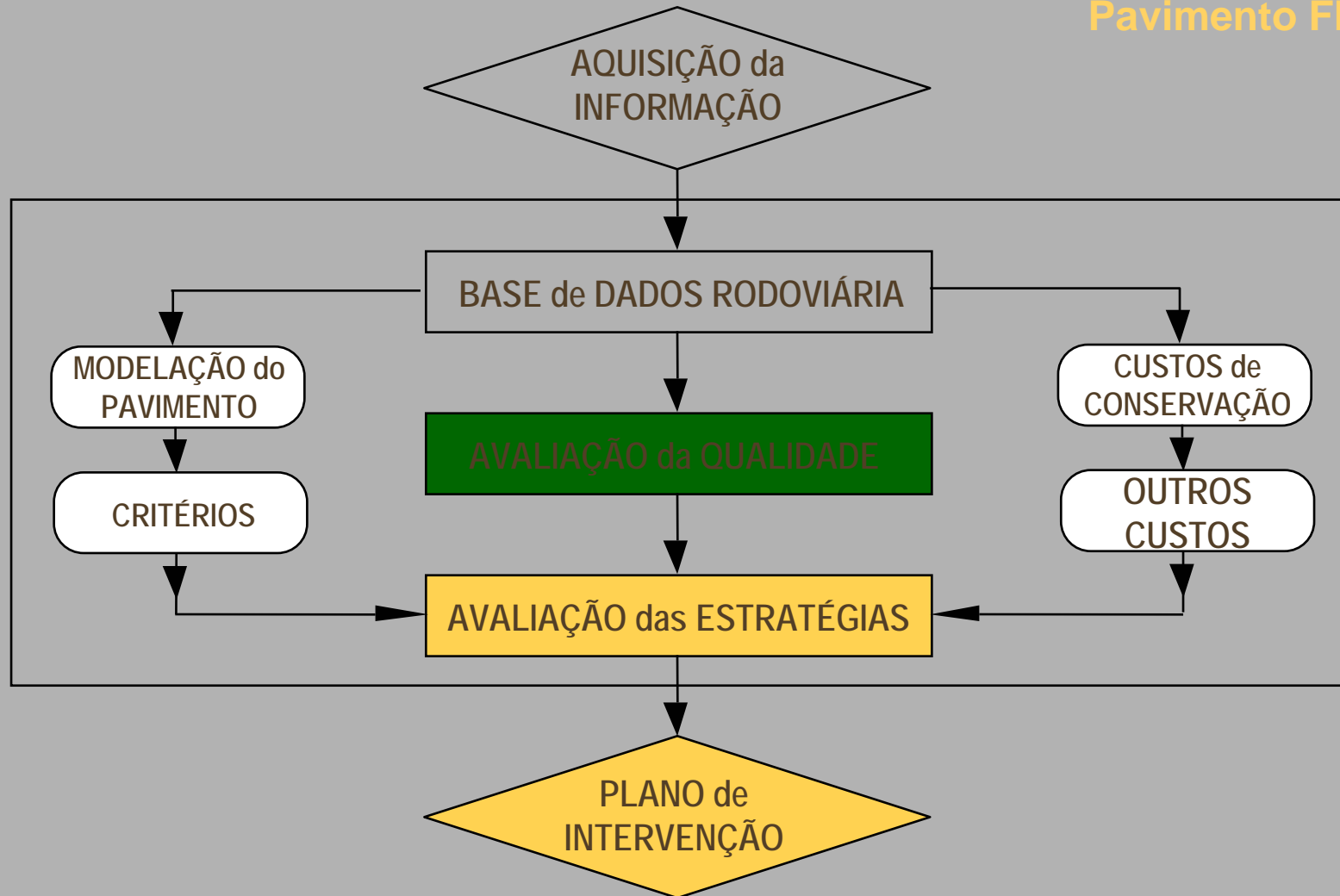
F. COSTA PEREIRA  
M. CONCEIÇÃO AZEVEDO



## Estrutura Geral do SGPav



## Pavimento Flexível



## Avaliação da Qualidade

### Pavimento Flexível

$$IQ = 5 \times e^{-0,0002598 \times IRI} - 0,002139 \times R^2 - 0,03 \times (C + S + P)^{0,5}$$

onde:

**IQ** - é o índice da qualidade (varia de 0 a 5);

**IRI** - é a irregularidade longitudinal do pavimento (mm/km);

**R** - é a profundidade média das rodeiras (mm);

**C** - é a área com fendilhamento e pele de crocodilo (m<sup>2</sup>/100m<sup>2</sup>);

**S** - é a área com degradação superficial de materiais como o conjunto das “deteriorações superficiais” e as covas (m<sup>2</sup>/100m<sup>2</sup>);

**P** - é a área com reparações (m<sup>2</sup>/100m<sup>2</sup>).

Para os pavimentos rígidos (1 % da rede sob gestão da EP), foi decidido usar o **PCI** (Present Condition Index), de acordo com a norma **ASTM D 5340 – 04**

# Avaliação da Qualidade

## Pavimento Flexível

Degradação	Níveis de Gravidade	Descrição do Nível de Gravidade	Área afectada / valor adoptado
Fendilhamento	Nível 1	Fenda isolada	0,5m × comp. afectado
	Nível 2	Fenda longitudinal significativa, ramificada com eventual perda de agregados (2mm < abertura < 4mm)	2,0m × comprimento afectado
	Nível 3	Fenda longitudinal grave ramificada ou em grelha ligeira com perda de material (abertura > 4 mm) Fenda transversal de qualquer gravidade	Largura do trecho × comprimento afectado
Fendilhamento do tipo pele de crocodilo	Nível 1	Malha com fendilhamento de abertura de pequena dimensão e sem ascensão de finos (abertura < 2mm e malha > 20cm)	Largura do trecho × comprimento afectado
	Nível 2	Malha com fendilhamento de abertura de qualquer dimensão e com perda de material (Fendas com abertura < 2mm e malha < 20cm, ou fendas com abertura entre 2 e 4mm para qualquer tipo de malha, ou fendas com abertura > 4mm e malha > 40cm)	Largura do trecho × comprimento afectado
	Nível 3	Malha com fendilhamento de abertura de grande dimensão com perda de material e ascensão de finos (Fendas com abertura > 4mm e malha < 40cm)	Largura do trecho × comprimento afectado

# Avaliação da Qualidade

## Pavimento Flexível

Degradação	Níveis de Gravidade	Descrição do Nível de Gravidade	Área afectada / valor adoptado
Peladas, Desagregações superficiais, Exsudação do betume, Polimento dos agregados, Assentamentos localizados	Nível 1	Anomalia com largura < 30cm	0,5m × comprimento afectado
	Nível 2	30cm < Anomalia com largura < 100cm	2,0m × comprimento afectado
	Nível 3	Anomalia com largura > 100cm ou várias anomalias de qualquer largura na mesma secção transversal	Largura do trecho × comprimento afectado
Covas (Ninhos)	Nível 1	Profundidade máxima da cavidade < 2cm	0,5m × comprimento afectado
	Nível 2	2cm < Profundidade máxima da cavidade < 4cm	2,0m × comprimento afectado
	Nível 3	Profundidade máxima da cavidade > 4cm ou várias covas de qualquer largura na mesma secção transversal	Largura do trecho × comprimento afectado
Reparações	Nível 1	Reparações bem executadas	¼ da largura do trecho × comprimento afectado
	Nível 2	Reparações com baixa qualidade de execução ou má elaboração das juntas	½ da largura do trecho × comprimento afectado
	Nível 3	Reparações mal executadas	Largura do trecho × comprimento afectado

# Avaliação da Qualidade

## Pavimento Flexível

Degradação	Níveis de Gravidade	Descrição do Nível de Gravidade	Área afectada / valor adoptado
Rodeiras	Nível 1	Profundidade máxima da rodeira < 10mm	10mm
	Nível 2	10mm < Profundidade máxima da rodeira < 20mm	25mm
	Nível 3	Profundidade máxima da rodeira > 30mm	40mm
Irregularidade longitudinal	-	Valor do IRI	IRI (mm/km)
Aderência	-	Valor do SCRIM ou equivalente + mancha de areia	Coefficiente de atrito/IFI/Aa

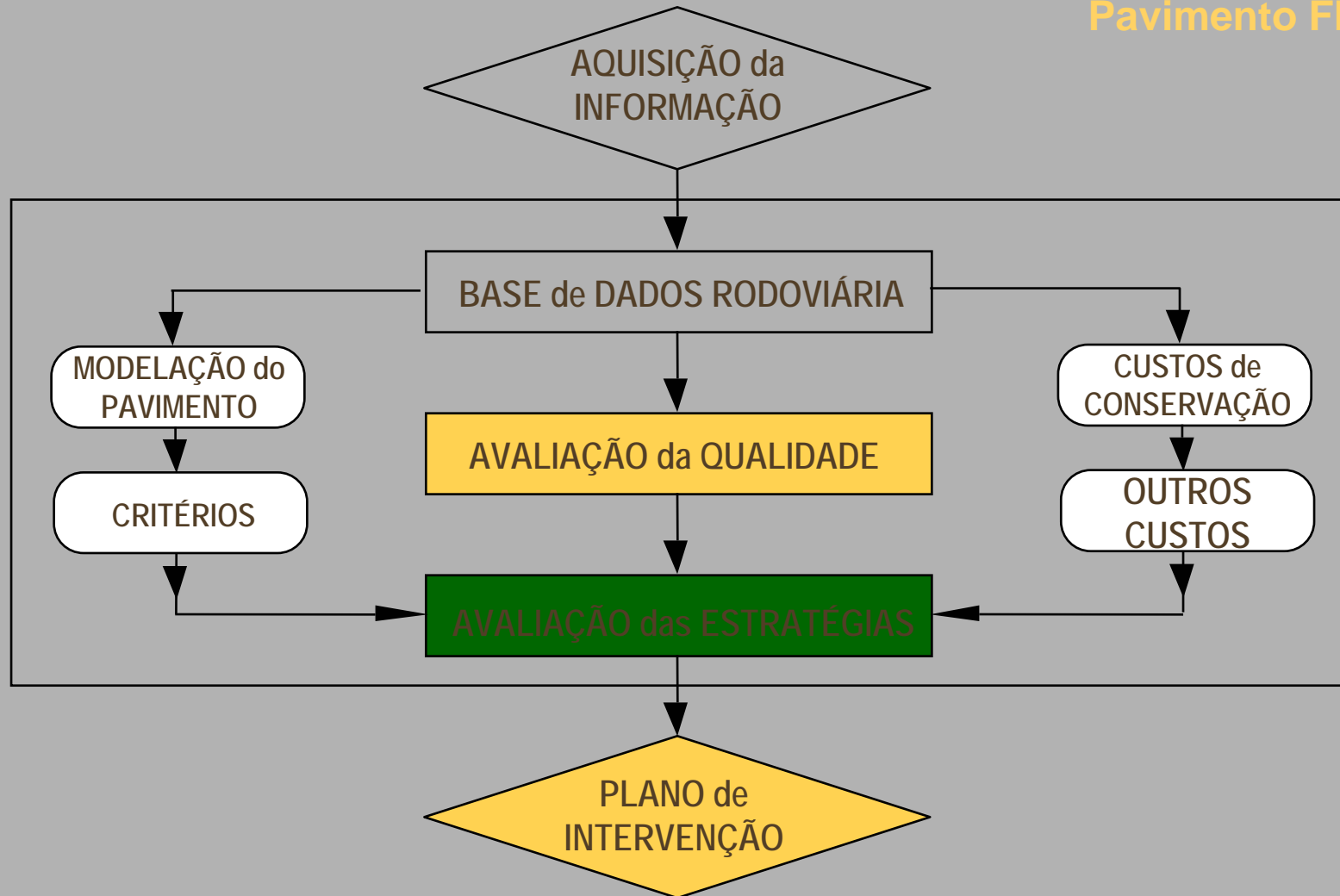
Degradação	Condição	Nível	IRI
fendilhamento pele de crocodilo	<=	1	Tipo 1: IRI = 1500 mm/km
e			
peladas, etc.	<=	1	
e			
rodeiras	<=	1	Tipo 2: IRI = 2500 mm/km
fendilhamento pele de crocodilo	=	3	Tipo 3: IRI = 3500 mm/km
ou			
peladas, etc.	=	3	
e			
rodeiras	>=	2	

# Avaliação da Qualidade

## Pavimento Flexível



## Pavimento Flexível



## Avaliação de Estratégias

- **Definição e verificação dos modelos de comportamento**
- **Definição dos custos directos e indirectos de conservação**
- **Avaliação de diferentes objectivos da qualidade**
- **Avaliação das restrições para aplicação dos recursos**

## Avaliação de Estratégias

## Pavimento Flexível

### Modelo AASHTO

$$\log_{10}(N_{80_t}^{Dim}) = Z_R \times S_0 + 9,36 \times \log_{10}(SN_t + 1) - 0,20 + \frac{\log_{10} \left[ \frac{\Delta IQ_t}{4,2 - 1,5} \right]}{0,40 + \frac{1094}{(SN_t + 1)^{5,19}}} + 2,32 \times \log_{10}(M_{R_t}) - 8,07$$

$N_{80_t}^{Dim}$  - é o número acumulado de eixos padrão de 80 kN no ano  $t$  e na via mais solicitada, desde a construção ou da última reabilitação;

$Z_R$  - é o desvio padrão;

$S_0$  - é o erro padrão combinado relativo à previsão do tráfego e desempenho dos pavimentos;

$SN_t$  - é o número estrutural do pavimento no ano  $t$  e é obtido através da equação (3);

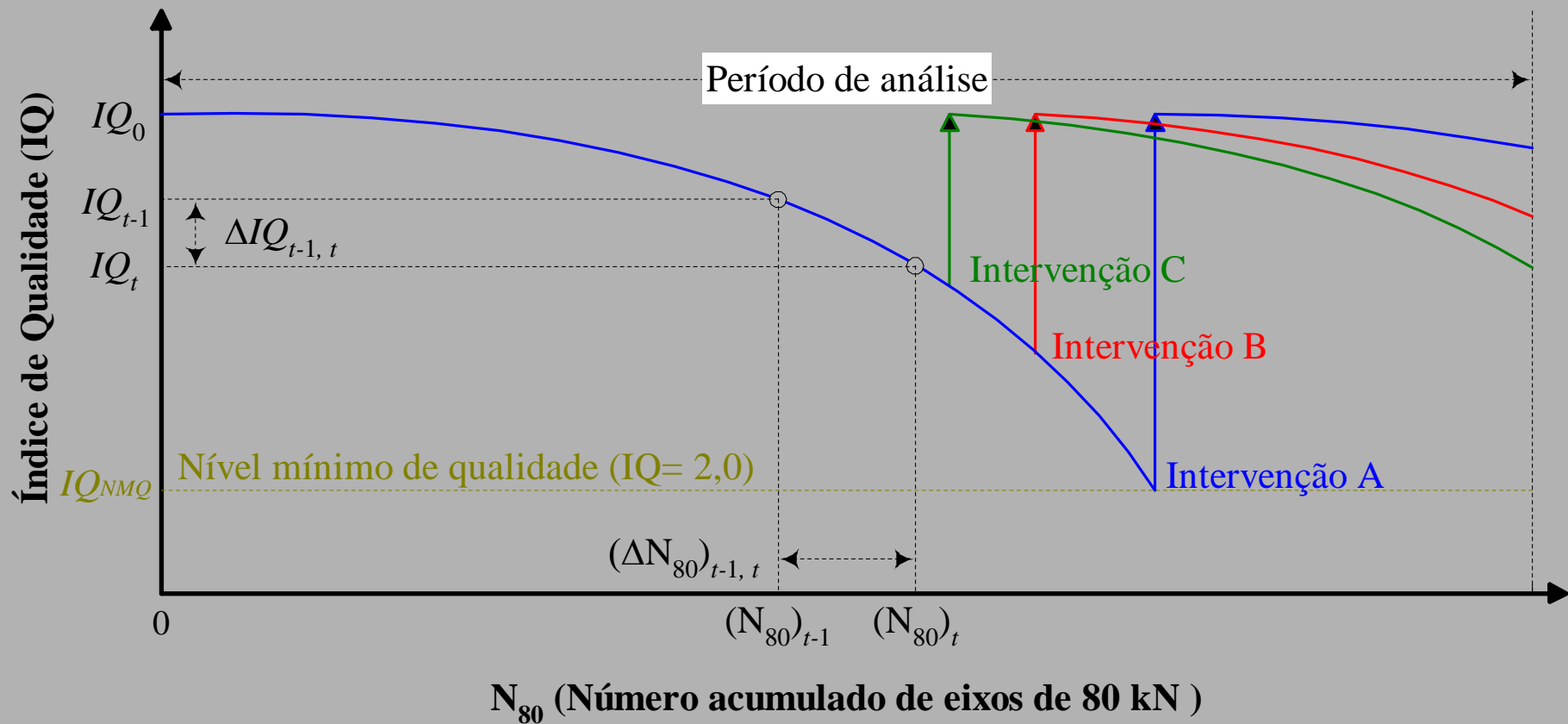
$\Delta IQ_t$  - é a diferença entre o valor do  $IQ$  (designado no modelo original por  $PSI$  - *Present Serviceability Index*) no ano da construção ou da última reabilitação e o  $IQ$  no ano  $t$ ;

$M_R$  - é o módulo de deformabilidade do solo de fundação;

# Avaliação de Estratégias

Pavimento Flexível

## Modelo AASHTO



# Avaliação de Estratégias

Pavimento Flexível

## Custos

### Intervenções de Conservação

Intervenções de Conservação	Descrição	Custo (€)
1	Não fazer nada	0
2	Recuperação superficial	4,45
3	Reforço leve	11,81
4	Reforço médio	18,87
5	Reforço forte	21,68

- ⇒ **Custo de utentes** função do custo/km pago pela administração e do IQ
- ⇒ **Valor residual** (custo negativo) função de IQ no fim do período de planeamento

# Avaliação de Estratégias

## Definição da Intervenção

### Pavimento Flexível

#### Reforço médio:

- Rega de colagem;
- Reperfilamento na espessura média de 2 cm;
- Rega de colagem;
- Camada anti propagação de fendilhamento;
- Rega de colagem;
- Camada de regularização em mistura betuminosa densa com 5 cm;
- Rega de colagem;
- Camada de desgaste em 5 cm de betão betuminoso.

# Avaliação de Estratégias

Pavimento Flexível

## Critérios de avaliação

- ⇒ A primeira abordagem (**NMQ**) é definida apenas pelo nível mínimo de qualidade em termos de IQ (=2,0)
- ⇒ A segunda abordagem (**CC**) tem por objectivo racionalizar os custos de conservação dos pavimentos de toda a rede rodoviária durante um período de análise de 10 anos
- ⇒ A terceira abordagem (**CUV**) é determinada a partir da segunda considerando também um modelo que traduz os custos dos utentes e o valor residual dos pavimentos

Aplicação dos critérios através dum **algoritmo genético de optimização** apontado à minimização dos custos, que determina para cada **segmento** qual a **altura certa** para o **tipo de intervenção** que melhor se adequa.

# Avaliação de Estratégias

## Pavimento Flexível

### Exemplo

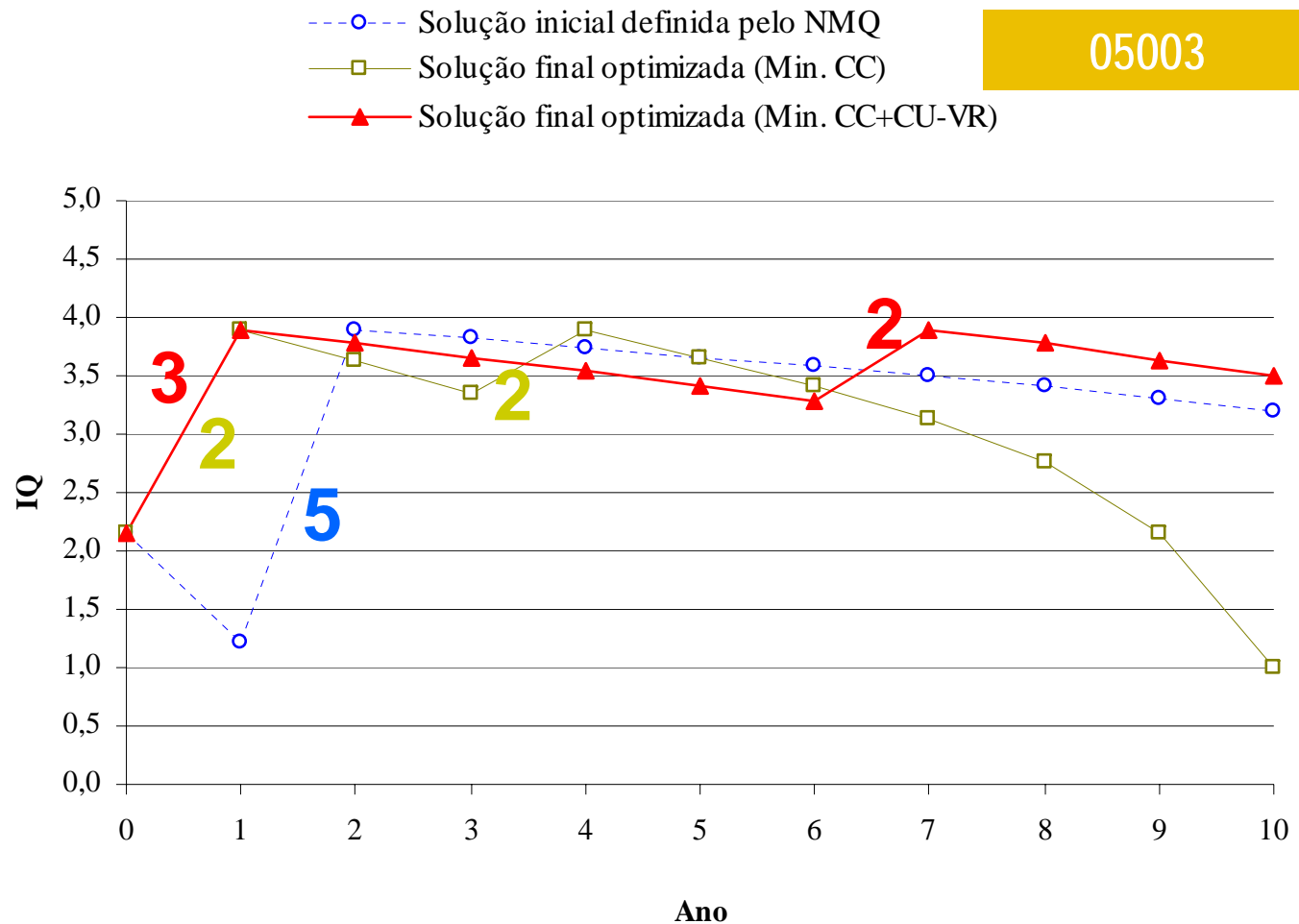
Atributos	Segmentos	
Segmento_ID	0500#	0500#
Classe_segmento	IP2	IC8
Tipo_pavimento	Flexível	Flexível
Direcção_estradas	#####	#####
Comprimento (km)	1,931	14,635
Largura (m)	9,4	8,55
CBR_leito_pavimento (%)	6	4
Número_estrutural	5,3	4,8
Número_estrutural_U_I	2,9	3,9
Ano_construção_ou_última_reabilitação	2001	2006
Idade (anos)	6	1
TMDA	4214	4809
TMDA_pesados	150	400
Taxa_crescimento (%)	3	4
Factor_agressividade_tráfego	2	4
IQ	3,81	4,1
Custo_intervenção_5	21,68	21,68
DSN_5	2,6	2,6

# Avaliação de Estratégias

Pavimento Flexível

## Exemplo

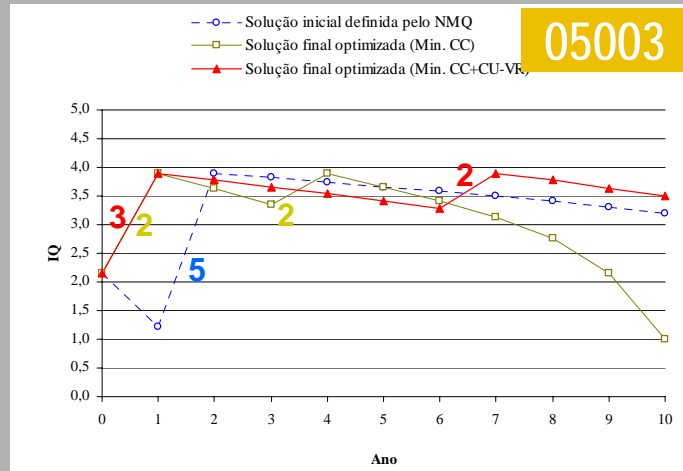
05003



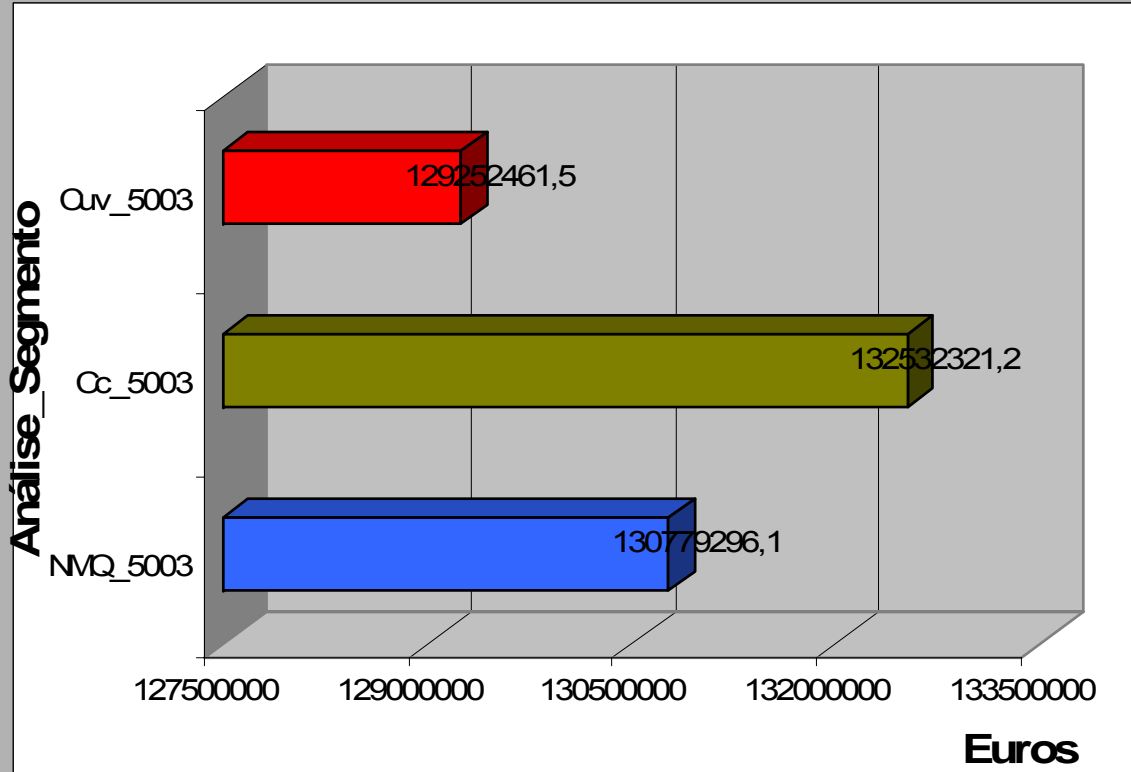
# Avaliação de Estratégias

Pavimento Flexível

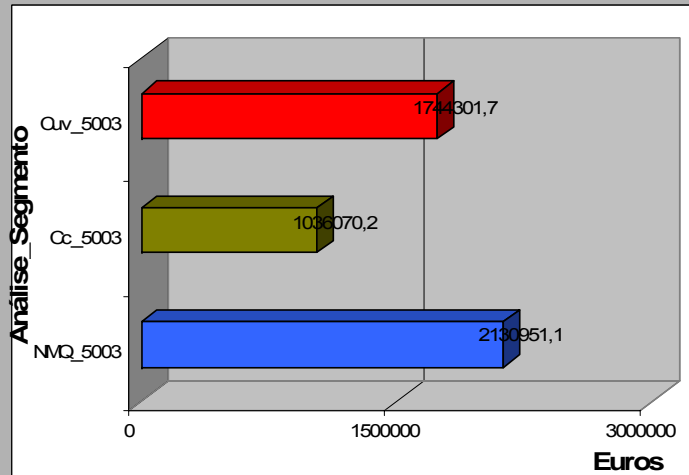
Exemplo



## Custos Totais



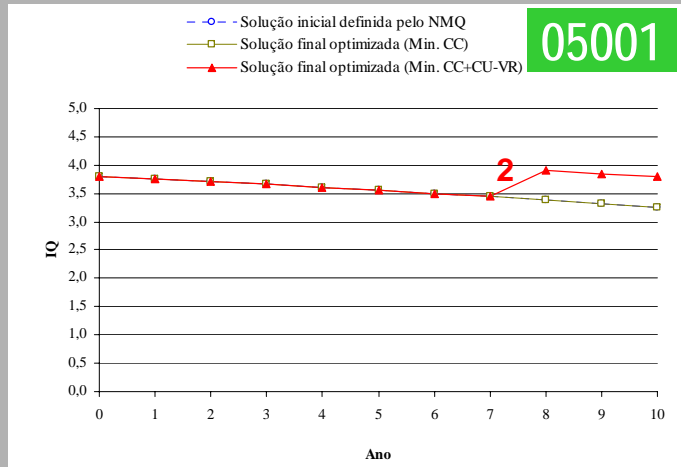
## Custos Conservação



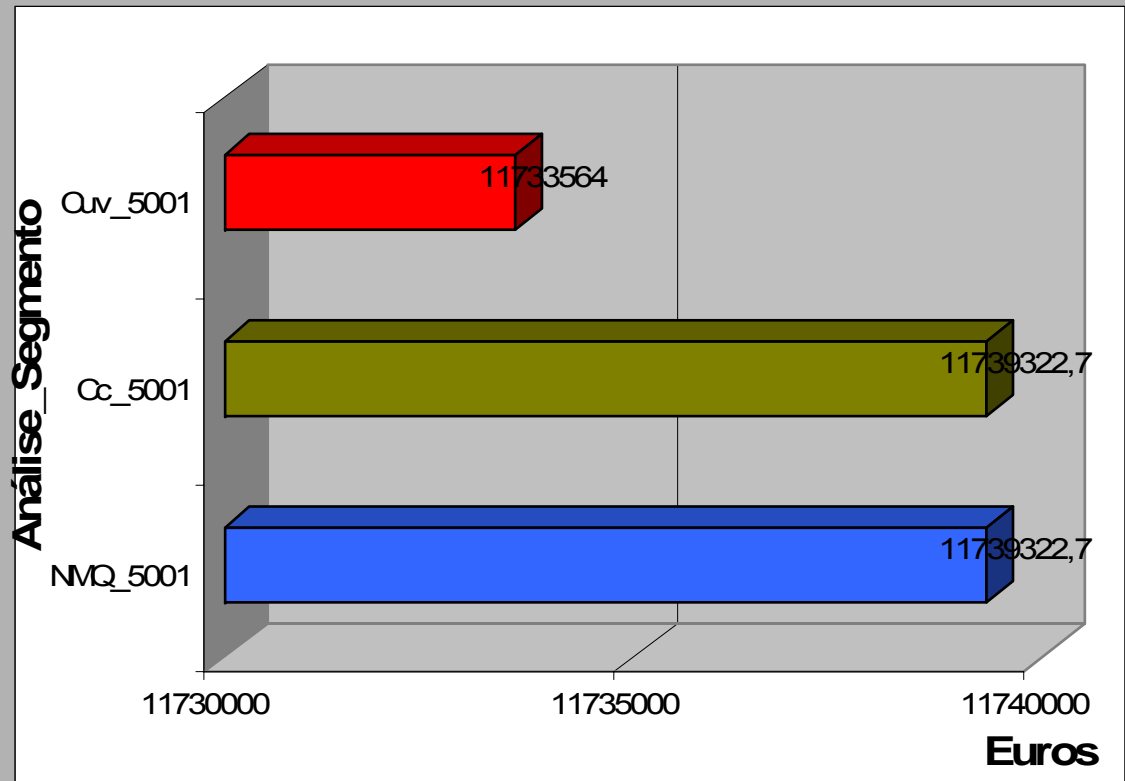
# Avaliação de Estratégias

Pavimento Flexível

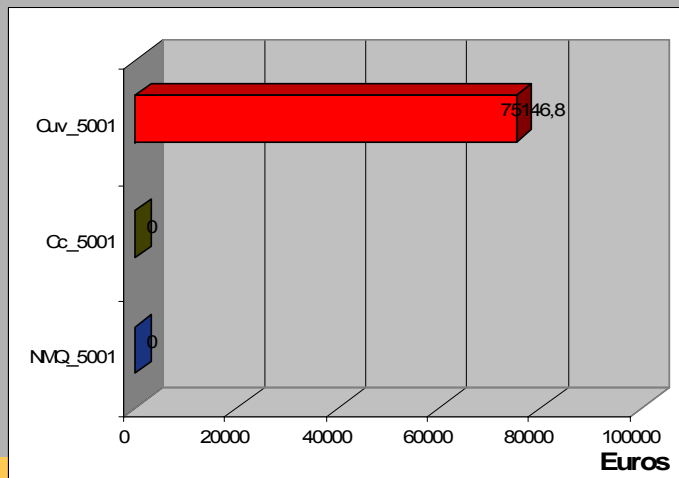
Exemplo



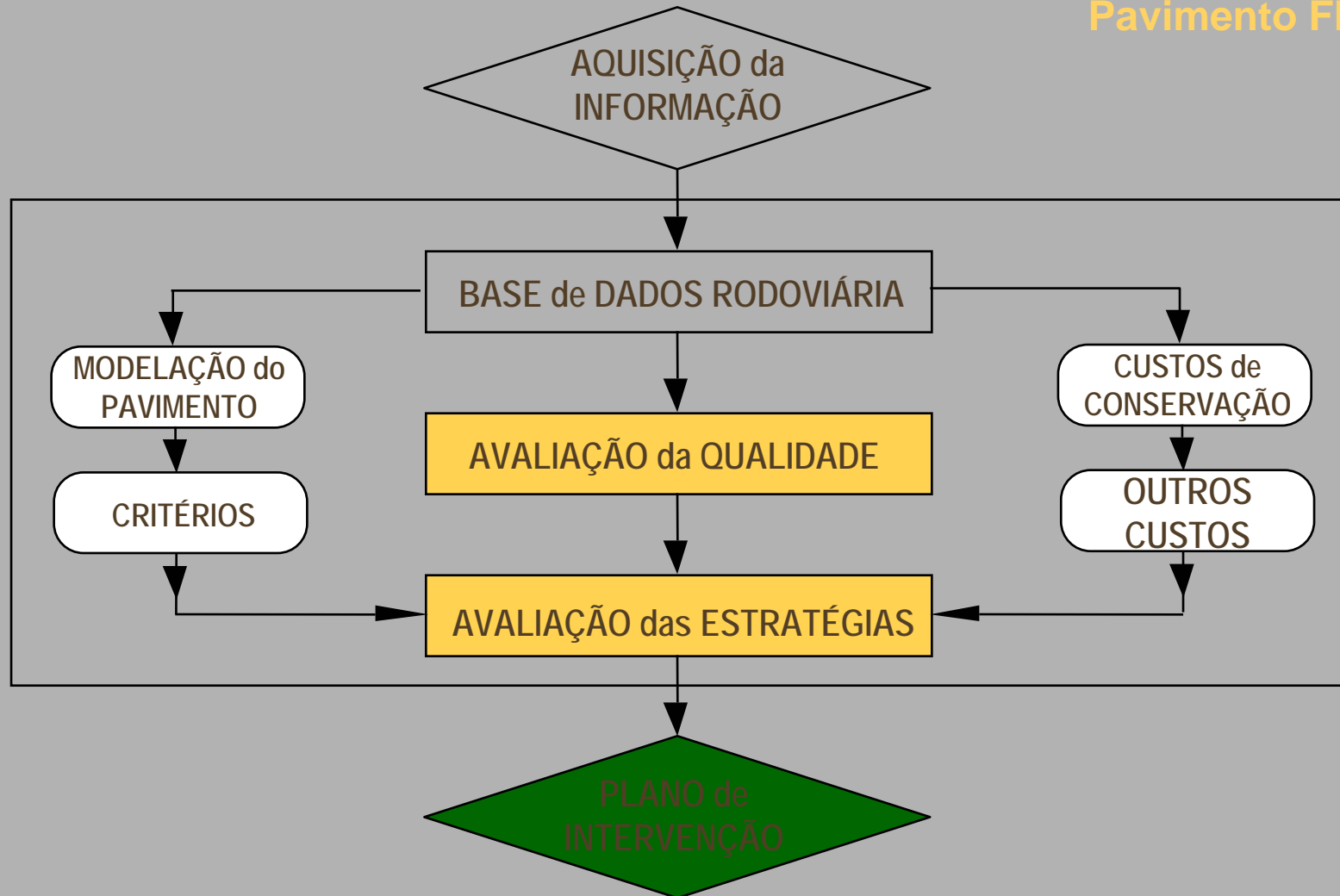
## Custos Totais



## Custos Conservação



## Pavimento Flexível



## Plano de Intervenção

- ⇒ Trechos rodoviários que devem ser **beneficiados**, que tipo de **intervenção** de conservação deve ser aplicada a cada um e **quando** deve ser executada
- ⇒ **Orçamento anual** necessário para executar o programa de conservação
- ⇒ **Estado** previsível dos pavimentos em cada ano do período de planeamento se for executado o programa de conservação

Todos os resultados são representados na rede, usando o **Sistema de Informação Geográfica** de suporte

## Conclusões

- ⇒ O SGP permite aplicar de forma mais efectiva a **intervenção certa**, no **tempo certo**, no devido **segmento de gestão**
- ⇒ O sistema permite em cada módulo uma **adaptação criteriosa** às circunstâncias consideradas nucleares pela administração
- ⇒ O sistema só será efectivo com o **total envolvimento** da estrutura de exploração da rede
- ⇒ Para melhorar a eficácia do SGP deve **melhorar-se** a qualidade do **levantamento** relativos ao pavimento. Isto permitirá um melhor **ajuste do modelo de previsão** usado à realidade portuguesa



Evitando...



- **Reacção** com os meios que se tem na altura ao dispor
- + **Planeamento** da conservação com os meios que se podem tentar obter

