



# APLICAÇÕES DE TÉCNICAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA (TIG) EM CONSERVAÇÃO E RESTAURO DE PINTURA

Frederico Henriques, Escola das Artes,  
Universidade Católica Portuguesa, Porto, Portugal  
Alexandre B. Gonçalves, Instituto Superior Técnico  
Universidade Técnica de Lisboa, Portugal

Lisboa, 31 de Janeiro de 2011





## Documentação do estado de conservação da obra:

### Diagnóstico (relatório)

Diversas técnicas podem ser aplicadas: fotografia, radiografia, análises químicas, TIG, etc...

TIG: classificação e quantificação de áreas associadas a características pictóricas e que possam contribuir para referenciar fenómenos de degradação.



Objectivo: estudo das **lacunas** e das regiões de **reintegração cromática**

Neste caso, através de análise espacial que permite não só quantificar as áreas mas também obter estatísticas de forma.

→ **Métricas de paisagem (MP)**



**MP** são usadas na análise territorial para descrever padrões de regiões complexas (modelação de habitats, biodiversidade e gestão e análise do uso do solo)

→ **Condição:** assume-se semelhanças entre as regiões da superfície pictórica e a modelação do território

→ **MP (geral)**

- tamanho médio
- irregularidade
- distribuição
- especificidade das áreas cromáticas



**MP** são propriedades espaciais quantitativas úteis no processo de classificação:

- Composição da paisagem
- Fragmentação
- Dominância
- Agregação
- Contiguidade
- Diversidade
- Complexidade da forma
- Homogeneidade
- Associações  
*entre outras...*

Seis famílias de métricas:

- Área
- Densidade das regiões e tamanho
- Fronteira
- Forma
- Diversidade
- Área do núcleo

Métricas são aplicáveis ao nível de:

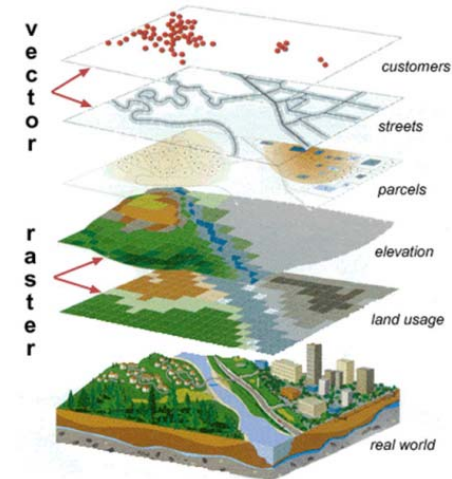
- Região (“mancha” individual)
- Classe (todas as “manchas” do mesmo tipo)
- Paisagem (todo o território/obra)



As **MP** requerem dados para serem representadas no Sistema de Informação Geográfica (SIG):

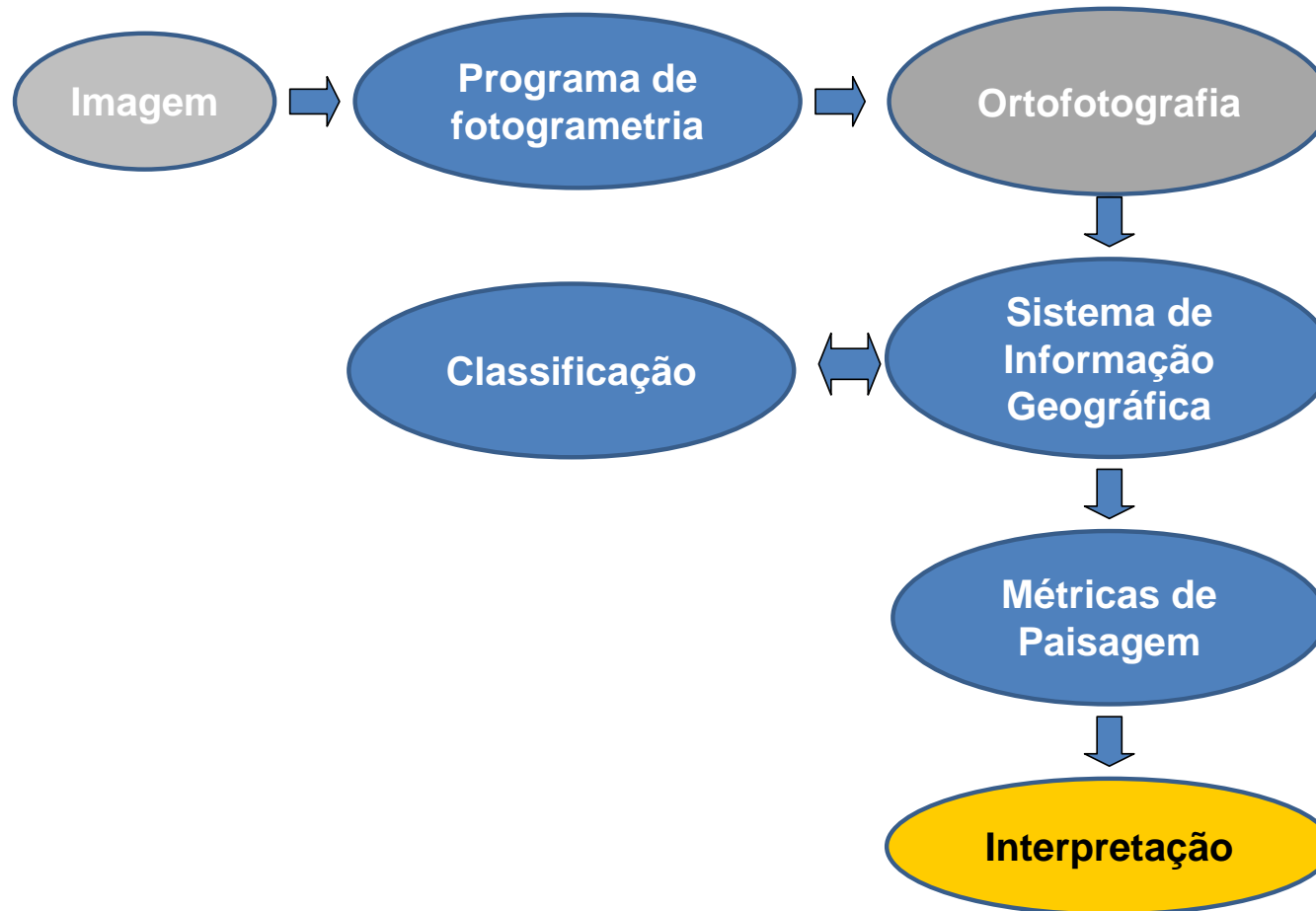
- Dados organizados por camadas
- Dois modelos fundamentais (vectorial e matricial)
- Disponibilidade de ferramentas de análise

→ **ArcGIS™** e extensão **Patch Analyst®**





# Metodologia





## Caso de estudo

Pintura portuguesa  
do século XVI com  
representação de  
São João Evangelista







## Caso de estudo

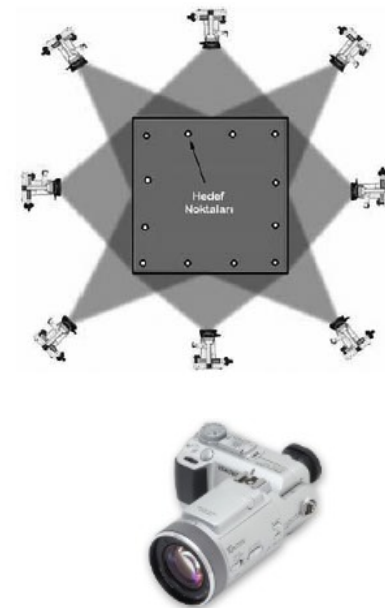
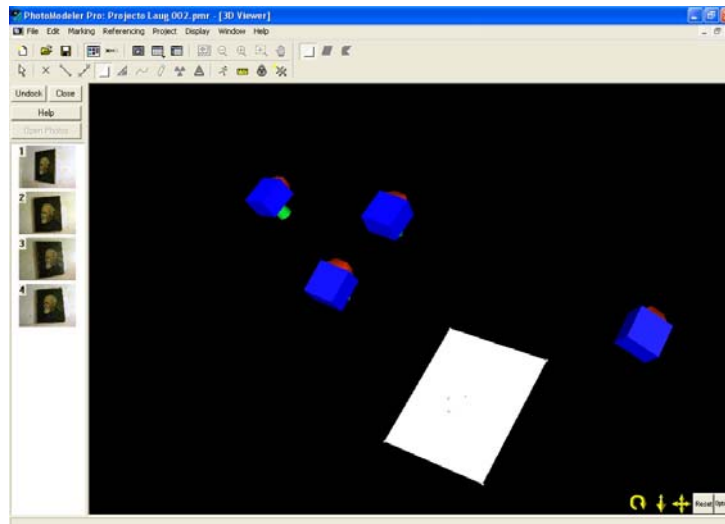
Muitas áreas de retoque observáveis com radiação ultravioleta





# Produção da ortofotografia

- Programa fotogramétrico *PhotoModeler 4.0*
- Oito fotografias em diferentes perspectivas
- Ajuste dos feixes após marcação de pontos homólogos





# Classificação

Classificação da ortofotografia

- Manual
- Critério principal foi seleccionar regiões de cores homogéneas
- Uma classe adicional para as lacunas, por cada região de cor
- Posterior conversão para matriz com dimensão de célula de 1 mm x 1 mm



Thematic map

Lacunae and retouching areas



Main regions and colours

- 1 - Dark red drape
- 2 - Chalice
- 3 - Earth pigments
- 4 - Flesh
- 5 - Light red drape
- 6 - Sky
- 7 - Water
- 8 - Winged snake

0 3 6 12 18 24  
Centimeters



# Classificação manual:



### Thematic map

Lacunae and retouching areas



Main regions and colours

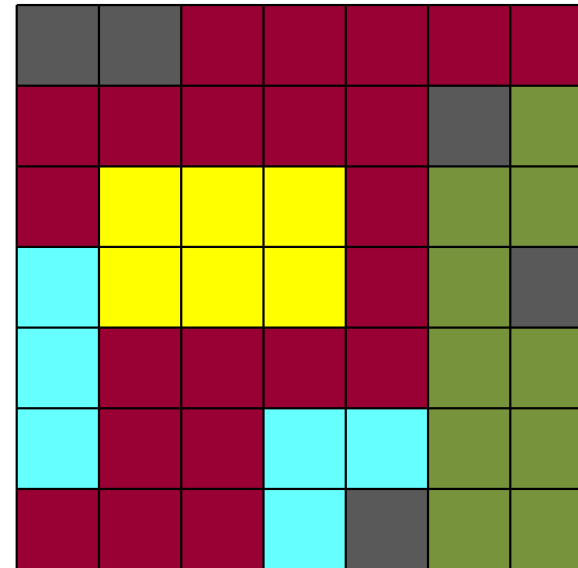
- 1 - Dark red drape
- 2 - Chalice
- 3 - Earth pigments
- 4 - Flesh
- 5 - Light red drape
- 6 - Sky
- 7 - Water
- 8 - Winged snake

0 3 6 12 18 24  
Centimeters



## Algumas MP:

**CA** (*Class Area*) é uma métrica de área, útil para conhecer a extensão de cada patologia.

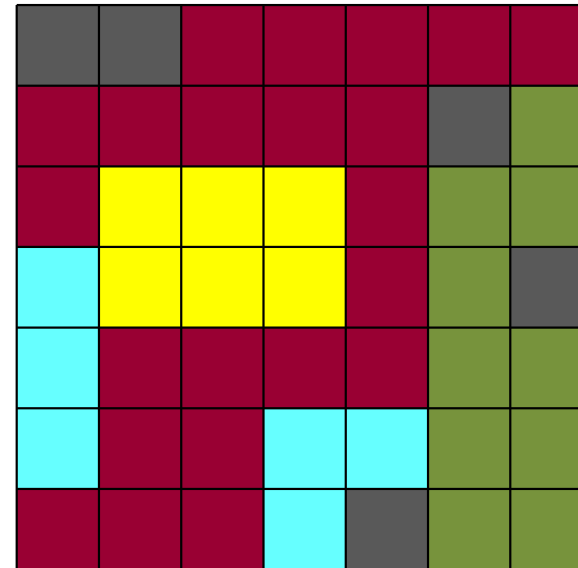


Cinzentos: 5  
Vermelho: 22  
Verde: 10  
Amarelo: 6  
Azul: 6

**CA → extensão, composição da paisagem**



**NumP** (*Number of Patches*)  
 exprime o número de  
 regiões individuais de cada  
 classe. Esta métrica avalia  
 o grau de fragmentação de  
 cada classe.



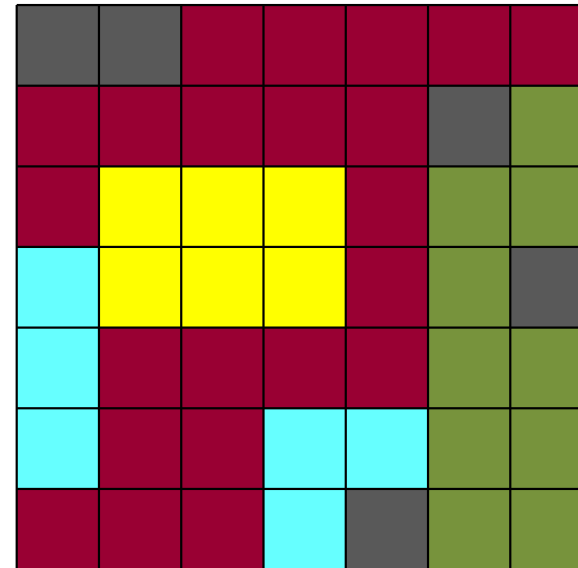
Cinzento: 4  
 Vermelho: 1  
 Verde: 1  
 Amarelo: 1  
 Azul: 2

**NumP → Fragmentação de cada classe**



**ED** (*Edge Density*) é uma métrica dada pelo comprimento total das fronteiras e sua relação entre regiões e a área total de cada classe. Confere o nível de fragmentação de cada classe em relação à área total.

$$ED = \frac{\sum_{k=1}^m e_{ik}}{A}$$



Cinzento: 18/49 = 0.36  
 Vermelho: 38/49 = 0.78  
 Verde: 18/49 = 0.37  
 Amarelo: 10/49 = 0.20  
 Azul: 16/49 = 0.33

**ED → Fragmentação de cada classe em relação à área total**

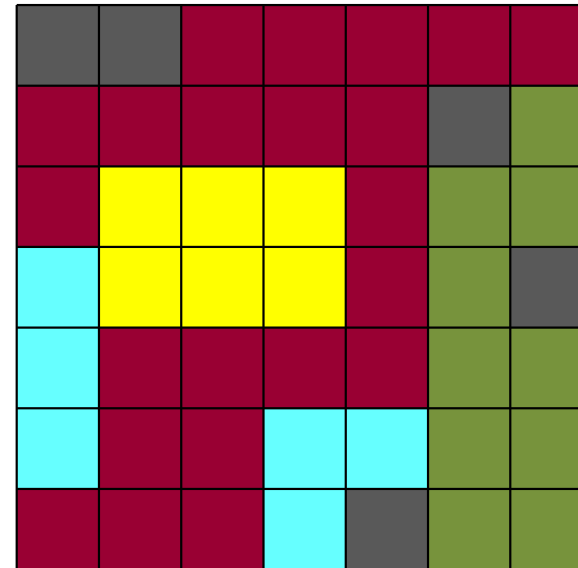


### LSI (*Landscape Shape Index*)

exprime o valor total dos comprimentos das fronteiras, dividindo-o pelo mínimo perímetro possível de cada área.

Valores mais altos de **LSI** indicam regiões menos compactas.

$$LSI = \frac{e_i}{\min e_i}$$



Cinzento: 18/10 = 1.80

Vermelho: 38/26 = 1.46

Verde: 18/14 = 1.29

Amarelo: 10/10 = 1.00

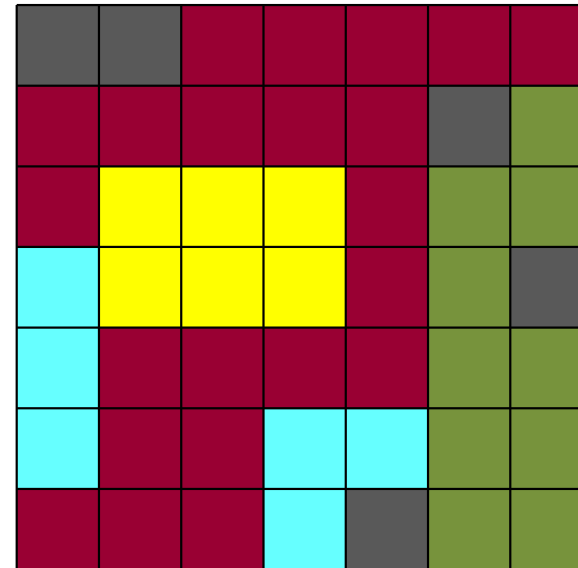
Azul: 16/10 = 1.60

**LSI → Agregação/irregularidade**





Valores mais altos de **LSI**  
podem indicar maior volume  
de reintegração cromática  
na intervenção de CR.



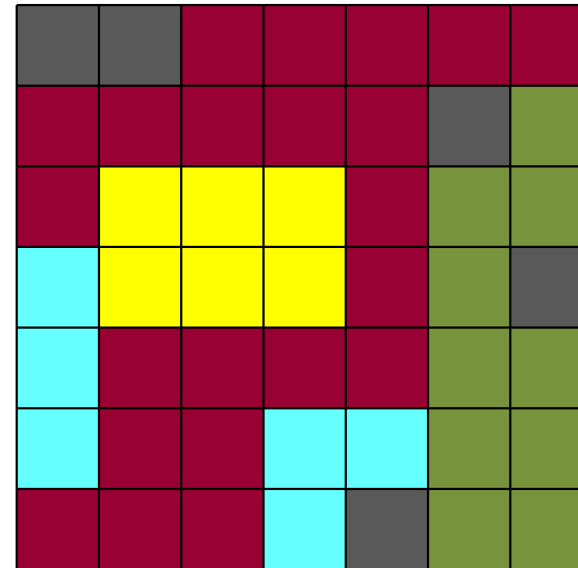
Cinzento:  $18/10 = 1.80$   
Vermelho:  $38/26 = 1.46$   
Verde:  $18/14 = 1.29$   
Amarelo:  $10/10 = 1.00$   
Azul:  $16/10 = 1.60$

**LSI → Agregação/irregularidade**



**MNN** (*Mean Nearest Neighbour distance*)

exprime o isolamento das regiões, em função da distância ao vizinho mais próximo. É calculado um valor médio para todas as regiões da mesma classe.



Cinzento:  $\sqrt{17}$ ;  $\sqrt{5}$ ;  $\sqrt{5}$ ;  $\sqrt{13}$   $\rightarrow$  2.58

Vermelho: 1.00

Verde: 1.00

Amarelo: 1.00

Azul: 3.00

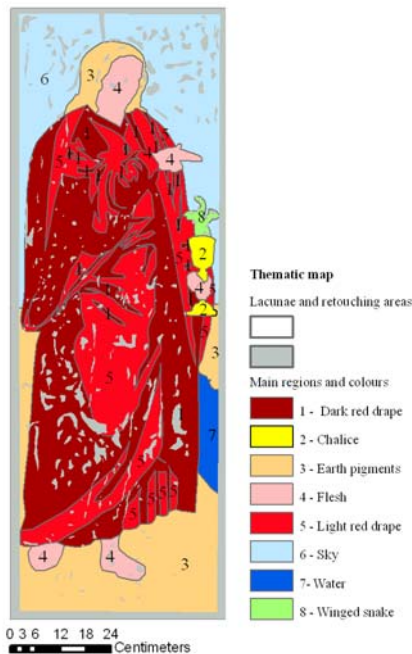
**MNN  $\rightarrow$  separação**



# Resultados

## Aplicação das MP à imagem classificada

**Table 1.** Area Metrics (\*) and Patch Density & Size Metrics (\*\*)



	CA*	NumP**	MPS**	PSCoV**	PSSD**
DRD	241,304	33	7,312	76,231	36,572
<b>DRD†</b>	20,537	185	111	28,741	210
Ch	7,060	2	3,530	6,897	1,598
EP	125,893	3	41,964	16,269	44,791
EP†	37,537	31	1,211	71,759	5,701
Fl	31,893	5	6,379	8,264	3,458
Fl†	959	14	68	20,073	90
LRD	156,540	40	3,914	49,694	12,759
<b>LRD†</b>	8,132	93	88	25,886	148
Sk	123,931	5	24,786	18,267	29,705
Sk†	48,228	66	731	88,421	4,240
Wa	12,722	1	12,722	0	0
Wa†	4,481	1	4,481	0	0
WS	3,223	2	1,612	14,438	1,527
<b>WS†</b>	699	16	43	11,210	32



## Resultados: *Class Area*

As áreas maiores de pintura original são DRD/LRD, EP e Sk. Nas zonas de lacunas tem-se a maior área em Sk e EP.

O número mais elevado de regiões ocorre no panejamento (zonas claras e escuras) e no céu.

	CA*
DRD	241,304
DRD†	20,537
Ch	7,060
EP	125,893
EP†	37,537
Fl	31,893
Fl†	959
LRD	156,540
LRD†	8,132
Sk	123,931
Sk†	48,228
Wa	12,722
Wa†	4,481
WS	3,223
WS†	699



## Resultados: *Number of Patches*

Este parâmetro, directamente relacionado com o número de lacunas, pode dar indicação da quantidade de trabalho na reintegração cromática.

Quanto maior o número de lacunas, maior a quantidade de acertos de cor são necessários.

Quando associado a determinada região pode exprimir o índice de trabalho dessa tipologia de área.

Valores mais altos foram observados no panejamento vermelho e no céu.

	NumP**
DRD	33
DRD†	185
Ch	2
EP	3
EP†	31
Fl	5
Fl†	14
LRD	40
LRD†	93
Sk	5
Sk†	66
Wa	1
Wa†	1
WS	2
WS†	16



# Resultados: *Edge Metrics, Shape Metrics, Diversity & Interspection Metrics and Core Area Metrics*

**Table 2.** Edge Metrics (\*), Shape Metrics (\*\*), Diversity & Interspersation Metrics (\*\*\*) and Core Area Metrics (\*\*\*\*)



	ED*	LSI**	MNN***	TCA****
DRD	3,918	834	4,229	221,900
<b>DRD†</b>	1,516	392	11,888	13,551
<b>Ch</b>	94	131	43,417	6,575
EP	961	291	305,310	120,616
EP†	730	197	28,760	33,088
Fl	403	188	127,010	29,931
Fl†	79	128	14,121	621
LRD	3,088	681	2,364	141,461
<b>LRD†</b>	716	245	16,782	4,810
Sk	1,391	370	4,400	116,486
Sk†	1,432	321	8,493	40,352
Wa	108	134	1	12,091
Wa†	83	123	1	3,943
WS	128	137	2,000	2,619
<b>WS†</b>	79	129	4,989	337



## Resultados: *Edge Density*

A análise ED documenta a extensão das fronteiras.

Como indicado na tabela, os valores mais altos verificaram-se no panejamento.

	ED*
DRD	3,918
DRD†	1,516
Ch	94
EP	961
EP†	730
Fl	403
Fl†	79
LRD	3,088
LRD†	716
Sk	1,391
Sk†	1,432
Wa	108
Wa†	83
WS	128
WS†	79



## Resultados: *Landscape Shape Index*

É um **parâmetro de forma**: quanto mais circular, mais alto é o valor e, naturalmente, o inverso também ocorre.

Valores mais altos: panejamento vermelho sombra, céu e panejamento vermelho luz.

Em CR, em particular nas reintegrações cromáticas, as zonas mais sinuosas obrigam a maior perícia técnica do conservador-restaurador.

	LSI**
DRD	834
DRD†	392
Ch	131
EP	291
EP†	197
Fl	188
Fl†	128
LRD	681
LRD†	245
Sk	370
Sk†	321
Wa	134
Wa†	123
WS	137
WS†	129

LSI\*100





## Resultados: *Mean Nearest Neighbour Distance*

MNN quantifica o nível de isolamento e indica uma métrica de concentração de lacunas.

Valores de maior densidade e proximidade verificaram-se no céu e na serpente alada.

Maior proximidade das lacunas sugere menos operações de acerto de cor (*matching colours*) e na prática menor volume de trabalho.

Por outras palavras: valores mais altos indicam lacunas mais contíguas.

	MNN***
DRD	4,229
DRD†	11,888
Ch	43,417
EP	305,310
EP†	28,760
Fl	127,010
Fl†	14,121
LRD	2,364
LRD†	16,782
Sk	4,400
Sk†	8,493
Wa	1
Wa†	1
WS	2,000
WS†	4,989



## Conclusões

Algumas MP são facilmente interpretáveis; outras implicam reconhecer especificidades da obra.

CA, NumP, ED e LSI sugerem ser bons indicadores da dificuldade e quantidade de trabalho numa operação de reintegração cromática.





## Conclusões

O processo não é totalmente automático. Depende das características específicas de cada obra e da fotointerpretação das regiões de lacunas.

A metodologia está directamente dependente:

- da capacidade do utilizador do SIG em perceber e analisar a informação inicial;
- da interpretação estatística produzida pelas métricas de paisagem (MP).





## Continuação do trabalho...

Uso de diferentes tipos de imagens (radiografias, imagens de infravermelho, ultravioleta, etc.).

Aferição de processos automáticos de segmentação e classificação de lacunas.

Além das lacunas, análise de outros fenómenos de alteração.

Interpretação de outras métricas de paisagem.





Obrigado pela atenção!

Aceitam-se comentários e  
sugestões... 😊



frederico.painting.conservator@gmail.com  
alexg@civil.ist.utl.pt