

OS REVESTIMENTOS E OS ACABAMENTOS DO CENTRO HISTÓRICO DE COIMBRA

UM CONTRIBUTO PARA O SEU ESTUDO

*Francisco P. S. C. Gil
e Lídia Catarino (Coords.)*



OS REVESTIMENTOS E OS ACABAMENTOS DO CENTRO HISTÓRICO DE COIMBRA

AUTORES

Francisco Paulo de Sá Campos Gil e Lídia Maria Gil Catarino (coordenadores)

António Manuel dos Santos Silva, Francisco Miguel Pereira Brardo Ferreira, Joana Catarina Redondo Abrantes, Jorge Luís Almeida Santos, José António Raimundo Mendes da Silva, José Manuel Aguiar Portela da Costa, Luís Carlos Gonçalves Namorado Freire, Martha Lins Tavares, Paulo Jorge Marques Peixoto, Paulo Torrão Fiadeiro, Pedro Francisco Mendes Pinheiro da Providência e Costa, Rosário da Silva Veiga, Tiago Manuel Soares Duarte

Projeto PTDC/AUR-URB/113635 - FCOMP-01-0124-FEDER-014163.

EDITOR

EDIÇÕES ALMEDINA, S.A.

Rua Fernandes Tomás, n.º 76, 78 e 79

3000-167 Coimbra

Tel.: 239 851 904 · Fax: 239 851 901

www.almедina.net · editora@almедina.net

DESIGN DE CAPA

FBA

PRÉ-IMPRESSÃO

João Félix – Artes Gráficas

IMPRESSÃO E ACABAMENTO

G.C. – GRÁFICA DE COIMBRA, LDA.

Palheira Assafarge, 3001-153 Coimbra

producao@graficadecoimbra.pt

Outubro, 2017

DEPÓSITO LEGAL

....

Os dados e as opiniões inseridos na presente publicação são da exclusiva responsabilidade do(s) seu(s) autor(es).

Toda a reprodução desta obra, por fotocópia ou outro qualquer processo, sem prévia autorização escrita do Editor, é ilícita e passível de procedimento judicial contra o infractor.



GRUPOALMEDINA

BIBLIOTECA NACIONAL DE PORTUGAL – CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO
OS REVESTIMENTOS E OS ACABAMENTOS DO CENTRO
HISTÓRICO DE COIMBRA

Os revestimentos e os acabamentos do Centro Histórico
de Coimbra: um contributo para o seu estudo/coord.

Francisco P. S. C. Gil, Lídia Catarino. – (CES)

ISBN 978-972-40-7105-3

I - GIL, Francisco Campos

II - CATARINO, Lídia, 1963-

CDU 72

ÍNDICE

PREÂMBULO. O PROJECTO	9
1. Objectivos do Projecto	9
2. Breve descrição das actividades desenvolvidas durante a execução do projecto	11
CAPÍTULO 1. PRECEDENTES, PARCERIAS E RELEVÂNCIA PÚBLICA	15
1.1. A teia da cidade e da reabilitação urbana	15
1.2. Reabilitação do edificado versus sustentabilidade	16
1.3. Antecedentes do projecto – abordagem geral	19
1.4. Entidades e projectos públicos envolvidos	21
1.5. Referências	23
CAPÍTULO 2. DINÂMICAS SOCIAIS E POLÍTICAS DA COR NO CENTRO HISTÓRICO DE COIMBRA	25
2.1. Introdução	25
2.2. Contextualização breve de processos cromáticos urbanos	26
2.3. De que cor é o <i>branco</i> no Centro Histórico de Coimbra	31
2.4. A propagação recente da cor na zona histórica de Coimbra	37
2.5. Considerações finais	45
2.6. Referências	45
CAPÍTULO 3. ESTUDO LABORATORIAL DOS REVESTIMENTOS DO CENTRO HISTÓRICO DE COIMBRA	49
3.1. Análise colorimétrica	49
3.2. Localização dos edifícios e recolha das amostras	54
3.3. Análise de materiais	63
3.3.1. Agregados	64
3.3.2. Ligante	69
3.4. Conclusão	70
3.5. Referências	72

CAPÍTULO 4. ESTUDO COLORIMÉTRICO DOS REVESTIMENTOS DO CHC	75
4.1. Técnicas experimentais	75
4.2. Identificação dos pigmentos existentes no CHC	76
4.3. Análise de pigmentos comerciais	87
4.4. Conclusões	90
CAPÍTULO 5. RECONSTRUÇÃO DA COR DO CHC	93
5.1. Caso de estudo	95
5.2. Experimental	96
5.3. Resultados e Discussão	97
5.4. Substituição da cor	98
5.5. Compensação de efeitos atmosféricos	99
5.6. Substituição da textura	101
5.7. Conclusões	101
5.8. Referências	102
CAPÍTULO 6. EXECUÇÃO DE PROTÓTIPOS DOS REVESTIMENTOS DO CHC	107
6.1. Materiais utilizados	109
6.1.1. Agregados	110
6.1.2. Ligante	111
6.1.3. Pigmentos	114
6.2. Realização dos provetes	115
6.3. Caracterização climatológica da cidade	117
6.4. Adaptação das condições climáticas à câmara de envelhecimento	121
6.5. Resultados	128
6.6. Comentários finais	135
6.7. Referências	136
EPÍLOGO	139
LISTA DE TABELAS	143
LISTA DE FIGURAS	144
LISTA DE GRÁFICOS	147

CAPÍTULO 5 RECONSTRUÇÃO DA COR DO CHC

F. GIL^{1,2}, P. FIADEIRO³, F. BRARDO³, L. FREIRE¹, J. SANTOS⁴

¹CFisUC, Departamento de Física da UC, ²UI&D-Química-Física Molecular da UC, ³UDR, Departamento de Física, Universidade da Beira Interior, ⁴CES-UC

A definição técnica de cor, proposta em 1940 pelo Comité de Colorimetria da Sociedade de Óptica da América, consiste nas ‘características da luz não espacial e temporal, sendo o aspecto da energia radiante do qual um observador humano tem a percepção através de sensações visuais que advêm de estímulos da retina dos olhos’ (Hardeberg, 2001). Nesse sentido, pode descrever-se três aspectos diferentes do termo cor: as ‘propriedades de um objecto’ como ‘superfície colorida’, as ‘características da luz’ como ‘iluminação colorida’, e a ‘classe de sensações’ como ‘percepção da cor’. Em sentido restrito, luz visível é uma radiação electromagnética que pode ser percebida pela visão humana. Quando uma cena com objectos (superfícies coloridas) é iluminada por uma fonte de luz, a superfície do objecto pode absorver, reflectir ou transmitir diferentes quantidades de luz incidente para diferentes comprimentos de onda. Nestas condições, a geometria das reflexões externa e interna, as refacções e a estrutura da matéria influenciam o sinal físico de cor que chega a um observador (Santos, 1999).

A cor de um objecto é fortemente dependente da sua reflectância espectral, ou seja, a quantidade de luz incidente que é reflectida pela superfície para diferentes comprimentos de onda. Se a função $S(\lambda)$ representar a distribuição de potência espectral de uma fonte de luz em termos do comprimento de onda, e a reflectância espectral num determinado ponto da superfície de um objecto é expressa por $r_c(\lambda)$, então a radiância da luz reflectida (o sinal físico de cor) neste ponto da superfície $R(\lambda)$ é dado expressamente pela equação $R(\lambda) = r_c(\lambda) S(\lambda)$ (Figura 5.1).

Assim, uma dada superfície de um objecto pode mostrar a um observador uma ‘cor’ diferente se iluminada por diferentes fontes de luz (Figura 5.2).

Para recuperar a reflectância espectral original da superfície de um objecto, tem que se considerar o seguinte:

- A utilização da aquisição e reprodução de imagens digitais com sistemas de três canais têm várias limitações como o metamerismo (quando a cor tem uma dependência espectral e espacial do iluminante).
- É impossível obter uma cor independente do dispositivo de aquisição de imagens (onde a sensibilidade espectral do dispositivo difere da sensibilidade do olho humano) e a reprodução colorimétrica é ajustada por comparação visual com o original.

As limitações mencionadas acima podem ser evitadas aumentando o número de canais (bandas de comprimentos de onda) do sistema de aquisição, melhorando a qualidade espectral e colorimétrica da reprodução da cor. O número de bandas espectrais leva ao aparecimento dos sistemas de imagiologia multi- (Hardeberg, 2002) e hiper-espectrais (Brardo, 2010). Os sistemas multi-espectrais fornecem informação com um número reduzido de bandas, tipicamente seis a nove, enquanto os sistemas hiper-espectrais podem usar milhares de canais para melhorar a informação espectral e colorimétrica.

Algumas das vantagens desta técnica são:

- Os detectores são detectores de imagem monocromáticos (dispositivos independentes da cor); a caracterização é feita numa gama de comprimentos de onda.
- A caracterização espectral e espacial é possível para cada *pixel* individualmente.
- Dá-nos uma identificação cromática (independente da iluminação e condições de visão) e a reprodução colorimétrica é conseguida através do uso de reflectâncias espectrais (Fischer, 2006; Ferreira, 2006).

Uma imagem hiper-espectral de uma cena pode ser obtida usando um conjunto de fotografias da cena, tiradas para um conjunto específico de comprimentos de onda (normalmente 33 comprimentos de onda diferentes) numa determinada zona do espectro electromagnético, habitualmente o espectro visível (400-720 nm). Cada *pixel* nessas fotografias apresenta a informação da radiância (sinal de cor) numa região específica do espaço.

A informação de radiância é, por definição, dependente das propriedades de reflectância espectral das superfícies dos objectos na cena, e ainda da distribuição de potência espectral da fonte de iluminação. Em geral, coloca-se na cena uma superfície branca de referência com uma reflectância espectral bem conhecida (difusor perfeito). Desse modo, a distribuição de potência espectral do iluminante pode ser estimada, medindo a radiância espectral nesse branco de referência, de modo a calcular, para cada *pixel*, a reflectância espectral correspondente dos objectos, independente da fonte de iluminação.

No fim, este conjunto de fotografias consiste num conjunto de espectros de reflectância, um espectro por *pixel*, da imagem final. A imagem final é chamada normalmente de imagem hiper-espectral (Figura 5.3).

As imagens multi-espectrais e hiper-espectrais têm sido usadas em campos de estudo relacionados com o património cultural, aplicações na agricultura (Lawrence, 2003; Ardissonne, 2014), ou protecção ambiental (Stein, 2001; Akbari, 2012), mapeamento mineral (Ardissonne, 2014; Pearlman, 2001; Kruse, 2003), monitorização da superfície da Terra (Pearlman, 2001; Kruse, 2003) e aplicações biomédicas (Schultz, 2001; Huebschman, 2002; de Roode, 2007), por vezes combinadas com o uso de um microscópio óptico. Os estudos relacionados com o Património Cultural são essencialmente dedicados ao estudo de objectos arqueológicos (Ardissonne, 2014; Kubik, 2007) e obras de arte, lidando com o seu registo (Easton, 2003; France, 2011), a caracterização dos materiais utilizados na sua execução (Kubik, 2007; France, 2011; Melessanaki, 2001; Casini, 2002; Mansfield, 2002; Attas, 2003; Balas, 2003; San Miguel, 2010; Kim, 2012), monitorização de processos de degradação dos materiais originais (pigmentos, aglutinantes e vernizes, por exemplo) (Balas, 2003; San Miguel, 2010; Havermans, 2003; Havermans, 2003a; Klein, 2006; Padoan, 2008; Klein, 2008; Padoan, 2009) ou de materiais aplicados em processos de conservação e restauro (Easton, 2003; Havermans, 2003; Klein, 2008; Padoan, 2009; Simona, 2010).

5.1. Caso de estudo

A cor das casas de um centro urbano constitui, em conjunto com as suas formas, volumes e materiais, uma das suas principais características.

O estudo dos materiais utilizados nos revestimentos das casas, particularmente os que conferem cor, revela num primeiro olhar estes aspectos da imagem de um centro urbano (Aguiar, 2003).

No Centro Histórico de Coimbra (Figura 5.4), pode observar-se que os revestimentos eram ricos em cor, como se pode ver em representações artísticas passadas. É de salientar que muitas das casas existentes ainda preservam camadas antigas de revestimentos, revelando essa variedade de cores.

Neste estudo pretende-se registar um conjunto de imagens hiper-espectrais que reflectem as cores e texturas dos revestimentos e acabamentos históricos dos edifícios do Centro Histórico de Coimbra (CHC) (Aguiar, 2003; Freire, 2011; Providência, 2011).

A partir das imagens hiper-espectrais registadas, pode obter-se a informação espectral e colorimétrica dos objectos com elevada resolução espectral e espacial para criar uma base de dados de reflectâncias espectrais dos edifícios. Usando os dados de reflectância espectral de uma determinada cena, pode escolher-se fontes de iluminação diferentes e calcular a correspondente radiância espectral (Figura 5.2). De seguida a informação colorimétrica pode ser processada num espaço de cor específico, por exemplo, matiz, saturação e intensidade (espaço HSV – hue, saturation and lightness), e pode preservar-se a textura do objecto e alterar a matiz de acordo com a informação cromática obtida a partir de pigmentos puros encontrados nos estudos de estratigrafias, ou mantendo a informação de cor e alterar a textura.

No presente estudo usou-se a técnica de imagens hiper-espectrais na gama do visível, com 33 bandas desde 400 nm até 720 nm com intervalos de 10 nm e uma resolução espacial equivalente aproximadamente de 20 *pixels* por mm² a uma distância de 1 m da superfície analisada.

Esta técnica é complementada pela aquisição de espectros de reflectância no local, utilizando um espectrocolorímetro. Esses espectros são o resultado da reflectância média de uma superfície com diâmetro de 8 mm ou 3 mm, dependendo do tamanho da amostra.

5.2. Experimental

Para a aquisição de espectros de reflectância das amostras extraídas das fachadas das casas, foi utilizado um espectrocolorímetro Konica Minolta CM-700d/600d, comandado pelo Color Data Software CM-S100w SpectraMagic™ NX Professional/Lite, usando janelas de entrada da luz com diâmetros de 8mm ou 3mm.

O sistema usado para a aquisição de imagens hiper-espectrais permite adquirir imagens para comprimentos de onda específicos e consiste num sistema óptico com uma objectiva VARIOGON 1.8/12,5-75 mm com abertura

numérica variável e um detector de imagens digital monocromático Hamamatsu C4742-80-12AG, arrefecido a -30°C por efeito Peltier, com resolução máxima de $1344(\text{H}) \times 1024(\text{V})$. Este detector permite tempos de exposição entre $10 \mu\text{s}$ e 4200 s a intervalos de $1 \mu\text{s}$ com uma área efectiva de $8.66 \times 6.60 \text{ mm}$ e dimensão de *pixel* de $6.45 \times 6.45 \mu\text{m}$ com 3 modos de resolução adicional, agrupando 4, 8, ou 16 *pixels*.

Para o processamento dos dados, nomeadamente para a construção da base de dados e espectrogramas e para os cálculos e representação das imagens, usou-se o programa MATLAB® (R2009a).

5.3. Resultados e Discussão

Foram recolhidas amostras de mais de 50 edifícios do CHC. Estas amostras apresentavam várias camadas de argamassa de emboço, reboco, barramento ou pintura. Os espectros de reflectância de todas as camadas de todas as amostras recolhidas, obtidos de superfícies com diâmetros de 3 mm ou 8 mm, dependendo do tamanho da amostra disponível, foram recolhidos numa base de dados.

As cores encontradas nas camadas mais antigas (mais interiores em termos estratigráficos), variam por ordem decrescente da sua frequência, de branco, amarelo, vermelho a azul. Verificou-se que a composição dos pigmentos mais antigos não varia muito, sendo compostos maioritariamente por cal branca, ocre amarelo (óxidos de ferro), hematite (óxido de ferro vermelho) e azul ultramarino. As amostras exibem tons variados obtidos por dosagens diferentes de pigmento e cal branca. Não se detectaram outras misturas de pigmentos.

Como exemplos, apresentam-se imagens de amostras representativas e os seus respectivos espectros de reflectância (Figura 5.5).

As imagens hiper-espectrais foram recolhidas de diversas fachadas de edifícios do CHC, cobrindo áreas de detalhe (com dimensões de cerca de $70 \times 80 \text{ cm}$), partes de edifícios, edifícios completos e conjuntos de edifícios (Figura 5.6).

Os espectros de reflectância medidos correspondem à média de uma área do objecto dependente da abertura da lente da câmara (tipicamente 56°) e da distância ao objecto.

Como exemplo, para uma imagem de uma fachada de edifício com dimensões aproximadas de 13×10 metros, cada *pixel* corresponde a aproximadamente 1 cm^2 de área e para uma imagem de um conjunto de edifícios com 300×230 metros, cada *pixel* corresponde a aproximadamente $0,5 \text{ m}^2$.

Os espectros de reflectância foram adquiridos para cada *pixel* das imagens. As matrizes correspondentes aos espectros de reflectância para cada imagem podem ser expressas por $R(m, n, \lambda)$. O tamanho da imagem é de $m.n$ *pixels* e λ representa cada um dos 33 valores de comprimento de onda discretos para cada *pixel* da imagem.

Simultaneamente para cada imagem e com as mesmas condições de iluminação foi adquirida uma imagem hiper-espectral de um pigmento branco de referência (Spectralon™) (*vide* topo da Figura 5.6 a)).

Para representar uma imagem baseada nesta informação, usando opções de representação padrão, os dados de reflectância foram convertidos para o formato $RGB(m, n, 3)$ para cada coordenada de *pixel* (m, n) e os 3 parâmetros vermelho, verde e azul entre 0 e 1.

5.4. Substituição da cor

Um dos objectivos deste trabalho é a escolha de uma cor numa zona de uma imagem hiper-espectral, para ser substituída por outra cor mantendo a textura original. O utilizador pode assim escolher um conjunto de pontos na imagem que determinam as características espectrais médias da área onde vai ser feita a substituição de cor (alvo – T). De seguida é determinada uma gama à volta dessa média num volume do espaço de cor HSV. Esta gama é determinada pelo observador para cada imagem. O espaço de cor HSV não é homogéneo como La^*b^* , por exemplo, mas corresponde melhor ao que o ser humano experimenta como cor, e permite ao utilizador seleccionar a área de interesse, por exemplo, apenas através de H (matiz – ‘hue’). Sendo os 3 parâmetros H, S e V, mais próximos da percepção humana, este espaço de cor foi usado para este propósito. Contudo, pode usar-se este mesmo procedimento usando outros espaços de cor.

O passo seguinte consiste na substituição da cor anterior por outra cor seleccionada a partir de uma base de dados ou de uma região da mesma ou de outra imagem hiper-espectral (fonte – S).

Nos pontos seleccionados, subtrai-se a reflectância em cada *pixel* da reflectância média de toda a região escolhida (Figura 5.7). Deste modo obtêm-se valores de reflectância, representando apenas variações de *pixel* para *pixel* ou, por outras palavras, contendo apenas a informação de textura (Figura 5.8).

A reflectância média sobre os *pixels* do alvo é expressa por $R_t(\lambda)$. Os valores de reflectância original $R_s(\lambda)$ em cada *pixel* são de seguida subtraídos desta média e depois adicionados à reflectância média obtida dos *pixels* da

fonte medida a partir da mesma ou de outra imagem ou, alternativamente, da reflectância de um pigmento puro:

$$R_{NEW}(m, n, \lambda) = R(m, n, \lambda) - \bar{R}_T(\lambda) + \bar{R}_S(\lambda)$$

A matriz R_{NEW} obtida é depois substituída na reflectância da imagem original nos *pixels* seleccionados (c_n, d_n). A imagem resultante tem a mesma textura que a original e a nova cor na zona seleccionada. Como exemplo, a Figuras 5.7 e a Figura 5.8 mostram este procedimento de manipulação aplicado a uma imagem de um conjunto de fachadas do CHC.

Quando as imagens são tiradas de uma distância maior, cada *pixel* corresponde a uma maior área dessa imagem, levando a uma mistura de cores se a superfície do objecto não tem uma cor homogénea. Assim, para a reconstrução da imagem de um conjunto de edifícios, tem que se caracterizar a superfície das fachadas dos edifícios com um maior detalhe, de modo a calcular uma média pesada a partir dos espectros de reflectância de toda a superfície.

Para maiores distâncias, também se tem que considerar o espectro de absorção atmosférica quando se reconstrói a matriz do espectro de reflectância para a imagem manipulada.

Este efeito da distância não é evidente se a cor fonte é obtida, por exemplo, a partir de outro edifício à mesma distância, como no exemplo apresentado na Figura 5.7, contudo se o espectro da cor fonte é tirado a uma muito menor distância (Figura 5.9), a cor substituída não é adequada ao propósito.

5.5. Compensação de efeitos atmosféricos

Existem vários métodos disponíveis para compensação de efeitos atmosféricos (Griffin, 2003), largamente aplicados em amostragem remota que podem ser divididos em duas categorias, nomeadamente, estatísticas e empíricas baseadas em dados espectrais empíricos, e algoritmos de transferência de radiação baseadas em fenómenos físicos. Os modelos empíricos são baseados em informação do cenário, a partir de observações espectrais dos sensores e algoritmo de regressão. Os modelos baseados na física usam características físicas da atmosfera para derivar as contribuições do vapor de água, aerossóis e misturas de gases para o sinal filtrado da atmosfera (Griffin, 2003; Karpouzli, 2003).

Porque neste trabalho se obtiveram imagens a distâncias de alguns metros (macro) e de aproximadamente 370 metros da mesma superfície de edifícios,

pode usar-se o método empírico de modo a usar a relação linear entre a reflectância da superfície (imagens macro) e a reflectância medida à distância da mesma superfície.

Este método empírico foi escolhido porque não é necessário saber a composição da atmosfera no instante em que são adquiridas as imagens. Deve igualmente ser salientado que no presente caso o caminho na atmosfera é muito menor do que nos casos de amostragem remota.

Depois do cálculo das reflectâncias médias das superfícies para imagens próximas e afastadas da mesma superfície e cor, usa-se uma regressão linear para determinar o melhor ajuste e repetir o mesmo procedimento para várias cores (Gráfico 5.1). Quando $R_{Superfície}$ é zero, a reflectância à distância $R_{Distante}$ corresponde à reflectância emitida pela atmosfera.

$$\bar{R}_{Superfície}(\lambda) = m \bar{R}_{Distante}(\lambda) + b$$

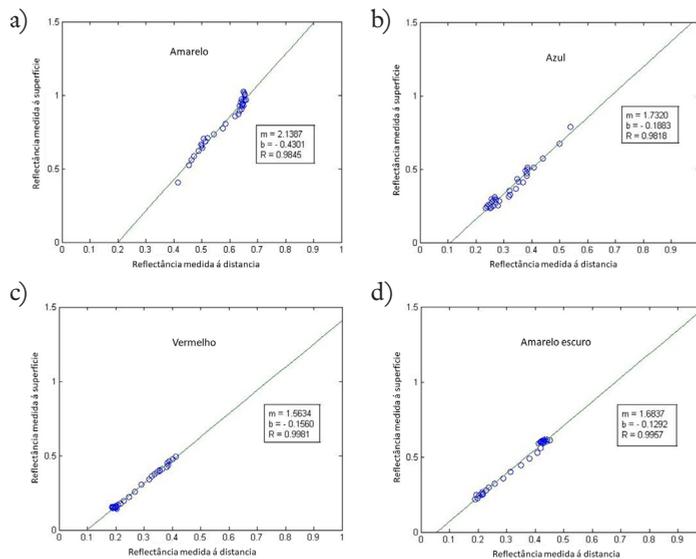


GRÁFICO 5.1 – Relação linear entre as reflectâncias de superfície (imagens macro) a as reflectâncias medidas à distância (370m) da mesma superfície para amarelo (a), azul (b), vermelho (c) e amarelo escuro (d), da Figura 5.9. Os melhores parâmetros de ajuste são m e b. A qualidade do melhor ajuste é avaliado pelo coeficiente de correlação, R.

No gráfico correspondente à cor azul, pode verificar-se que há uma maior dispersão que está relacionada com dois factores: na imagem obtida à distância (Figura 5.9, inferior esquerda) a área azul é muito pequena, tornando mais difícil de marcar os *pixels* de interesse, além de a imagem apresentar alguma mistura de azul claro e de azul escuro (Figura 5.9, superior esquerda).

Usando os parâmetros da curva de melhor ajuste, pode transformar-se a reflectância da superfície, obtida de uma imagem a pequena distância (referida aqui como “macro”, obtida a alguns metros), para a reflectância obtida à distância (aproximadamente 370 metros neste exemplo) para a qual foram calculados os parâmetros de melhor ajuste, e de seguida aplicar os procedimentos descritos atrás para substituir o espectro de reflectância da imagem original de uma região delimitada pelo novo espectro (Figura 5.10).

5.6. Substituição da textura

Para substituir a informação de textura numa região da imagem sem alterar a informação de cor, começa-se por calcular uma curva de reflectância suavizada na região alvo, a partir de uma região delimitada da imagem, calculando a *média móvel* do espectro de reflectância para cada *pixel*:

Para a região fonte, a reflectância média nessa região é $R_s(\lambda)$ também calculada e de seguida a reflectância original dessa região é subtraída da média e adicionada à reflectância suavizada do alvo, obtendo-se desse modo a nova reflectância para cada *pixel* da imagem (Figura 5.11):

$$R_{NEW}(c_m, d_n, \lambda) = R_s(a_m, b_n, \lambda) - \bar{R}_s(\lambda) + \bar{R}(c_m, d_n, \lambda)$$

5.7. Conclusões

Com estes procedimentos é possível não apenas construir um método consistente de representação de imagens de Centros Históricos, edifícios e obras de arte em geral, usando informação espectral completa, mas também manipular essas imagens *pixel a pixel*, ou apenas em *pixels* seleccionados, para representar outras condições de visualização, nomeadamente outra iluminação e mais importante ainda, representar outras épocas na história desses objectos, depois da sua criação ou restauros.

Estas “novas” representações incluem a mudança de cores ou texturas em zonas seleccionadas das imagens, aproveitando estudo de épocas diferentes relacionados com a composição de pigmentos de diversas camadas estratigráficas, argamassas e outros materiais usados.

5.8. Referências

- Aguiar, José, 2003, Cor e Cidade histórica, Estudos cromáticos e conservação do património, Ed. FAUP, Faculdade de Arquitectura, Universidade do Porto, Portugal.
- Akbari, Davood; Safari, Abdorreza, 2012, Iran, Support Vector Machine for Target Detection in Hyperspectral Images, FIG Working Week 2012, Knowing to manage the territory, protect the environment, evaluate the cultural heritage Rome, Italy.
- Ardissone, P.; Boccardo, P.; Mondino, E. Borgogno, 2014, Digital images processing of hyperspectral airborne data: a cultural heritage example, The proposed procedure completes and integrates the project “*Landascape heritage and resource management: an integrated information system of the Marchesato di Saluzzo*” which was aimed at studying the settlement development and the use of land in the Po valley between X and XIV Centuries.
- Attas, M.; Cloutis, E.; Collins, C.; Goltz, D.; Majzels, C.; Mansfield, J.R.; Mantsch, H.H., 2003, Nearinfrared spectroscopic imaging in art conservation: investigation of drawing constituents. *J. Cult. Herit.*, 4(2), 127-136.
- Balas, Costas; Papadakis, Vassilis; Papadakis, Nicolas; Papadakis, Antonis; Vazgiouraki, Eleftheria; Themelis, George, 2003, A novel hyper-spectral imaging apparatus for the non-destructive analysis of objects of artistic and historic value, *Journal of Cultural Heritage*, 4, 330s-337s.
- Brardo, Francisco, 2010, Digitalização Hiperespectral de Pinturas e Obras de Arte, Tese de Doutoramento, Universidade da Beira Interior, Covilhã, Portugal.
- Casini, A.; Lotti, F.; Picollo, M.; Stefani, L.; Aldrovandi, A., 2002, Fourier transform interferometric imaging spectroscopy: a new tool for the study of reflectance and fluorescence of polychrome surfaces. *Conservation Science Proceedings*, 249-253.
- de Roode, R.; Noordmans, H.J.; Verdaasdonk, R., 2007, Feasibility of multi-spectral imaging system to provide enhanced demarcation for skin tumor resection. *Proc. SPIE*, 6424, 64240B.
- Easton, R.L., Jr.; Knox, K.T.; Christens-Barry, W.A., 2003, Multispectral imaging of the Archimedes palimpsest. *Appl. Imagery Pattern Recognition Workshop Proceedings*, 15-17.
- Ferreira, Francisco M.P.B.; Fiadeiro, Paulo T.; de Almeida, Vasco M.N.; Pereira, Mário J.T.; Bernardo, J.M.D.P.; Nascimento, Sérgio M.C., 2006, Spectral characterization of a hyperspectral system for imaging of large art paintings, 3rd European Conference on Colour in Graphics, imaging, and Vision, Leeds, UK, 350-354.
- Fischer, C.; Kakoulli, I., 2006, Multispectral and hyperspectral imaging technologies in conservation: current research and potential applications. *Reviews in Conservation*, 7, 1-16.

- France, Fenella G.; Toth, Michael B.; Hansen, Eric F., 2011, Advanced spectral imaging for interdisciplinary cultural heritage preservation, ICOMCC Lisbon. and France, Fenella G.; Toth, Michael B., 2011, Spectral imaging for revealing and preserving world cultural heritage, 19th European Signal Processing Conference (EUSIPCO 2011) Barcelona, Spain, August 29 – September 2.
- Freire, Luís; Brardo, Francisco; Gil, Francisco; Fiadeiro, Paulo, 2011, Digital Hyperspectral Imaging Applied to the Characterization of Coatings and Finishes in Historic Buildings, Proceedings of 5th International Congress on: “Science and technology for the Safeguard of Cultural Heritage in the Mediterranean Basin”, Vol.II Diagnostics and Restoration (1st Part), 22nd– 25th November, Istanbul, Turkey, pg. 63-67.
- Griffin, Michael K.; Burke, Hsiao-hua K., 2003, Compensation of Hyperspectral Data for Atmospheric Effects. *Lincoln Laboratory Journal*, 14(1).
- Hardeberg, Jon Y., 2001, Acquisition and reproduction of color images: colorimetric and multispectral approaches, Dissertation.com, USA.
- Hardeberg, J.Y.; Schmitt, F.; Brettel, H., 2002, Multispectral color image capture using a liquid crystal tunable filter. *Optical Engineering*, 41, 2532-2548.
- Havermans, J.; Aziz, H.A.; Scholten, H., 2003, Non destructive detection of iron gall inks by means of multispectral imaging. Part 1: Development of the detection system. *Restaurator*, 24, 55-60.
- Havermans, J.; Aziz, H.A.; Scholten, H., 2003a, Non destructive detection of iron gall inks by means of multispectral imaging. Part 2: Application on original objects affected with iron gall ink corrosion. *Restaurator*, 24(2), 88-94.
- Huebschman, M.L.; Schultz, R.A.; Garner, H.R., 2002, Characteristics and capabilities of the hyperspectral imaging microscope. *IEEE Eng. Med. Biol.*, 21(4), 104- 117.
- Karpouzli, E.; Malthus, T., 2003, The empirical line method for the atmospheric correction of IKONOS imagery. *International Journal of Remote Sensing*, ISSN 0143-1161 print/ISSN 1366-5901 online.
- Kim, Min H.; Harvey, Todd Alan; Kittle, David S.; Rushmeier, Holly; Dorsey, Julie; Prum, Richard O.; Brady, David J., 2012, 3D Imaging Spectroscopy for Measuring Hyperspectral Patterns on Solid Objects, *ACM Transactions on Graphics*, 31(4), Article 38.
- Klein, M.E.; Scholten, J.H.; Sciutto, G.; Steemers, Th.A.G.; de Bruin, G., 2006, The Quantitative Hyperspectral Imager – A Novel Non-destructive Optical Instrument for monitoring Historic Documents. *International Preservation News*, 40, 4-9.
- Klein, Marvin E.; Aalderink, Bernard J.; Padoan, Roberto; de Bruin, Gerrit; Steemers, Ted A.G., 2008, Quantitative Hyperspectral Reflectance Imaging, *Sensors*, 8, 5576-5618.

- Kruse, F.A.; Boardman, J.W.; Huntington, J.F., 2003, Comparison of airborne hyperspectral data and EO-1 Hyperion for mineral mapping. *IEEE T. Geosci. Remote Sens.*, 41(6), 1388-1400.
- Kubik, M., 2007, *Physical techniques in the study of art, archaeology and cultural heritage*; Creagh, D., Ed.; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands; pp. 199-259.
- Lawrence, K.C; Park, B.; Windham, W.R.; Mao, C., 2003, Calibration of a push-broom hyperspectral imaging system for agricultural inspection. *T. ASAE.*, 46(2), 513-521.
- Mansfield, J.R.; Attas, M.; Majzels, C.; Cloutis, E.; Collins, C.; Mantsch, H.H., 2002, Near infrared spectroscopic reflectance imaging: a new tool in art conservation. *Vib. Spectrosc.*, 28(1), 59-66.
- Melessanaki, K.; Papadakis, V.; Balas, C.; Anglos, D., 2001, Laser induced breakdown spectroscopy and hyper-spectral imaging analysis of pigments on an illuminated manuscript. *Spectrochim. Acta B*, 56, 2337-2346.
- Padoan, R.; Steemers, Th.A.G.; Klein, M.E.; Aalderink, B.J.; de Bruin, G., 2008, Quantitative Hyperspectral Imaging of Historical Documents: Technique and Application, *ART Proceedings*.
- Padoan, Roberto; Klein, Marvin E.; de Bruin, Gerrit; Aalderink, Bernard J.; Steemers, Ted A. G., 2009, Monitoring Aging Processes of Archival Documents by Means of Quantitative Hyperspectral Imaging: A Part of the Hyperspectral Project at the Nationaal Archief (National Archives of the Netherlands), *The Book and Paper Group Annual*, 28, 63.
- Pearlman, J.; Carman, S.; Segal, C.; Jarecke, P.; Clancy, P.; Browne, W, 2001, Overview of the Hyperion Imaging Spectrometer for the NASA EO-1 mission. *IGARSS Proceedings*, 7, 3036-3038.
- Providência, Pedro; Freire, Luís; Brardo, Francisco; Catarino, Lídia; Aguiar, José; Fiadeiro, Paulo; Gil, Francisco, 2011, Colorimetric characterization of (historic) coverings based on the hyperspectral method, *Proceedings of 5th International Congress on: "Science and technology for the Safeguard of Cultural Heritage in the Mediterranean Basin"*, Vol.II Diagnostics and Restoration (1st Part), 22nd-25th November, Istanbul, Turkey, pg. 113-118.
- San Miguel, Elena Paz Rebollo, 2010, Applications of imaging spectroscopy to the chemistry of cultural heritage field, *Scuola di Dottorato di Ricerca in Scienze Molecolari Indirizzo Scienze Chimiche Ciclo XXIII, Università degli Studi di Padova Dipartimento di Scienze Chimiche*.
- Santos, António, 1999, Luz, cor e visão, publicação interna, Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), Lisboa, Portugal.

- Schultz, R.A.; Nielsen, T.; Zavaleta, J.R.; Ruch, R.; Wyatt, R.; Garner, H.R., 2001, Hyperspectral Imaging: A Novel Approach For Microscopic Analysis. *Cytometry*, 43(4), 239–247.
- Simona, Camille; Huxhagen, Uwe; Mansouri, Alamin; Heritage, Adrian; Boochs, Frank; Marzani, Franck S., 2010, Integration of high-resolution spatial and spectral data acquisition systems to provide complementary datasets for cultural heritage applications, IS&T/SPIE Electronic Imaging meeting, San Jose: United States.
- Stein, D.; Schoonmaker, J.; Coolbaugh, E., 2001, Hyperspectral Imaging for Intelligence, Surveillance, and Reconnaissance. *Space and Naval Systems Warfare Center (SSC) San Diego Biennial Review*, 108–116.