



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

DESENVOLVIMENTO DE APLICAÇÕES INFORMÁTICAS PARA O PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS EM LINGUAGEM MATLAB

Lisboa • dezembro de 2013

I&D BARRAGENS DE BETÃO

RELATÓRIO 452/2013 – **DBB/NGA**

Título

DESENVOLVIMENTO DE APLICAÇÕES INFORMÁTICAS PARA O PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS EM LINGUAGEM MATLAB

Autoria

DEPARTAMENTO DE BARRAGENS DE BETÃO

Dora Roque

Bolseira de Iniciação à Investigação Científica, Núcleo de Geodesia Aplicada

Ana Fonseca

Investigadora Principal, Núcleo de Geodesia Aplicada

Copyright © LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL, I. P.

AV DO BRASIL 101 • 1700-066 LISBOA

e-mail: lnec@lnec.pt

www.lnec.pt

Relatório 452/2013

Proc. 0404/112/17722

DESENVOLVIMENTO DE APLICAÇÕES INFORMÁTICAS PARA O PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS EM LINGUAGEM MATLAB

Resumo

A extração de informação a partir de imagens digitais tem-se tornado numa prática comum em várias áreas do conhecimento. Foi desenvolvido um programa em MATLAB para permitir a um utilizador não especializado a realização de tarefas simples de processamento digital sobre imagens adquiridas por vários géneros de sensores.

Palavras-chave: Processamento digital de imagem, operações de realce, análise multiespectral, análise multitemporal

DEVELOPMENT OF COMPUTATIONAL APPLICATIONS FOR DIGITAL IMAGE PROCESSING IN MATLAB

Abstract

Extracting information from digital images is becoming a common practice in several areas of knowledge. This report presents a MATLAB code developed in order to enable a non-expert operator to perform simple digital image processing tasks over images acquired by several kinds of sensors.

Keywords: Digital image processing, enhancing operations, multispectral analysis, multitemporal analysis

Índice

1	Introdução	1
2	Características e funcionamento da interface gráfica	2
2.1	Painel inicial	2
2.2	Painel realce	3
2.3	Painel espectral	5
2.4	Painel temporal	7
3	Construção de ficheiros executáveis	8
4	Conclusões.....	9
	Referências Bibliográficas	11

Índice de figuras

Figura 2.1 – Painel inicial do programa “algoPDI”	2
Figura 2.2 – Painel para realização de operações de realce	4
Figura 2.3 – Histogramas das imagens do vermelho, do verde e do azul	5
Figura 2.4 – Painel espectral com consulta dos valores do índice de vegetação.	6
Figura 2.5 – Fotografia de detalhe do paramento de uma barragem de betão (a), fotografia da mesma área adquirida noutra data (b) e fotografia da segunda data após a transformação (c).....	7
Figura 3.1 – Excerto de fotografia de um painel de azulejos (a) e imagem binária das zonas afetadas por falha de vidro construída com o GeMAPA (b).	8

1 | Introdução

O Laboratório de Processamento Digital de Imagens (LabImagem) do NGA/DBB dispõe de *software* de processamento de imagens, próprio e de utilização livre, que é utilizado para extrair informação de imagens de satélite, fotografias aéreas ou terrestres. As fotografias aéreas podem ser adquiridas, por exemplo a partir de veículos aéreos não tripulados (VANT) [1], enquanto as terrestres são adquiridas por câmaras comuns e podem considerar objetos de estudo como paramentos de barragens [2], painéis de azulejos ou outros. Por vezes, a utilização deste *software* não se justifica quando o processamento é simples ou quando se pretende tornar autónomo, na extração de informação, um operador não especializado ou a operar no campo. Por outro lado, alguns processamentos muito específicos, talhados para casos de estudo particulares, poderão não estar disponíveis nos pacotes generalistas de processamento de imagens. É necessário, assim, ter capacidade para desenvolver *software* utilizando ferramentas como o MATLAB[®] (com o pacote *Image Processing Toolbox*[™]).

Este relatório descreve o trabalho desenvolvido para a construção de um programa para processamento de imagens, em MATLAB[®], com uma interface gráfica de utilização simples e intuitiva, construída através do *Graphic User Interface Development Environment* (GUIDE). O programa reúne diversos algoritmos simples de processamento digital de imagem (PDI), que permitem a um utilizador não especializado nesta temática a realização de algumas tarefas, como o realce da imagem, a análise multiespectral e a análise multitemporal. Algumas destas operações apenas podem ser realizadas sobre imagens adquiridas com determinados sensores (por exemplo, a análise multiespectral apenas foi desenvolvida para processar imagens de satélite adquiridas pelos sensores Landsat 5 TM e Landsat 7 ETM+), enquanto as restantes podem ser aplicadas em diversos casos, como fotografias terrestres e aéreas. O programa, denominado por “algoPDI”, foi desenvolvido no âmbito do curso “Modelação Computacional em MATLAB[®] – Dos Fundamentos às Aplicações”, que decorreu no Laboratório Nacional de Engenharia Civil durante o mês de outubro de 2013.

Ainda com o objetivo de resolver problemas específicos de PDI, estão a ser elaborados programas para o mapeamento de anomalias em painéis de azulejos e para o correção automática de fotografias adquiridas a partir do mesmo ponto de vista. O primeiro está a ser desenvolvido no âmbito da colaboração do LabImagem numa tese de doutoramento do Departamento de Materiais (DM), enquanto o segundo terá aplicação em diversos estudos desenvolvidos no LabImagem relacionados com análise multitemporal de imagens [2;3;4;5].

2 | Características e funcionamento da interface gráfica

2.1 Painel inicial

O GUIDE possibilita a programação por objetos controlada por eventos, em que é construída uma interface onde se encontram representados objetos, tais como botões, caixas de texto, *sliders*, que, após serem ativados pelo utilizador, conduzem à execução do código que lhes está associado (Figura 2.1). Desta forma, um utilizador pode seleccionar as operações que deseja efetuar sem precisar saber programar em MATLAB®.



Figura 2.1 – Painel inicial do programa “algoPDI”.

Uma das fases importantes da elaboração do programa foi o desenho da interface, em que foram escolhidos os objetos a utilizar, a sua distribuição espacial e a relação entre as variáveis consideradas pelo programa, de modo a que a interface final apresentasse um aspeto harmonioso e de utilização intuitiva. Após a construção do esboço da interface, o MATLAB® gera automaticamente o ficheiro com a extensão “*.m” correspondente, criando diversas funções relativas ao aspeto da interface e a cada um dos objetos, as quais foram completadas pelo programador com o código que se pretende que seja executado quando o objeto em questão é ativado pelo utilizador. Estas funções geradas automaticamente incluem a função *OpeningFcn*, onde foi colocado o código que se pretende que seja executado quando o programa é iniciado, e duas funções para cada objeto: *CreateFcn* e *Callback*, sendo esta última aquela onde foram programadas as ações associadas aos objetos.

Para o programa “algoPDI” foram construídos quatro painéis, cada um referente a um tema e apresentando vários botões, *sliders* e sistemas de eixos para visualizar as imagens. O primeiro painel, o painel inicial, apresenta um objeto do tipo *Static Text* com o nome do programa, quatro *Push Buttons*, que executam o código que lhes está associado sempre que o utilizador os pressionar, e dois objetos *Axes* com a finalidade de apresentar as imagens na interface. Dos quatro botões, três deles permitem ao utilizador selecionar o processamento que pretende realizar (realce de imagens, análise multiespectral ou análise multitemporal), enquanto o quarto botão (botão “MENU”) está presente em todos os painéis e permite ao utilizador regressar ao painel inicial a partir de qualquer ponto do programa. A *OpeningFcn* do “algoPDI” torna o painel inicial visível e os restantes invisíveis através do comando *set* e da propriedade *visible* dos painéis. Uma vez que o painel inicial já está visível, não faz sentido utilizar o botão que permite aceder a este, tendo sido atribuído o valor *off* à propriedade *enable* do botão. Os comandos *imread* e *image* foram utilizados, respetivamente, para ler e apresentar nas janelas de visualização duas imagens, sempre que o programa é iniciado.

As variáveis utilizadas em cada função existem apenas dentro da função em que são criadas, a não ser que sejam declaradas como variáveis globais com o comando *global*, passando a ser acessíveis noutras funções do mesmo programa. No programa “algoPDI” são utilizadas algumas variáveis globais que representam, nomeadamente, as imagens a processar, os nomes dos ficheiros correspondentes, as imagens resultantes do processamento e variáveis auxiliares que indicam qual o tipo de processamento aplicado a cada imagem (operação de realce, operação multiespectral ou operação multitemporal).

2.2 Painel realce

A necessidade de realçar a radiometria das imagens é frequente para otimizar a sua análise visual, quer para destacar elementos representados, quer para resolver algum problema relacionado com a sua luminosidade. O módulo desenvolvido para manipulação do realce das imagens permite alterar o brilho, o contraste e, ainda, construir o negativo da imagem.

Quando o botão “REALCE” é ativado no painel inicial, a propriedade *visible* deste painel passa a apresentar o valor *off*, enquanto a mesma propriedade do painel realce passa a *on*. O painel realce (Figura 2.2) tem cinco botões: “LER IMAGEM”, “NEGATIVO”, “HISTOGRAMA”, “GRAVAR” e “MENU”, dos quais apenas o “LER IMAGEM” e o “MENU” se encontram funcionais quando o painel é ativado. Os restantes só podem ser acedidos após a leitura da imagem. O botão “LER IMAGEM” utiliza a função *uigetfile* para abrir uma janela onde o utilizador pode selecionar a imagem que deseja processar, sendo aceites os formatos TIF, JPG e BMP.

A função de leitura de imagem é comum a todos os painéis, sendo utilizadas as variáveis auxiliares para identificar qual dos módulos de processamento está a ser aplicado. Para cada um dos casos, os botões que têm de ser ativados e os painéis onde as imagens lidas podem ser visualizadas apresentam identificações (*Tag*) diferentes, sendo as variáveis auxiliares utilizadas para realizar as operações sobre os objetos corretos. Após a leitura da imagem a realçar, esta pode ser visualizada na primeira janela de visualização e o seu histograma pode ser consultado através do botão

“HISTOGRAMA”. Quando este botão é pressionado, é aberta uma nova janela onde são visíveis três gráficos: os histogramas das imagens do vermelho, do verde e do azul (Figura 2.3). Para a organização dos histogramas foi utilizada a função *subplot*, que permite apresentar os gráficos como numa matriz. Foi ainda utilizada a função *title* para identificar a imagem correspondente a cada histograma.

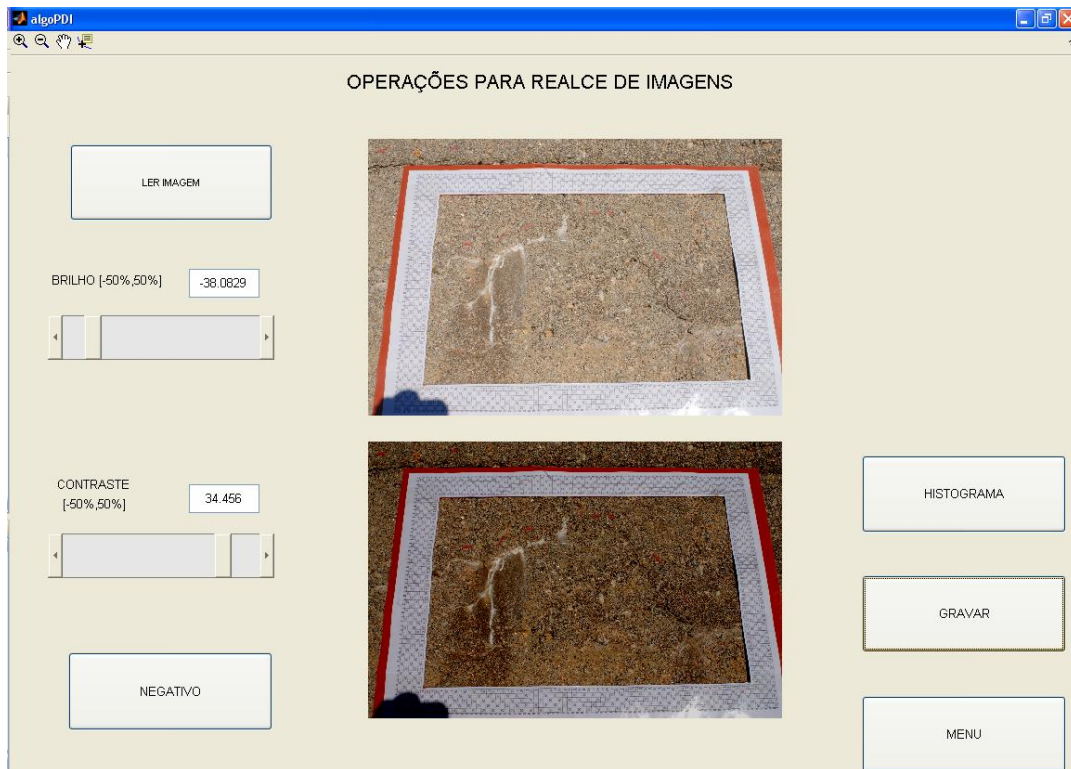


Figura 2.2 – Painel para realização de operações de realce.

A ativação do botão com o nome “NEGATIVO” no painel realce permite a construção do negativo da imagem, possibilitando o realce de alguns dos seus elementos. Após a construção da nova imagem, esta é apresentada na segunda janela de visualização, passando a ser possível gravá-la no disco do computador através do botão “GRAVAR”. A função correspondente a este botão precisa que a imagem processada, o nome do ficheiro original da imagem e as variáveis auxiliares sejam variáveis globais. Através das variáveis auxiliares é identificado que se pretende gravar o resultado da operação “Negativo”, por isso o sufixo “_negativo” é acrescentado ao nome original do ficheiro e o comando *imwrite* é utilizado para guardar a nova imagem no disco com o novo nome.

Quanto à manipulação do brilho e do contraste, o seu grau de transformação pode ser selecionado pelo utilizador através das caixas de texto e dos *sliders*, havendo informação em objetos *Static Text* relativa aos intervalos de valores aceites. O utilizador introduz um valor na caixa de texto (negativo se pretender diminuir o brilho ou o contraste, positivo se pretender aumentar), que passa para o programa através da função *get*. Contudo, como a variável é do tipo *string*, é necessário utilizar a função *str2double* para a converter para um valor numérico que possa ser utilizado para transformar os níveis radiométricos da imagem e, assim, aplicar a operação de realce desejada. Além da caixa de

texto, o valor para transformação da imagem também pode ser introduzido através dos *sliders*, em que o utilizador desloca uma barra (inicialmente no valor zero) para a posição correspondente ao valor desejado. Assim que a barra deixa de ser pressionada, o valor correspondente à posição final é transferido para o programa, já como valor numérico, não sendo necessário efetuar transformações adicionais. A manipulação do brilho e do contraste das imagens pode ser feita sequencialmente, isto é, a alteração de contraste pode ser realizada sobre a imagem resultante da operação de alteração do brilho e vice-versa. Quando o utilizador estiver satisfeito com o resultado, que vai visualizando na janela, pode ativar o botão “GRAVAR”, sendo gravada a imagem final com um nome semelhante ao original ao qual foi acrescentado o sufixo “_realce”. Por fim, o botão “MENU” permite regressar ao painel inicial e selecionar outro módulo de processamento.

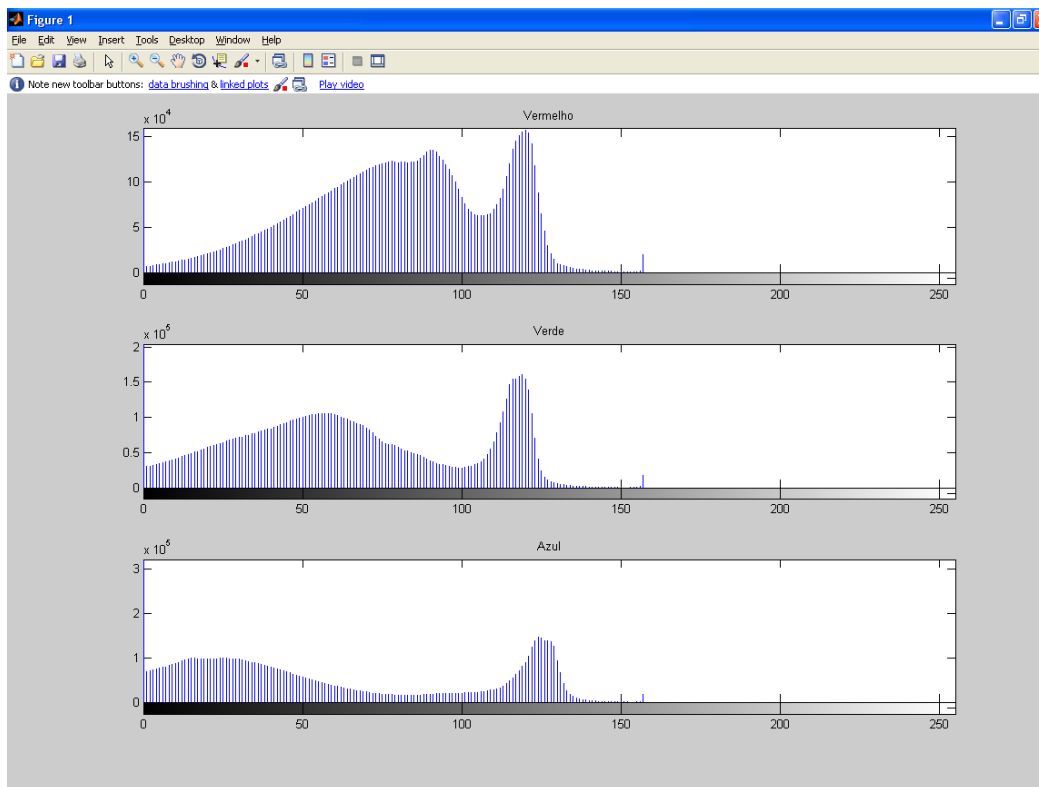


Figura 2.3 – Histogramas das imagens do vermelho, do verde e do azul.

2.3 Painel espectral

Para alguns estudos realizados à escala regional, é útil conhecer a distribuição espacial de algumas classes de cobertura do solo, tais como vegetação, corpos de água ou solo. O módulo desenvolvido de análise multiespectral de imagens permite ao utilizador obter essa informação de forma rápida e simples. O módulo funciona com imagens adquiridas pelos sensores Landsat 5 TM e Landsat 7 ETM+, com resolução espacial de 30 m, e que podem ser descarregadas gratuitamente por qualquer utilizador em <http://glovis.usgs.gov/>.

A partir do painel inicial é possível selecionar a opção de processamento multiespectral pressionando o botão correspondente, o qual ativa o painel espectral (Figura 2.4) e desativa o painel inicial. Os únicos botões ativos no painel espectral, quando este é ativado, são o de leitura de imagens e o

“MENU”. Os restantes botões apenas ficam ativos após a leitura das imagens. Ao contrário do painel realce, a função de leitura de imagens do painel espectral permite a leitura simultânea de vários ficheiros, dado que as imagens de satélite são fornecidas com ficheiros individuais para cada banda espectral. Para a leitura de múltiplos ficheiros é utilizada a propriedade *MultiSelect* do comando *uigetfile*.

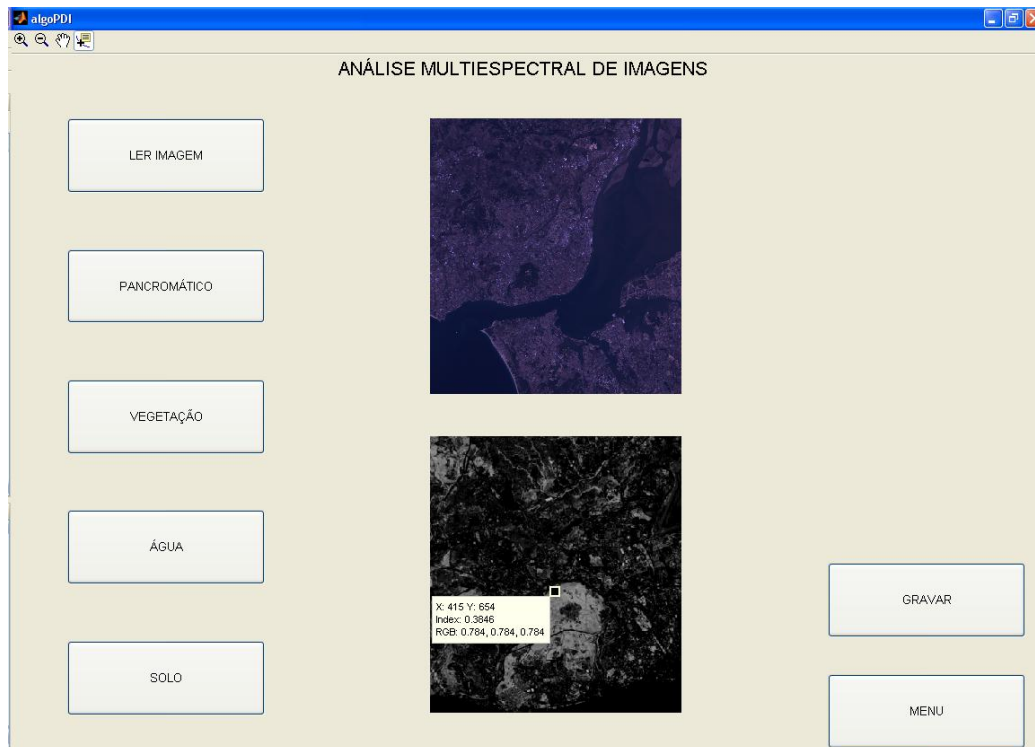


Figura 2.4 – Painel espectral com consulta dos valores do índice de vegetação.

Ainda no código relativo à leitura de imagens, são identificados os ficheiros correspondentes às bandas do vermelho, verde, azul e infravermelho próximo através da identificação do sufixo que contém o número da banda no nome do ficheiro, utilizando a função *strfind*. É construída uma composição colorida das bandas vermelho, verde e azul, em que cada banda é atribuída a uma entrada de um *array* de matrizes. A função *uint8* converte o resultado para uma imagem de oito *bits*, que é apresentada na primeira janela de visualização do painel.

A imagem RGB é uma das variáveis utilizadas quando o botão “PANCROMÁTICO” é pressionado, sendo construída uma imagem de cinzentos, cujos *pixels* apresentam o valor médio das imagens do vermelho, verde e azul. O resultado é apresentado na segunda janela de visualização e pode ser gravado através do botão “GRAVAR”, sendo acrescentado o sufixo “_pan” ao nome do ficheiro. O código associado aos botões “VEGETAÇÃO”, “ÁGUA” e “SOLO” corresponde a algoritmos muito semelhantes, utilizando as variáveis globais da composição colorida e da banda do infravermelho próximo para calcular as imagens do índice da diferença normalizada da vegetação, do índice da diferença normalizada da água e do índice de solo seco, respetivamente. Cada vez que um destes botões é pressionado, a imagem com os valores do índice é apresentada na segunda janela de visualização. A imagem que estiver ativa num dado momento pode ser gravada pressionando o botão

“GRAVAR”, sendo utilizados os sufixos “_veg”, “_agua” e “_solo”, de acordo com o caso. A ferramenta *Toolbar Editor* foi utilizada para colocar em cada painel os operadores que permitem aproximar, afastar ou movimentar a imagem e, ainda, consultar o valor apresentado por cada *pixel*, que são úteis para analisar os resultados obtidos no processamento.

2.4 Painel temporal

O módulo dedicado à análise multitemporal tem como objetivo aproximar a radiometria de imagens da mesma área de estudo adquiridas em épocas diferentes e com condições de luminosidade diferentes. O painel temporal apresenta dois botões para leitura de imagem: o “LER IMAGEM DE REFERÊNCIA”, com comportamento igual ao botão de leitura de imagem do painel realce, e o botão “TRANSLAÇÃO RADIOMÉTRICA”. Este segundo botão, para além de permitir a leitura da imagem a transformar, chama a função “IVISAluz”, previamente desenvolvida no LabImagem [2], que recebe como parâmetros a imagem de referência e a imagem a transformar. A função realiza a translação radiométrica da segunda imagem, de modo a que o valor médio do seu histograma coincida com o da imagem de referência (Figura 2.5). A imagem transformada é apresentada na segunda janela de visualização do painel.

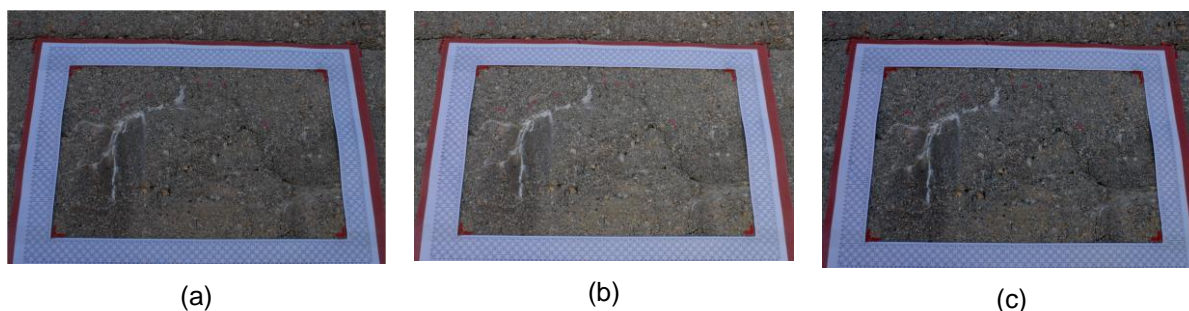


Figura 2.5 – Fotografia de detalhe do paramento de uma barragem de betão (a), fotografia da mesma área adquirida noutra data (b) e fotografia da segunda data após a transformação (c).

O algoritmo permite, assim, aproximar a radiometria das duas imagens, como se tivessem sido adquiridas nas mesmas condições de luminosidade, tornando-se mais fácil compará-las. Este procedimento é, frequentemente, aplicado às imagens a utilizar na deteção de alterações, em que se calcula a diferença entre imagens adquiridas em duas épocas e a diferença radiométrica pode contaminar a análise. Para detetar alterações, o painel temporal tem, por isso, a opção de realizar a diferença entre as duas imagens (botão “DIFERENÇA”), sendo o resultado desta operação apresentado numa janela independente e gravado no disco com o sufixo “_dif”. Também o resultado da translação radiométrica é gravado no disco, com o sufixo “_luz”.

3 | Construção de ficheiros executáveis

O MATLAB[®] possibilita a transformação de todos os ficheiros relacionados com o programa desenvolvido num único ficheiro executável. A ferramenta utilizada para este propósito (*deploytool*) possibilita a construção de dois géneros de executáveis: o primeiro funciona apenas em computadores onde o MATLAB[®] esteja instalado, enquanto o segundo é totalmente independente do *software*. Neste último os programas podem ser utilizados por operadores que não disponham de licença de MATLAB[®].

A possibilidade de converter um programa para um executável independente do MATLAB[®] é uma grande vantagem, como é o caso do programa “GeMAPA - Correção Geométrica e Mapeamento de Anomalias em Painéis de Azulejos”, para apoiar ações de conservação e restauro, que se encontra em desenvolvimento no LabImagem. Um executável deste programa permitirá ao operador que não tenha uma licença de MATLAB[®] construir imagens binárias de anomalias como falhas de vidro, zonas restauradas ou com desenvolvimento de microrganismos (Figura 3.1). O programa apresentará uma interface simples e intuitiva, permitindo ao utilizador não especializado em PDI a manipulação de algumas variáveis (limiares de corte para indicadores radiométricos desenvolvidos especificamente para a deteção das anomalias). Desta forma, o operador poderá levar consigo o ficheiro executável num computador portátil para as campanhas de aquisição fotográfica e obter imediatamente os mapas de anomalias, sem necessitar de processar os dados em gabinete.



Figura 3.1 – Excerto de fotografia de um painel de azulejos (a) e imagem binária das zonas afetadas por falha de vidro construída com o GeMAPA (b).

4 | Conclusões

O programa “algoPDI” permite realizar várias operações do domínio do processamento digital de imagem, sem ser necessário que o operador tenha muita experiência ou conhecimentos nesta área. A interface desenvolvida possibilita a fácil introdução das imagens originais no programa e a manipulação destas de uma forma intuitiva através da utilização de botões ou *sliders*. O operador pode visualizar de imediato o resultado da transformação aplicada, manipular a ampliação da imagem e consultar os valores apresentados por esta. Se o resultado for satisfatório, é possível guardar a imagem resultante num ficheiro.

Outros programas de PDI estão a ser desenvolvidos no LabImagem, recorrendo às capacidades do MATLAB® para a construção de interfaces simples e intuitivas e de executáveis independentes do *software* residente.

Lisboa, LNEC, dezembro de 2013

VISTOS

O Chefe do Núcleo de Geodesia Aplicada



João M. Martins Casaca

O Diretor do Departamento de
Barragens de Betão



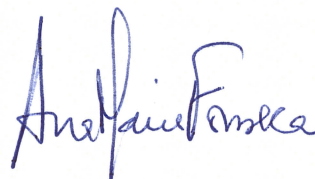
António Lopes Batista

AUTORIA



Dora Roque
Mestre em Engenharia Geográfica

Bolseira de Iniciação à
Investigação Científica



Ana Fonseca
Doutora em Detecção Remota
Investigadora Principal

Referências Bibliográficas

- [1] LNEC – **Utilização de um Veículo Aéreo Não Tripulado para a Monitorização do Quebra-mar da Ericeira**. LNEC, Relatório 409/2013 do NGA/DBB.
- [2] LNEC – **Barragem do Covão do Meio: Campanha de Referência para a Inspeção Visual Assistida**. LNEC, Relatório 351/2012 do NGA/DBB.
- [3] LNEC – **Memorando sobre a Inspeção Visual Assistida de Paramentos de Barragens**. LNEC, Relatório 399/2011 do NGA/NO/DBB.
- [4] LNEC – **Inspeção Visual Assistida por Fotografia Digital – Aplicação às Encostas da Barragem de Foz Tua**. LNEC, Relatório 356/2012 do NGA/NFOS/DBB.
- [5] LNEC – **Barragem de Foz Tua – Campanha de Operacionalização do Sistema de Inspeção Visual Assistida das Encostas durante a Construção**. LNEC, Nota Técnica 22/2013 do NGA/DBB.

