

VARIAÇÃO DA SOBREPOSIÇÃO LONGITUDINAL E LATERAL ENTRE IMAGENS OBTIDAS POR UAV E UTILIZAÇÃO DE GCP NA MELHORIA DA QUALIDADE DOS DADOS

Marcelo Ribeiro
Rossana Estanqueiro
Carlos Pereira da Silva
José António Tenedório

Resumo

Nos últimos anos tem-se assistido a um crescente reconhecimento da utilidade, usabilidade e importância que os UAV (Unmanned Aerial Vehicles) assumem na aquisição de dados geoespaciais de baixo custo, elevado detalhe e intervalo temporal muito reduzido. Os UAV possuem um enorme potencial na obtenção de produtos como o MDS (Modelo Digital de Superfície), o MDT (Modelo Digital de Terreno), Ortofotomapas ou curvas de nível, dados que suportam posteriormente a criação de nova informação geográfica. No entanto, esta informação apenas pode ser considerada com valor caso respeite os princípios de rigor, qualidade e exactidão posicional exigidos às restantes plataformas de obtenção de dados.

A comunicação centra-se em dois desafios que decorrem dos levantamentos por UAV quanto à qualidade e exactidão posicional para a produção de informação geográfica. É realizada uma análise a algumas das variáveis que influenciam estes resultados e produtos derivados, baseada na utilização de GCP (Ground Control Points) e na variação da sobreposição longitudinal e lateral entre imagens de dois voos distintos realizados em Almada (praia da Fonte da Telha).

Para controlo de qualidade desta informação geográfica, para além de pontos levantados no terreno, foi ainda utilizado o levantamento LiDAR (2011) da DGT (Direção-Geral do Território).

Os resultados revelam a importância dos GCP na melhoria muito significativa da exactidão posicional dos produtos derivados dos voos realizados. Aponta-se, ainda, para uma relação causa-efeito entre a qualidade dos produtos, em particular do ortofotograma, e a sobreposição longitudinal e lateral com que as imagens aéreas são obtidas. Este facto, evidencia a importância do planeamento do voo bem como dos métodos ideais a utilizar para a aquisição de informação com a qualidade desejada, a partir das fotografias adquiridas por UAV.

Palavras-chave: Dados UAV; Qualidade; Informação Geográfica; Ground Control Points; Precisão.

1. Introdução

Os UAV (*Unmanned Aerial Vehicles*), usualmente designados de VANT (Veículos aéreos não Tripulados), ou simplesmente Drones, a partir do momento em que se tornaram acessíveis para fins civis, proporcionaram um tremendo crescimento de novas metodologias de extração de informação geográfica. A maioria destas novas metodologias baseia-se nos conhecimentos e tecnologias anteriormente existentes como é o caso da fotogrametria e do LiDAR (*Light Detection And Ranging*) (Colomina & Molina, 2014).

Esta tecnologia permite-nos uma relação óptima entre o custo e o benefício do levantamento, sendo ainda determinante o tempo reduzido entre o momento do levantamento em campo e a geração do produto final, bem como a possibilidade de redução do intervalo temporal entre levantamentos (Colomina & Molina, 2014; Haala, Cramer & Rothermel, 2013).

A utilização do LiDAR tem sido preterida em relação à utilização de câmaras fotográficas convencionais, uma vez que possui um peso superior e consome mais energia, o que diminui a autonomia do VANT e conseqüentemente a área levantada por cada bateria (Küng et al., 2011; Leberl et al., 2010; Leitão, Moy de Vitry, Scheidegger & Rieckermann, 2015). No entanto, a utilização destas câmaras pressupõe alguns conhecimentos base de fotogrametria e conseqüentemente do planeamento do voo a executar (Harwin, Lucieer & Osborn, 2015; Ruzgienė, Berteška, Gečyte, Jakubauskienė & Aksamitauskas, 2015).

A variação da sobreposição longitudinal e lateral das fotografias de um levantamento, representa uma variável importante que pode influenciar a qualidade e a precisão dos produtos gerados (Dandois, Olano & Ellis, 2015).

A partir de modelos digitais de terreno com exactidões posicionais aceitáveis, é possível efectuar cálculos de diferenças de volumes passíveis de posterior interpretação. Desta forma, é necessário que os modelos cumpram à priori certos requisitos de precisão posicional.

Assim, tornam-se exequíveis observações com maior detalhe e inferiores intervalos de tempo que podem desempenhar um papel importantíssimo por exemplo no estudo da dinâmica dos sistemas de praia e dunas, distinguindo-se as áreas consideradas estabilizadas das áreas com uma forte dinâmica de alteração (Gonçalves & Henriques, 2015; Perez, Magalhães, Gonçalves, & Bastos, 2010).

2. Objectivos

Com este estudo pretende-se entender de que forma a variação da sobreposição longitudinal e lateral pode influenciar a qualidade da informação gerada, em dois produtos distintos:

- a) No ortofotomapa, tentando eliminar o ruído que é usual nos levantamentos efectuados por UAV;
- b) No Modelo Digital de Terreno (MDT), procurando a geração de um produto com uma exactidão altimétrica elevada, de forma a poder efectuar comparações entre produtos.

Para cumprir os objectivos, foram utilizados dois voos UAV, bem como Ground Control Points (GCP) também designados de Pontos Fotogramétricos, levantados por GPS RTK e ainda um levantamento LiDAR, propriedade da Direcção Geral do Território (DGT).

3. Dados e Métodos

3.1. Área de Estudo e Informação Geográfica

A área de estudo é a Praia da Fonte da Telha em Almada. Nesta foram executados dois voos UAV, um a Outubro de 2014 (UAV1) e outro em Janeiro de 2016 (UAV2). Foi ainda disponibilizado pela DGT um levantamento LiDAR referente a Novembro/Dezembro de 2011.

No Quadro 1 apresentam-se algumas das principais características dos levantamentos efectuados, entre as quais se destaca a diferença na sobreposição longitudinal/lateral utilizada em ambos os voos. De salientar ainda que para o primeiro levantamento (UAV1) foram executados dois voos: um bloco a Norte e um bloco a Sul. Já o segundo levantamento (UAV2) é constituído por dois voos, executados a diferentes alturas do ponto de descolagem, efetuando-se um a Oeste a cerca de 120 metros de altura e outro a Este a cerca de 140 metros, com duas fiadas sobrepostas entre os dois voos.

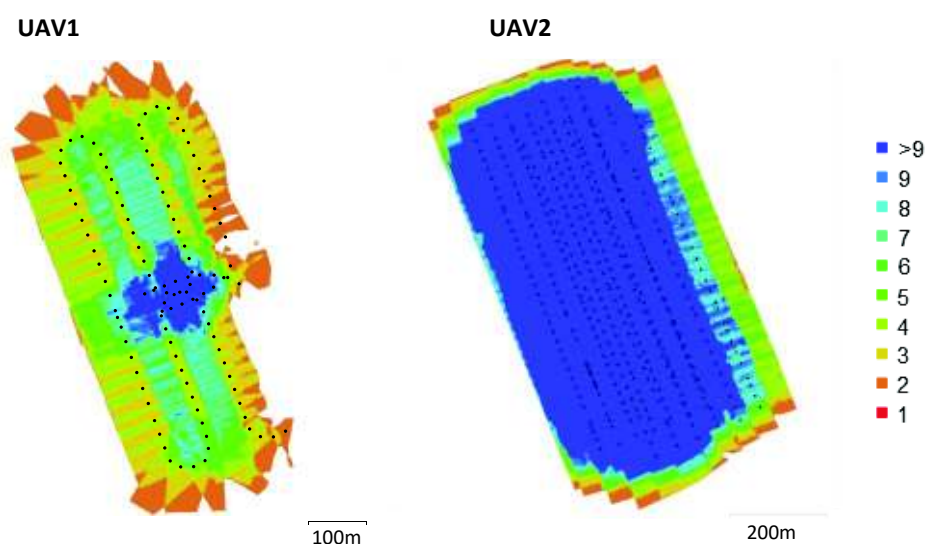
Esta alteração de características no plano de voo deveu-se à tentativa de adaptar o plano à rugosidade do terreno, no qual existe uma alteração topográfica acentuada entre a cota mais alta e o oceano, devido à presença de uma arriba.

Quadro 1 – Características dos voos

Parâmetros	Levantamento	
	UAV1	UAV2
Data do Voo	27/10/2014	15/01/2016
Números de Fotografias	124	432
Altura de voo	89,5 m	124 m
Resolução Espacial	2,8 cm	4,8 cm
Área coberta	0,22km ²	0,44km ²
Sobreposição Longitudinal/Lateral	70%/30%	80%/80%

A sobreposição longitudinal determina a percentagem de área comum entre duas fotografias contíguas na direcção do voo, enquanto a lateral representa a percentagem de sobreposição entre duas fiadas consecutivas. No caso dos levantamentos UAV1 e UAV2, essa diferença de percentagens resulta numa disparidade de fotografias sobrepostas em cada local da área de estudo. Em UAV1 apenas a área de intersecção entre o voo Norte e o voo Sul apresenta uma sobreposição de pelo menos 9 fotografias. Já no levantamento UAV2 a maioria da área de estudo apresenta sobreposições de pelo menos 9 fotografias, resultando numa projecção muito superior de cada objecto nas fotografias (Figura 1).

Figura 1 – Localização e sobreposição de fotografias



3.2. Métodos e Processamento dos Dados

Dos levantamentos efectuados resultaram fotografias RGB, dos quais se rejeitaram as que não possuíam qualidade suficiente, por falta de nitidez, blur ou um ângulo em relação ao solo demasiado oblíquo.

Para o processamento das fotografias, e conseqüente geração dos produtos, foi utilizado o software *Agisoft Phtotscan 1.2.2*, processamento esse que pode ser resumido nas principais etapas seguintes:

- a) Orientação das fotografias (*Align photos*): procura pontos homólogos entre as fotografias, criando uma primeira nuvem de pontos esparsa, que permite o cálculo das inclinações e das posições relativas das fotografias. Após esta fase poder-se-á colocar os *Ground Control Points*, identificando-os nas fotografias.
- b) Elaboração da nuvem de pontos: a partir da calibração das fotografias e da nuvem de pontos criada na etapa anterior, o *software* cria uma nuvem de pontos que pode variar a sua densidade de acordo com os parâmetros selecionados, e que permite posteriormente uma construção de uma malha poligonal representativa da área coberta.
- c) Criação do Modelo Digital de Superfície (MDS): a partir da malha poligonal ou da nuvem de pontos, podendo ainda tornar-se no Modelo Digital de Terreno (MDT) caso se filtre os pontos da nuvem de pontos que correspondam a edificado ou vegetação.
- d) Criação do ortofotomapa tendo por base o MDS ou a malha poligonal.

Estas etapas foram seguidas para os dois levantamentos executados, apresentando tempos de processamentos distintos, face à diferença de área coberta, números de fotografias e de sobreposição. O aumento destas variáveis leva a um incremento de tempo gasto em processamento (Quadro 2). No entanto, a relação custo-benefício entre despendar mais tempo para processamento, que já por si é bastante reduzido, e aumentar a qualidade e o rigor da informação geográfica criada, compensa largamente.

Quadro 2 – Tempos de processamento dos levantamentos

Procedimentos	Parâmetros/Tempo de processamento	
	UAV1	UAV2
Orientação das fotografias	Highest/9 min.	Highest/ 69 min.
Elaboração da nuvem de pontos	High/8 min	High/34 min.
Construção da malha poligonal	Dense/5 min.	Dense/ 3 min.
Criação do MDE	4 min.	6 min.
Criação do ortofotomapa	25 min.	32 min.
TOTAL	51 min.	144 min.

3.3. *Ground Control Points* e Pontos de Verificação

Mediante o estudo ou finalidade a que um produto é submetido, pode ser necessário produzir informação geográfica com erros posicionais de centímetros.

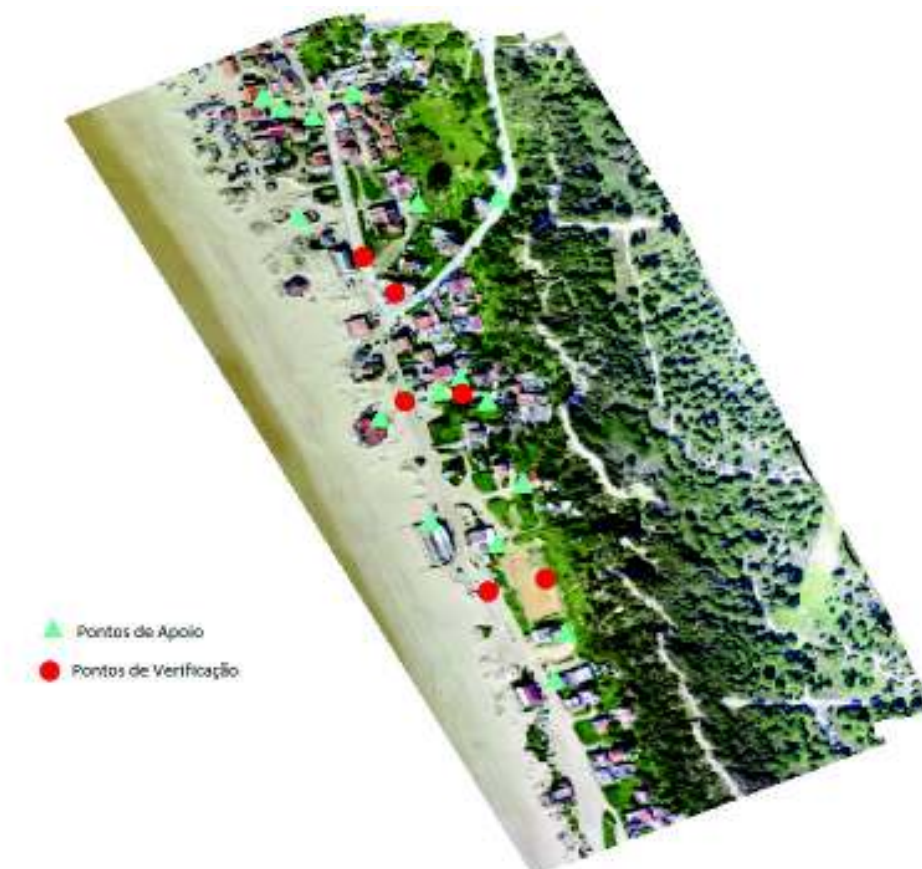
O facto de um levantamento apresentar erros planimétricos e altimétricos na ordem dos cinco a dez metros utilizando apenas a calibração e derivação das localizações das fotografias, revela a importância que possuem os *Ground Control Points* (GCP) neste processo.

Estes, permitem a criação de modelos digitais de elevação que possuam uma exactidão posicional ideal para o estudo da dinâmica dos sistemas de praia e dunas.

Desta forma, foi utilizado um GPS RTK Trimble R6, que apresenta erros na ordem dos 15mm+0,5 ppm de altimetria, para levantar os GCP utilizados bem como recolher seis pontos de verificação altimétrica.

Estes pontos foram distribuídos pela área de estudo (Figura 2), totalizando um conjunto de 17 GCP e 6 Pontos de verificação.

Figura 2 – Localização dos Pontos de apoio e de verificação utilizados

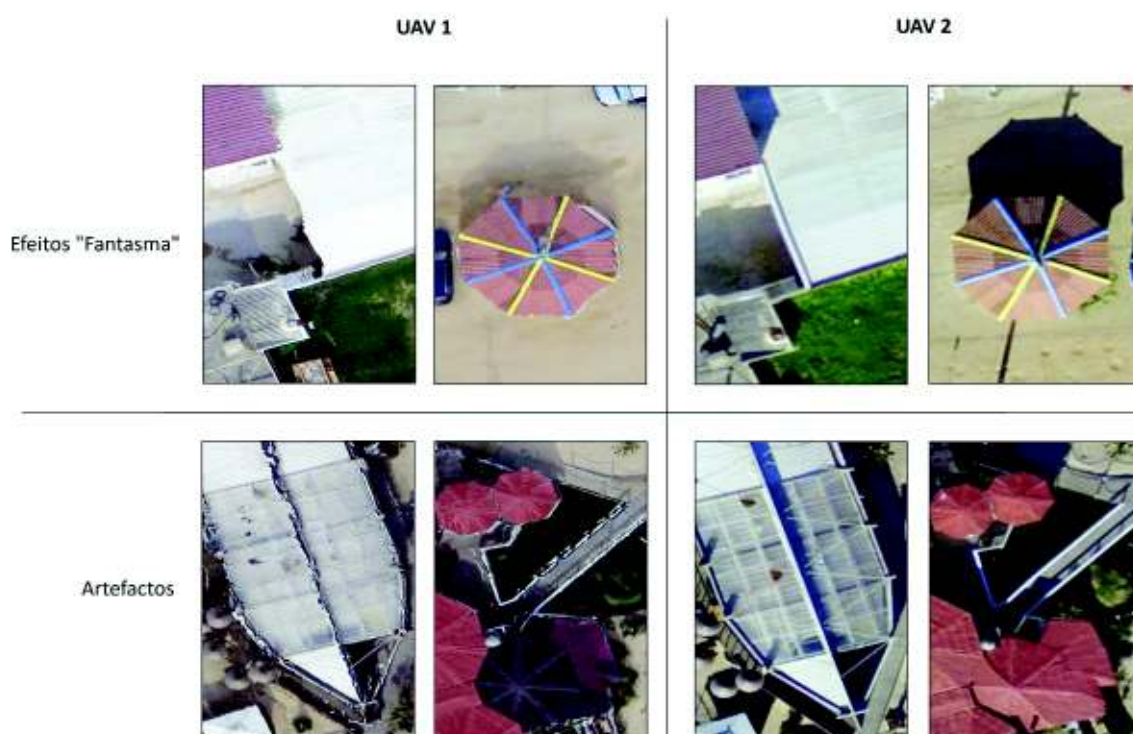


4. Análise de resultados

Os resultados obtidos nos dois levantamentos foram um ortofotomapa, um modelo digital de superfície e um modelo digital de terreno. Devido às diferenças no planeamento de voo bem como dos produtos gerados, surgiu a necessidade de realizar uma comparação visual dos ortofotomapas resultantes bem como uma comparação entre os pontos de verificação adquiridos e os levantamentos executados e cedidos (LiDAR- DGT).

Quanto ao ortofotomapa fica evidenciado a partir das amostras presentes na Figura 3, que o levantamento UAV2 elimina praticamente todos os efeitos “fantasma” e os artefactos que costumam surgir no edificado e que estão bastante presentes no levantamento UAV1. Desta forma, demonstra-se que um produto gerado a partir de fotografias de UAV, não é necessariamente sinónimo de erros de distorção dos objectos e de ruído visual excessivo caso os parâmetros de voo sejam “otimizados”.

Figura 3 – Comparação de ortofotomapas dos levantamentos de UAV



Com recurso ao software Arcmap, foi calculada a diferença entre a cota dos pontos de verificação e a cota que os distintos MDT apresentaram. Esta diferença permitiu o cálculo de RMSE (Erro médio Quadrático) que representa o desvio médio dos produtos em relação aos pontos de verificação utilizados (Quadro 3).

Quadro 3 – Diferença de altimetria entre os pontos e os Modelos Digitais de Terreno

Pontos de Verificação	Diferença entre os MDT e os Pontos de Verificação			
	Cota do Ponto	UAV1	UAV2	LIDAR
Ponto 1	10,737	0,186	0,0002	-0,237
Ponto 2	9,012	0,102	0,064	-0,347
Ponto 3	12,538	0,056	0,091	-0,055
Ponto 4	9,274	0,059	0,120	-0,101
Ponto 5	12,912	-0,368	0,105	-0,106
Ponto 6	9,551	-0,375	0,091	-0,097
Erro médio Quadrático	-	0,181	0,068	0,145

Os resultados demonstram que o levantamento UAV2 é o que mais se aproxima dos pontos de verificação, seguindo-se o LiDAR e o levantamento UAV1. Estes resultados aparentam apontar para uma relação directa entre o aumento de sobreposição e o aumento de qualidade e rigor dos produtos gerados.

5. Considerações

A utilização dos UAV na geração de informação geográfica muito detalhada, apresenta-se como uma solução viável e de baixo custo para os estudos das áreas costeiras.

No entanto, é necessário realizar uma análise cuidadosa à rugosidade do terreno na área de estudo, para que o planeamento de voo seja o mais adequado para o levantamento a executar e que proporcione a criação de produtos rigorosos e com qualidade.

Os GCP possuem uma importância vital no incremento de exactidão posicional aos MDE criados, assim como a sobreposição utilizada demonstra ter uma influência não só no rigor mas também na qualidade visual do ortofotomapa resultante.

Apesar de o último levantamento (UAV2) permitir resultados muito satisfatórios, continua a ser necessária uma maior investigação quanto à sobreposição longitudinal e lateral ideais, uma vez que não é plausível levantar extensas áreas com sobreposições laterais de 80%.

Referências Bibliográficas

Colomina, I., & Molina, P. (2014). Unmanned aerial systems for photogrammetry and remote sensing: A review. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 92, 79–97.

Dandois, J. P., Olano, M. & Ellis, E. C. (2015). Optimal altitude, overlap, and weather conditions for computer vision uav estimates of forest structure. *Remote Sensing*, 7(10), 13895–13920.

Gonçalves, J. A. & Henriques, R. (2015). UAV photogrammetry for topographic monitoring of coastal areas. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 104, 101–111. <http://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2015.02.009>

Haala, N., Cramer, M. & Rothmel, M. (2013). Quality of 3D Point Clouds From Highly Overlapping Uav Imagery. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XL(September), 4–6.

Harwin, S., Lucieer, A. & Osborn, J. (2015). The impact of the calibration method on the accuracy of point clouds derived using unmanned aerial vehicle multi-view stereopsis. *Remote Sensing*, 7(9), 11933–11953.

Küng, O., Strecha, C., Beyeler, A., Zufferey, J.-C., Floreano, D., Fua, P. & Gervais, F. (2011). The Accuracy of Automatic Photogrammetric Techniques on Ultra-Light UAV Imagery. *ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XXXVIII-1/(September), 125–130.

Leberl, F., Irschara, A., Pock, T., Meixner, P., Gruber, M., Scholz, S. & Wiechert, A. (2010). Point Clouds: Lidar versus 3D Vision. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 76(10), 1123–1134.

Leitão, J. P., Moy de Vitry, M., Scheidegger, A., & Rieckermann, J. (2015). Assessing the quality of Digital Elevation Models obtained from mini-Unmanned Aerial Vehicles for overland flow modelling in urban areas. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*, 12(6), 5629–5670.

Perez, B., Magalhães, A., Gonçalves, J. A., & Bastos, L. (2010). Monitoring of beaches and sand dunes using digital aerial photography with direct georeferencing. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives*, 38, 228–232.

Ruzgienė, B., Berteška, T., Gečyte, S., Jakubauskienė, E., & Aksamitauskas, V. Č. (2015). The surface modelling based on UAV Photogrammetry and qualitative estimation. *Measurement*, 73, 619–627.

Agradecimentos

Centro Interdisciplinar de Ciências Sociais - Faculdade de Ciências Sociais e Humanas - Universidade Nova de Lisboa (CICS.NOVA.FCSH/UNL), UID/SOC/04647/2013, com o apoio financeiro da FCT/MEC através de fundos Nacionais e quando aplicável co-financiado pelo FEDER no âmbito do acordo de parceria PT2020.

GEODRONE: pelo voo experimental realizado em 2014, que permitiu entender melhor os desafios inerentes à extracção de informação geográfica de elevada resolução espacial.

Direção-Geral do Território (DGT): pela cedência da informação geográfica referente a dados LiDAR de 2011.

Autores

Marcelo Ribeiro

Centro Interdisciplinar de Ciências Sociais CICS.NOVA - Faculdade de Ciências Sociais e Humanas - Universidade Nova de Lisboa (CICS.NOVA.FCSH/UNL) Avenida de Berna, 26 C, 1069-061, Lisboa, Portugal
marceloribeiro.augusto@gmail.com

Rossana Estanqueiro

Centro Interdisciplinar de Ciências Sociais CICS.NOVA - Faculdade de Ciências Sociais e Humanas - Universidade Nova de Lisboa (CICS.NOVA.FCSH/UNL) Avenida de Berna, 26 C, 1069-061, Lisboa, Portugal
rossana.estanqueiro@fcs.unl.pt

Carlos Pereira da Silva

Centro Interdisciplinar de Ciências Sociais CICS.NOVA - Faculdade de Ciências Sociais e Humanas - Universidade Nova de Lisboa (CICS.NOVA.FCSH/UNL) Avenida de Berna, 26 C, 1069-061, Lisboa, Portugal
cpsilva@fcs.unl.pt

José António Tenedório

Centro Interdisciplinar de Ciências Sociais CICS.NOVA - Faculdade de Ciências Sociais e Humanas - Universidade Nova de Lisboa (CICS.NOVA.FCSH/UNL) Avenida de Berna, 26 C, 1069-061, Lisboa, Portugal
ja.tenedorio@fcs.unl.pt