

Meneses, B. M. (2013): "Análise das alterações do uso e ocupação do solo no Vale do Varosa (Portugal) mediante imagens Landsat-TM e sua influência na conservação do solo.", *GeoFocus (Artículos)*, nº 13-1, p. 270-290. ISSN: 1578-5157

ANÁLISE DAS ALTERAÇÕES DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NO VALE DO VAROSA (PORTUGAL) MEDIANTE IMAGENS LANDSAT-TM E SUA INFLUÊNCIA NA CONSERVAÇÃO DO SOLO

BRUNO MIGUEL MENESES¹
Instituto Superior de Agronomia
Tapada da Ajuda, Lisboa, Portugal
¹ bmeneses@campus.ul.pt

RESUMO

A paisagem do Vale do Varosa sofreu grandes modificações nos últimos anos devido a vários fatores, dos quais se destaca a alteração da ocupação do solo. A avaliação da conservação do solo e a quantificação das alterações na paisagem deste vale nas últimas três décadas constituem os objetivos deste estudo. Os resultados obtidos revelam a variação da área dos *clusters* determinados pela classificação não supervisionada da ocupação do solo a partir das imagens do satélite *Landsat 5TM* de 1984 e 2011, evidenciando-se nestes a expansão de áreas florestais e urbanizadas. Comparou-se os índices de vegetação por diferença normalizada (NDVI) destes dois anos com os resultados anteriores para perceber as alterações no uso e ocupação do solo, verificando-se aqui o aumento de vegetação nas áreas agrícolas abandonadas e a redução da cobertura vegetal devido aos incêndios florestais, fator com influência na quantidade de solo perdido pelos processos erosivos e na alteração da paisagem.

Palavras-chave: Uso e ocupação do solo, Conservação do solo, Paisagem, Landsat-TM.

ANALYSIS OF LAND USE AND LAND COVER CHANGES IN THE VALLEY OF THE VAROSA (PORTUGAL) BY LANDSAT-TM IMAGES AND ITS INFLUENCE ON SOIL CONSERVATION

ABSTRACT

The landscape of the Varosa Valley underwent major changes in recent years due to several factors, among which stands out the land use change. The evaluation of soil conservation and quantification of landscape changes in this valley over the past three decades are the objectives of this study. The results show the variation of the area of clusters determined by unsupervised

Meneses, B. M. (2013): "Análise das alterações do uso e ocupação do solo no Vale do Varosa (Portugal) mediante imagens Landsat-TM e sua influência na conservação do solo.", *GeoFocus (Artículos)*, nº 13-1, p. 270-290. ISSN: 1578-5157

classification of land cover from Landsat 5TM images from 1984 and 2011, demonstrating the expansion of these forest and urbanized areas. We compared the normalized vegetation index (NDVI) of these two years with the previous results to perceive changes in the use and occupation of land, verifying the increase of vegetation cover on abandoned agricultural areas and the reduction of vegetation cover due to forest fires, a factor which affects the amount of soil lost by erosion processes and landscape changes.

Keywords: Use and land cover, Soil conservation, Landscape, Landsat-TM.

1. Introdução

A alteração do uso e cobertura dos solos tem contribuído para a modificação da paisagem, sobretudo devido à expansão urbana (Andriessen, 1990; Turner *et al.*, 1990; Li *et al.*, 2010; Jiang *et al.*, 2012; Wang *et al.*, 2012) e à conversão de áreas florestais em áreas agrícolas (Pedlowski *et al.*, 1997; Andrieu *et al.*, 2011). Por outro lado, a ocorrência de grandes incêndios florestais também tem contribuído para estas alterações da paisagem (Moreira *et al.*, 2010; Meneses e Sarmento, 2012), eventos com impactos que podem refletir-se ao longo de vários anos, pela destruição da cobertura vegetal e por afetarem a estrutura física, química e atividade biológica do solo. Com estas alterações na ocupação e uso do solo é necessário perceber o impacto das mesmas nos solos para se atuar, principalmente na sua conservação (Ahrens e Kantelhardt, 2009; Pettit *et al.*, 2011), pois trata-se do recurso mais importante da Biosfera e do Património Natural, não renovável à escala humana (Bermúdez *et al.*, 1993). Segundo Morgan (2005), estas estratégias de conservação podem passar pela cobertura ou proteção do solo contra o impacto das gotas de água da chuva, aumento da capacidade de infiltração e redução da escorrência superficial, manipulação da superfície topográfica, aumento da estabilidade dos agregados do solo, entre outras medidas agronómicas. Porém, para se puder intervir torna-se fundamental avaliar espacialmente as áreas com maiores impactos resultantes destas alterações da ocupação e uso do solo ao longo do tempo, destacando-se aqui as potencialidades dos SIG e Detecção Remota (Meneses, 2011a).

Foi com base nesta problemática que se estabeleceu os objetivos desta investigação, por exemplo, como se pode avaliar a conservação do solo e quantificar as modificações na paisagem em função da ocupação e uso do solo e, também, avaliar as dinâmicas espaciais num determinado período, neste caso, numa área do setor montante da bacia hidrográfica do Rio Varosa (Tarouca) ao longo das últimas três décadas. Assim descreve-se numa primeira parte a abordagem de vários autores sobre a temática da conservação do solo e algumas metodologias utilizadas na quantificação de alterações da paisagem. Posteriormente apresenta-se a área de estudo, com descrição das características físicas do território e uma breve descrição da ocupação e uso do solo e suas alterações ao longo do tempo. Nos pontos seguintes apresentam-se os dados utilizados, o seu processamento, a metodologia adotada na avaliação da evolução da paisagem e os resultados obtidos, com a respetiva discussão. Conclui-se com algumas considerações sobre a conservação do solo e a evolução da paisagem no Vale do Varosa.

Meneses, B. M. (2013): "Análise das alterações do uso e ocupação do solo no Vale do Varosa (Portugal) mediante imagens Landsat-TM e sua influência na conservação do solo.", *GeoFocus (Artículos)*, nº 13-1, p. 270-290. ISSN: 1578-5157

2. Estado da arte

A paisagem está em constante modificação (Marcucci, 2000). Esta é um conjunto de unidades naturais e resulta da inter-relação de vários fatores naturais (clima, solo, litologia, relevo, água disponível, vegetação e seres vivos) e das ações antrópicas desenvolvidas no território ao longo do tempo (Crumley, 1994; Roxo, 1994; Nassauer, 1995; Antrop, 1998; Ferreira, 2001; Southworth *et al.*, 2004; Keane *et al.*, 2008). Muitas paisagens refletem atualmente os resultados derivados da migração da população (abandono dos campos agrícolas) e das políticas de uso do solo (Rescia *et al.*, 2010; Poças *et al.*, 2011). Outros autores têm referido a influência das alterações climáticas nesta modificação, sobretudo pela variação da temperatura e precipitação, fatores que influenciam a fixação da vegetação e a modelação de vertentes pelos mais variados processos geomorfológicos (Baker *et al.*, 1991; Mander *et al.*, 1998; Mulligan, 1998; Marcucci, 2000; Riebe *et al.*, 2004; Serra *et al.*, 2008; López-Sáez *et al.*, 2009).

A topografia e os parâmetros físicos ambientais (por exemplo, precipitação, temperatura, radiação solar, etc.) têm influência no uso do solo e no estabelecimento de ecossistemas naturais (Bryan, 2003), o que confere paisagens singulares a determinados territórios. Porém, a intervenção antrópica é um dos fatores que maior influência tem na alteração da ocupação do solo, refletindo-se esta na paisagem (Poças *et al.*, 2011). Neste contexto torna-se fundamental avaliar todos estes fatores para se atuar ao nível da conservação do solo e, desta forma, contribuir para a redução de impactos negativos na paisagem, através de um planeamento sustentável (Leitão e Ahern, 2002).

Têm-se apresentado algumas metodologias para a determinação das alterações da paisagem (*landscape metrics*), como, por exemplo, observação da variação do tipo de ocupação do solo através de fotografias aéreas e respetiva quantificação de áreas (Antrop e Eetvelde, 2000; Sundell-Turner e Rodewald, 2008); avaliação da variação de parcelas e fragmentação do território num determinado período através dos SIG (Kilgore *et al.*, 2012); comparação entre o tipo de ocupação do solo obtida a partir de imagens de satélite (Poças *et al.*, 2011), entre outras.

A deteção remota constitui atualmente uma ferramenta universal usada por diversos atores que intervêm no território, mas também por investigadores que estudam a evolução da paisagem, entre outros tipos de investigação (Kennedy *et al.*, 2009). A informação obtida pelos satélites permite a identificação e classificação dos vários elementos existentes à superfície da Terra, possibilitando *a posteriori* o desenvolvimento de estudos de biodiversidade, conservação da natureza, avaliação de impactos resultantes da desflorestação, monitorização da desertificação, entre outros (Cohen e Goward, 2004; Wulder *et al.*, 2008; Blaschke, 2010). O recurso a estas imagens e a informação que delas se pode obter através da combinação das bandas espectrais permite quantificar as alterações da paisagem (Trishchenko *et al.*, 2002; Ayad, 2005; Rocchini, 2007; Kennedy *et al.*, 2009; Martínez *et al.*, 2010; Poças *et al.*, 2011; Kolios e Stylios, 2013).

A cobertura vegetal tem um papel fundamental na proteção do solo, sobretudo na redução de processos erosivos (Molchanov, 1963; Jain e Goel, 2002; Pereira *et al.*, 2002; Asis e Omassa, 2007; Meneses, 2012). Por outro lado, a quantificação da biomassa pode dar indicação de mudanças na paisagem numa serie temporal e permitir a sua quantificação. Para perceber a distribuição da

Meneses, B. M. (2013): "Análise das alterações do uso e ocupação do solo no Vale do Varosa (Portugal) mediante imagens Landsat-TM e sua influência na conservação do solo.", *GeoFocus (Artículos)*, nº 13-1 , p. 270-290. ISSN: 1578-5157

biomassa no território é comum recorrer-se ao Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) obtido a partir de imagens de satélite (Jiang *et al.*, 2006; Asis e Omasa, 2007; Montandon e Small, 2008; Julien e Sobrino, 2009; Zhu *et al.*, 2012). Este índice baseia-se na diferença dos valores entre o infravermelho próximo e o canal vermelho, com variação entre 1 ("elevada densidade de folhas verdes") e -1 (por exemplo, corpos de água, determinadas superfícies rochosas, carvão, etc.), apresentando os solos sem vegetação valores próximos de 0. O infravermelho próximo caracteriza-se por níveis elevados de refletância e fraca absorção das plantas verdes, já no segundo parâmetro, a refletância espectral é baixa e dominada pela absorção da clorofila (Belward e Valenzuela, 1990; Pettorelli *et al.*, 2005).

3. Material e métodos

3.1. O Vale do Varosa (área de estudo)

A área de estudo corresponde ao sector montante da bacia hidrográfica do Rio Varosa (figura 1) e compreende cerca de 209,29 km². Esta também é conhecida por Vale do Varosa e engloba toda a área administrativa do Concelho de Tarouca, onde o vale por onde circula o rio anteriormente referido tem maior expressão, sobretudo pela sua amplitude a montante e na área de interseção com a Ribeira de Tarouca. O setor jusante do vale é encaixado e retilíneo, resultante do entalhe da rede hidrográfica ao longo de falhas geológicas. Nesta área distinguem-se dois grandes sectores em função da altitude: as áreas de menor altitude no sector N (300 a 700 m) onde o Vale do Varosa tem maior expressão, e as áreas de maior altitude correspondentes ao sector S (700 a 1.100 m), onde se destaca a Serra de Santa Helena do meio envolvente.

Segundo a Carta de Solos da Região do Nordeste Transmontano Português (1:100.000) publicada pelo Sistema Nacional de Informação Geográfica de Portugal, no setor montante do Vale do Varosa predominam os Cambissolos úmbricos órticos, já para jusante prevalecem os Antrossolos áricos terrácicos dístricos, destacando-se estes também ao longo do Vale da Ribeira de Tarouca. No fundo de vale destas duas áreas encontram-se os Fluvisolos dístricos órticos. No setor S da área de estudo predominam os Leptossolos úmbricos. Relativamente à litologia desta área, predominam as áreas de composição granítica, com exceção de um pequeno retalho essencialmente xistento localizado a S na designada superfície fundamental, uma área de aplanção poligénica da Meseta segundo Sole (1952) citado por Ferreira e Sousa (1994). No setor jusante deste Vale e nas vertentes da serra supra citada a suscetibilidade a movimentos de vertentes é muito elevada devido ao tipo de solos presente, cobertura vegetal, litologia, mas sobretudo ao forte declive das vertentes. Estes fatores de predisposição conferem a estas vertentes determinada instabilidade, daí ocorrerem frequentemente movimentos de vertente (Meneses e Zêzere, 2011; Meneses, 2011b). Estes processos geomorfológicos contribuem para a evolução da paisagem (Guzzetti *et al.*, 2012), pois têm um potencial destrutivo muito elevado, sobretudo os deslizamentos nas áreas de socos ocupados por vinhas e olival (Meneses, 2011a). Por outro lado, as escoadas que ocorrem na Serra de Santa Helena também sobressaem na paisagem, devido à destruição da vegetação pelo material movimentado em todo o seu percurso (Meneses, 2011b).

Meneses, B. M. (2013): "Análise das alterações do uso e ocupação do solo no Vale do Varosa (Portugal) mediante imagens Landsat-TM e sua influência na conservação do solo.", *GeoFocus (Artículos)*, nº 13-1, p. 270-290. ISSN: 1578-5157

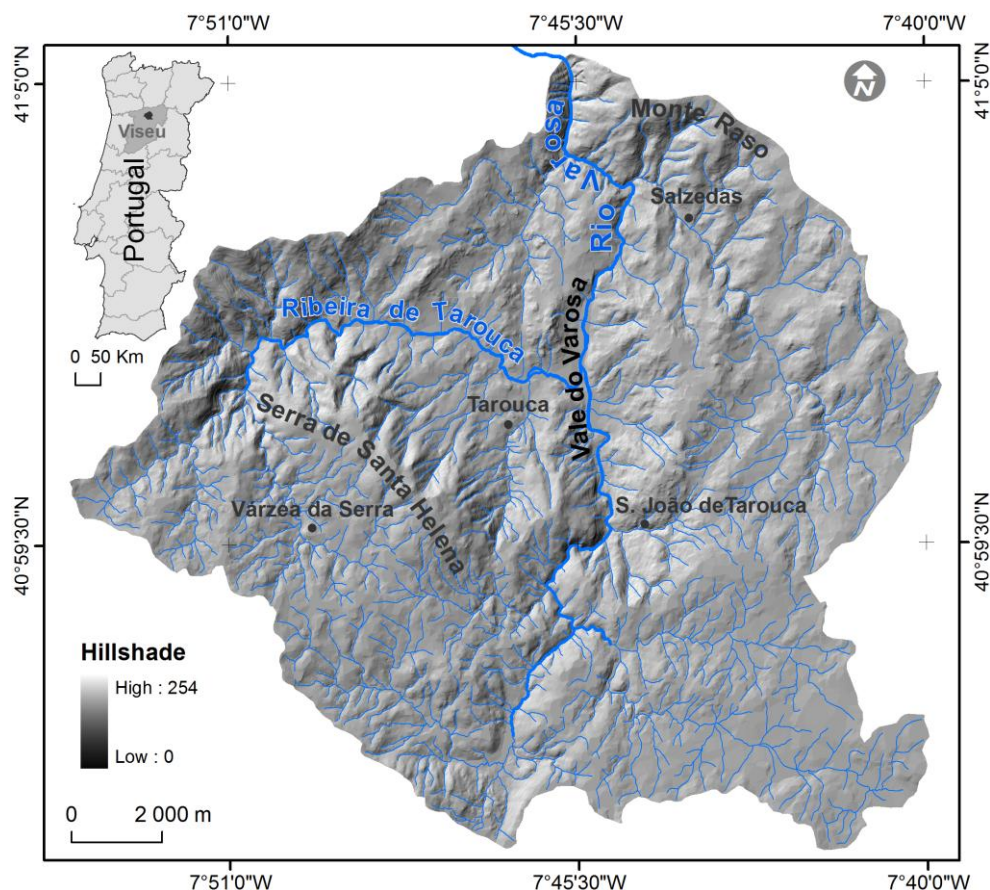


Figura 1. Enquadramento geográfico da área de estudo (setor montante da bacia hidrográfica do Rio Varosa) no N de Portugal e mapa com detalhe do sombreamento e a rede hidrográfica.

Quanto ao uso e ocupação do solo, predominam as áreas florestais, destacando-se estas nas vertentes mais íngremes do setor do Vale do Varosa mais encaixado e na área a S da Serra de Santa Helena (Meneses, 2011a). Com menor expressão, apresentam-se as áreas agrícolas, sobressaindo as culturas de milho e produtos hortícolas nos lameiros no setor intermédio do vale e para N as vinhas, oliveiras e pomares. No setor jusante do vale a transição da ocupação e uso do solo foi mais acentuada, onde ainda há vestígios de antigas vinhas e oliveiras abandonados, que deram lugar a matos de giestas (*Cytisus striatus*) e tojo (*Ulex europeus*). Já nas áreas mais planas, os lameiros usados antigamente para o cultivo de milho (*Zea mays*) de forma tradicional encontram-se atualmente ocupados por pomares de macieiras (*Malus sylvestris*) e sabugueiros (*Sambucus nigra*), muitos deles adaptados à nova era da mecanização (por exemplo, uso de tratores agrícolas, rega automatizada, entre outros).

Meneses, B. M. (2013): "Análise das alterações do uso e ocupação do solo no Vale do Varosa (Portugal) mediante imagens Landsat-TM e sua influência na conservação do solo.", *GeoFocus (Artículos)*, nº 13-1, p. 270-290. ISSN: 1578-5157

3.2. Imagens de satélite e processamento de dados

Para a avaliação da evolução da paisagem na área de estudo recorreu-se a imagens do satélite *Landsat 5 TM* de 17 de Março de 1984 e 28 de Abril de 2011, disponibilizadas pela USGS. Estas imagens, já corrigidas geometricamente, têm 7 bandas espectrais com resolução de 30 m (com exceção da banda térmica com resolução de 120 m) e utilizam o sistema de coordenadas UTM (*Datum WGS 84, Zone 29N*). Neste estudo utilizou-se as imagens originais, não se efetuando qualquer transformação radiométrica.

Devido ao sistema de coordenadas da restante informação utilizada neste ensaio (curvas de nível, traçado da rede hidrográfica e ortofotomapas) foi necessário efetuar a projeção das imagens para o sistema de coordenadas *Lisboa Hayford Gauss IPCC (Datum WGS 84)* e fez-se o corte de todos os temas pela área de estudo, estando esta já convertida de vetorial para raster (resolução de 30 m).

3.3. Classificação da ocupação do solo obtida a partir de imagens de satélite Landsat 5 TM

Utilizando as bandas 4, 5 e 7 das imagens de satélite, fez-se a sua combinação no *software Ilwis* e procedeu-se à classificação não supervisionada da ocupação do solo. Nesta operação, o agrupamento dos dados espectrais é feito com base nas propriedades estatísticas de todos os píxeis (Halder *et al.*, 2011). Pela combinação das três bandas anteriormente referidas, obteve-se os mapas para os dois anos em análise, inicialmente apenas com cinco *clusters*. Quando se sobrepôs o mapa de 2011 sobre as cartas de ocupação do solo (*Corine Land Cover* de 2006 adaptada - CLC'06 à escala de 1:100.000 do Instituto Geográfico Português), verificou-se que este não era semelhante aos dados obtidos. Assim, para a definição do número de *clusters* fizeram-se vários *outputs* com diversas classes, chegando-se à conclusão que as oito classes (culturas de sequeiro, culturas de regadio, floresta perene, mato, olival e pomar, solo nu ou rocha, urbano e vinha) do mapa de ocupação do solo de 2011 apresentado neste estudo são as que representam maior semelhança com os dados da CLC'06. Neste processo de comparação sobrepôs-se toda a informação para melhor identificação da ocupação a que corresponde cada unidade obtida. Assim, para perceber qual a correspondência ou identificação do tipo de ocupação das áreas dos diferentes *clusters* utilizaram-se fotografias aéreas, ortofotomapas e mapas CLC'06 da área de estudo. Contudo, avaliou-se a relação entre a informação do mapa de 2011 com a CLC'06. Para tal, converteu-se este último tema para raster, considerando a mesma resolução dos mapas de ocupação do solo anteriormente obtidos e, com esta informação já reclassificada (atribuição da mesma correspondência numérica das classes do mapa de ocupação do solo de 2011), cruzou-se com o mapa de ocupação do solo de 2011. Deste cruzamento resultou o quadro 1, onde se apresenta os erros de omissão, comissão e respetiva exatidão global, sendo esta última de 84,62%. A partir do cálculo do coeficiente Kappa (metodologia apresentada em Congalton e Green, 2009), também apresentado neste último quadro, obteve-se o valor de 0,82, indicando este a qualidade das classificações obtidas.

Meneses, B. M. (2013): "Análise das alterações do uso e ocupação do solo no Vale do Varosa (Portugal) mediante imagens Landsat-TM e sua influência na conservação do solo.", *GeoFocus (Artículos)*, nº 13-1, p. 270-290. ISSN: 1578-5157

Quadro 1. Matriz de erro/confusão associada à classificação da ocupação do solo de 2011 e a cartografia de referência (CLC'06).

		Informação de Referência (ocupação do solos adaptada da CLC'06)										
		Culturas de regadio	Culturas de sequeiro	Floresta Perene	Mato	Olival/ Pomar	Solo nu/ rocha	Urbano	Vinha	Total	Exatidão Utilizador	Erro de comissão
Classificação 2011	Culturas de regadio	2679,84	17,24	31,69	11,49	5,69	3,18	4,09	24,93	2778,16	96,46%	3,54%
	Culturas de sequeiro	12,31	2180,90	17,35	24,13	16,20	6,39	11,47	33,91	2302,65	94,71%	5,29%
	Floresta Perene	8,26	4,28	3554,10	23,90	765,67	21,26	12,63	758,11	5148,21	69,04%	30,96%
	Mato	1009,90	5,69	8,17	3794,83	17,31	2,90	7,77	23,49	4870,04	77,92%	22,08%
	Olival/ Pomar	0,48	3,39	3,70	6,87	743,31	4,27	5,20	5,46	772,69	96,20%	3,80%
	Solo nu/rocha	3,76	9,35	13,17	111,66	9,78	2421,34	20,56	12,88	2602,49	93,04%	6,96%
	Urbano	2,34	2,38	4,67	4,91	0,00	1,80	719,80	11,57	747,47	96,30%	3,70%
	Vinha	30,38	4,58	23,57	6,83	6,02	5,70	14,62	1616,25	1707,96	94,63%	5,37%
Total		3747,26	2227,82	3656,41	3984,61	1563,99	2466,84	796,12	2486,61	20929,66		
Exatidão Produtor		71,51%	97,89%	97,20%	95,24%	47,53%	98,16%	90,41%	65,00%	Exatidão Global: 84,62%		
Erro de omissão		28,49%	2,11%	2,80%	4,76%	52,47%	1,84%	9,59%	35,00%	Coeficiente Kappa: 0,82		

Fte. Elaboração própria a partir da classificação da ocupação do solo obtida pelas imagens de satélite *Landsat 5 TM* de 2011 e a CLC'06 (adaptada).

Neste seguimento, considerou-se a mesma metodologia de classificação da ocupação do solo para 1984, do qual não há cartografia de ocupação do solo disponível.

Também se avaliou a variação espacial do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI), determinado a partir das bandas 3 e 4 das imagens de satélite *Landsat 5TM*. Estes dados serviram, sobretudo, para a identificação das áreas com mais vegetação e, também, para a localização de determinados tipos de culturas na área de estudo (por exemplo, pomares de sabugueiro, olivais, entre outros).

4. Resultados

4.1.1. Ocupação do solo em 1984

A classificação da ocupação do solo obtida para 1984 (figura 2) permite distinguir dois grandes conjuntos consoantes a altitude do território: nas áreas mais elevadas (setor S da área de estudo) a ocupação predominante são os matos e a floresta, com pequenas áreas nos cabeços

Meneses, B. M. (2013): "Análise das alterações do uso e ocupação do solo no Vale do Varosa (Portugal) mediante imagens Landsat-TM e sua influência na conservação do solo.", *GeoFocus (Artículos)*, nº 13-1 , p. 270-290. ISSN: 1578-5157

xistentes (de forma arredondada) usadas para a cultura de cereais, enquanto nas áreas depressionárias (as designadas várzeas) predominam as culturas de regadio (por exemplo, milho, batata, etc.); nas áreas a N prevalecem as áreas agrícolas, com destaque para as vinhas, ocupação predominante de antigas quintas ainda existentes. Nas vertentes deste último setor, as áreas que se encontram mais afastadas do Rio Varosa eram usadas para culturas de sequeiro (essencialmente trigo e centeio). Aqui predominam os socalcos construídos pelo homem, onde se aproveitaram os blocos graníticos para a construção de muros de estabilização destas estruturas, por ser um material abundante nesta área.

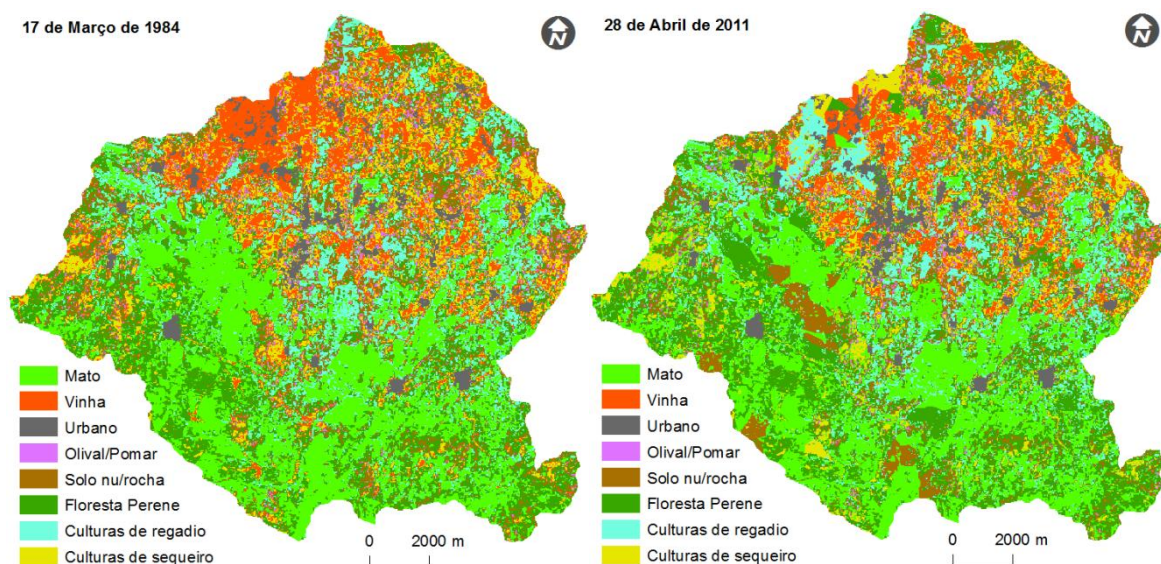


Figura 2. Ocupação do solo obtida a partir de imagens de satélite Landsat 5 TM. O mapa da esquerda resulta da classificação obtida a partir de imagens de 17 de Março de 1984 e o mapa da direita a partir classificação de imagens de 28 de Abril de 2011.

Nas áreas de fundo de vale por onde circula o Rio Varosa, e também a Ribeira de Tarouca, predominam as culturas de regadio (por exemplo, milho, batata, feijão, couves, etc.). Este tipo de culturas deve-se, sobretudo, à presença de solos bastante férteis (Fluvisolos dístricos órticos de aluviões) e à proximidade dos cursos de água, onde se utilizavam canais artificiais para levar a água até aos campos e posterior rega por gravidade. Nestas áreas havia a preocupação de se fazer a rotação de culturas em função da dimensão da exploração e a prática do pousio, uma forma de conservação do solo visto proporcionar o aumento da fertilidade, o aumento da matéria orgânica (fertilização com estrume) e também o fácil controlo de pragas, doenças e infestantes (MADRP, 1999). Devido à carência de recursos financeiros para o investimento na mecanização/tecnologia, a mobilização do solo para a sementeira era feita por arados puxados por animais e pela força do homem. Esta mobilização do solo fazia-se geralmente no sentido das curvas de nível e com uma profundidade relativamente reduzida, por exemplo, a necessária para fazer a sementeira.

Meneses, B. M. (2013): "Análise das alterações do uso e ocupação do solo no Vale do Varosa (Portugal) mediante imagens Landsat-TM e sua influência na conservação do solo.", *GeoFocus (Artículos)*, nº 13-1, p. 270-290. ISSN: 1578-5157

Quanto à ocupação urbana, destacam-se pequenos aglomerados no centro das aldeias e das vilas que compõem a área de estudo, com destaque para a maior ocupação junto ao Vale da Ribeira de Tarouca.

4.1.2. Ocupação do solo em 2011

Pela classificação da ocupação do solo obtida para 2011 (figura 2), verifica-se maior fragmentação da ocupação do território no setor N comparativamente a 1984. As vinhas têm menor dimensão e a sua área total é menor (quadro 2). Os olivais e pomares destacam-se ao longo do Vale do Varosa, solos ocupados anteriormente por culturas de regadio. No entanto, este tipo de ocupação não é o mais adequado para estas áreas, pois as áreas de maior aptidão à plantação de olivais, vinha e pomares são os solos de meia encosta (MADRP, 1999). A plantação dos novos olivais e pomares deve-se à instalação de novas empresas frutícolas, na década de 90 do século passado, nesta região e às campanhas e incentivos proporcionados por associações de agricultores desta região. Destas campanhas também resultaram grandes investimentos particulares em novas plantações de vinha e pomares de sabugueiro e macieiras, sistemas de rega e máquinas agrícolas. Algumas destas áreas passaram a ser de uso intensivo, pois também são utilizadas para plantar leguminosas no intervalo dos alinhamentos das plantações arbóreas (sistema de policultura).

No setor S, a instalação de depósitos de água e a escavação de pequenas "lagoas" permitiu o aproveitamento de algumas áreas agrícolas, anteriormente de sequeiro, para a instalação de culturas de regadio, porém as áreas florestais aumentaram neste setor, facto que se pode observar no mapa da figura 2. Algumas das áreas florestais e mato existentes em 1984 foram convertidas em agrícolas para a sementeira de herbáceas de forma a obter forragens ou pastagens para o sustento dos animais das grandes explorações agroindustriais que aqui se instalaram, sendo algumas destas explorações são em regime semi-extensivo, fator que proporciona a erosão dos solos devido ao constante pisoteio dos animais. Contudo, estas transições de uso e ocupação do solo não interferiram muito sobre a paisagem deste território, ao observar-se que área ocupada por florestas entre 1984 e 2011 aumentou (mais 1,5% na área total de estudo), sendo este facto mais visível no setor S correspondente à área xistenta.

A ocupação dos solos por floresta destaca-se na área de estudo (quadro 2), com realce para as áreas do setor montante do Rio Varosa junto à Serra de Santa Helena, áreas a N desta serra e para as áreas do setor jusante deste rio (áreas anteriormente cultivadas). Esta ocupação é composta maioritariamente por pinheiros bravos (*Pinus pinaster*), muitos deles agora no seu estado adulto, uma evidência do abandono dos campos agrícolas nas décadas de 70 e 80 do século passado. Aqui, os carvalhos (*Quercus pyrenaica*) também abundam. A S da serra tem-se assistido à conversão da floresta (composta maioritariamente por pinheiros) por plantações de eucaliptos (*Eucalyptus globulus*).

Meneses, B. M. (2013): "Análise das alterações do uso e ocupação do solo no Vale do Varosa (Portugal) mediante imagens Landsat-TM e sua influência na conservação do solo.", *GeoFocus (Artículos)*, nº 13-1, p. 270-290. ISSN: 1578-5157

Quadro 2. Estatística da área total das classes de ocupação do solo na área de estudo para o período 1984 - 2011.

Ocupação do solo	1984		2011		Δ 1984 - 2011	
	[ha]	[%]	[ha]	[%]	[ha]	[%]
Culturas de regadio (CR)	2944,43	14,07	2778,16	13,27	-166,28	-0,79
Culturas de sequeiro (CS)	2309,46	11,03	2302,65	11,00	-6,81	-0,03
Floresta Perene (FP)	4834,84	23,10	5148,21	24,60	313,36	1,50
Mato (M)	5352,04	25,57	4870,04	23,27	-482,00	-2,30
Olival/Pomar (OP)	781,99	3,74	772,69	3,69	-9,30	-0,04
Solo nu/rocha (SR)	2222,14	10,62	2602,49	12,43	380,36	1,82
Urbano (U)	644,57	3,08	747,47	3,57	102,90	0,49
Vinha (V)	1840,19	8,79	1707,96	8,16	-132,23	-0,63
TOTAL	20929,66	100	20929,66	100	----	----

Fte. Elaboração própria a partir da ocupação do solo obtida pelas imagens de satélite *Landsat 5 TM*.

As áreas urbanas aumentaram entre 1984 e 2011 (mais 102,9 ha). A crescente urbanização deve-se à melhoria das condições de vida desta população e, também, aos investimentos dos emigrantes, sobretudo na construção das suas habitações (Mendonça, 1999-2000). Geralmente são residências unifamiliares, construídas em terrenos amplos e de grandes dimensões, daí a dispersão das áreas urbanizadas. O maior crescimento evidencia-se na periferia da cidade de Tarouca e ao longo do Vale da Ribeira de Tarouca (localidades de Castanheiro do Ouro e Dalvares). Porém esta expansão urbana não foi planeada e ocupou-se (desordenadamente) os melhores solos agrícolas com construções. Segundo Mortberg *et al.* (2007), este tipo de ações requer a avaliação prévia de impactos ambientais a longo prazo.

4.2. Índice de vegetação por diferença normalizada

A variação espacial do NDVI de 1984 (figura 3) permite perceber que as áreas a N eram as mais usadas para a prática da agricultura, por apresentarem um índice de biomassa muito reduzido. Estes valores reduzidos devem-se à ocupação do solo com vinhas e olival (vegetação somente das árvores plantadas com a restante área sem qualquer tipo de cobertura vegetal). Nestas áreas predomina o minifúndio, geralmente com poucas espécies arbustivas, daí estes resultados. Já o fundo de vale do Varosa destaca-se com valores elevados de NDVI, devido ao tipo de culturas praticadas nestes solos mais férteis (Fluvisolos dístricos órticos de aluviões), com destaque para o milho e leguminosas, ou seja, plantas "verdes" com elevado poder de refletância e absorção pela clorofila (isto por ser o período em que há maior desenvolvimento vegetativo das plantas e pela abundância de água). Ao longo dos cursos de água também se destaca a presença de espécies arbustivas, como, por exemplo, os amieiros (*Alnus glutinosa*), podendo observar-se no mapa da figura 3 o índice mais elevado a denunciar o traçado dos mesmos (vegetação edafohigrófila). Na

Meneses, B. M. (2013): "Análise das alterações do uso e ocupação do solo no Vale do Varosa (Portugal) mediante imagens Landsat-TM e sua influência na conservação do solo.", *GeoFocus (Artículos)*, nº 13-1, p. 270-290. ISSN: 1578-5157

Serra de Santa Helena destacam-se as vertentes expostas a E e NE, com mais vegetação arbustiva devido ao efeito de abrigo aos ventos predominantes de NW. De destacar algumas áreas a SW com bastante vegetação coincidente com as designadas várzeas, solos utilizados essencialmente para a sementeira de herbáceas (pasto e forragens) e leguminosas.

Em 2011 o índice de vegetação é bastante elevado nas áreas mais a N e mais reduzido no setor sudoeste, principalmente na área da Serra de Santa Helena e também a S (figura 3). Esta redução deve-se às atividades antrópicas, sobretudo à desflorestação, mas também à perda da cobertura vegetal pela ocorrência de grandes incêndios. Já a N reflete-se o avanço da vegetação natural em consequência do abandono das áreas agrícolas, fator que justifica os valores de NDVI bastante elevados. As áreas onde se pode considerar que houve maior transição relativamente à ocupação do solo correspondem ao setor jusante do Vale do Varosa, passando de antigos campos cultivados (culturas de regadio) a floresta de carvalhos e pinheiros jovens.

Verificou-se no campo que os solos em bom estado de conservação correspondem às áreas ocupadas por vegetação perene (em boas condições fisiológicas), com diferentes espécies vegetais (biodiversidade vegetal), explicando assim, os valores mais elevados observados nos mapas de NDVI (figura 3). Nestes solos a mobilização é muito reduzida (ausência de manipulação mecânica), ou mesmo nula, fator que contribui para a melhoria da sua estrutura e para o aumento da infiltração, reduzindo assim a erosão hídrica.

Na Serra de Santa Helena os incêndios têm forte impacto na destruição do coberto vegetal, e consequentemente na degradação do solo, pois trata-se de uma área constantemente fustigada por estes eventos (reincidência) de onde resulta a perda total da vegetação, ficando o solo completamente desprotegido e exposto aos agentes erosivos proporcionando grandes perdas, sobretudo por erosão hídrica (Meneses, 2011a; Meneses e Sarmento, 2012). Estes eventos catastróficos são os que têm maior influência na modificação da paisagem da área de estudo pois são os responsáveis pela grande perda da floresta aqui existente, com maior destaque para a perda de pinhais. Os pinheiros são uma das espécies que não rebenta de toixa e, considerando a ocorrência de mais do que um incêndio num período relativamente curto, como é o caso da área em análise, não foi possível haver regeneração do coberto vegetal, principalmente por esta espécie arbórea.

Meneses, B. M. (2013): "Análise das alterações do uso e ocupação do solo no Vale do Varosa (Portugal) mediante imagens Landsat-TM e sua influência na conservação do solo.", *GeoFocus (Artículos)*, nº 13-1, p. 270-290. ISSN: 1578-5157

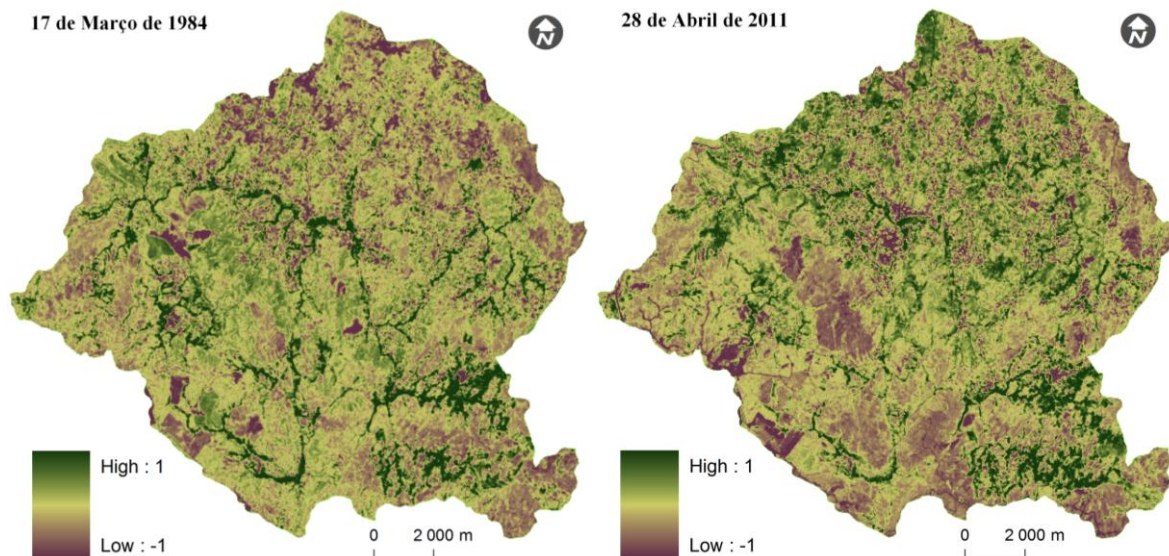


Figura 3. NDVI obtido a partir da imagem de satélite Landsat 5 TM. O mapa da esquerda representa o NDVI em 17 de Março de 1984 e o mapa da direita o NDVI em 28 de Abril de 2011.

5. Discussão

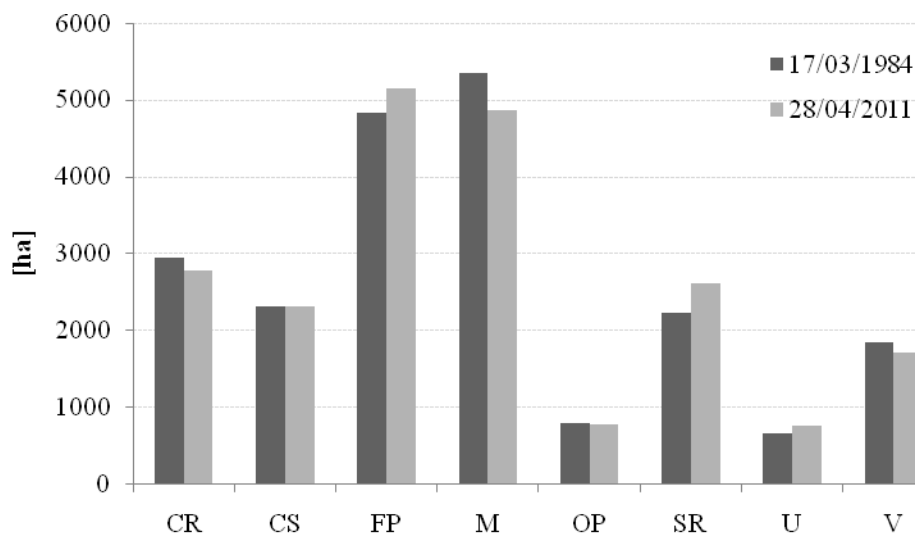
A variação do tipo de ocupação e uso do solo entre os dois anos em análise é bastante significativa. Nesta sobressai o aumento de áreas ocupadas por floresta, área urbana, solo nu ou rocha e a redução dos restantes tipos de ocupação em análise (figura 4).

O aumento das áreas urbanas verificou-se, sobretudo, ao longo das áreas com os solos mais férteis junto à Ribeira de Tarouca e na periferia da cidade de Tarouca. Esta impermeabilização dos solos e a sua compactação pela construção tem levado à degradação física dos mesmos.

A ocupação dos solos com vinha também reduziu ligeiramente, no entanto, verificou-se uma grande mudança relativamente à extensão da área ocupada por cada vinha (menor dimensão). Primeiramente predominava a ocupação de grandes superfícies de vinha ao longo das vertentes (quintas), áreas atualmente muito fragmentadas relativamente à ocupação do solo, havendo casos de conversão para outro tipo de ocupação (por exemplo, floresta, matos, pomares, entre outros). Grande parte das vinhas que aqui existe atualmente pertence a pequenos proprietários e são relativamente reduzidas. Algumas das áreas agrícolas nas vertentes do setor N resultam da construção de novos socacos para a plantação de novas vinhas, no entanto, esta regularização da vertente acaba por ser prejudicial na quantidade de solo perdido por erosão hídrica (figura 5), visto não se aplicar medidas de estabilização adequadas, nomeadamente, a construção de muros que evitem a perda de solo. Desta nova forma de exploração agrícola pode resultar também a contaminação das águas a jusante por se utilizarem muitos fertilizantes, tendo em conta a escorrência de água à superfície nestas vertentes de declive acentuado ($> 40^\circ$) e sem praticamente

Meneses, B. M. (2013): "Análise das alterações do uso e ocupação do solo no Vale do Varosa (Portugal) mediante imagens Landsat-TM e sua influência na conservação do solo.", *GeoFocus (Artículos)*, nº 13-1 , p. 270-290. ISSN: 1578-5157

vegetação que proteja o solo da erosão, fator que também tem influência na quantidade de água infiltrada. Dada a fácil mobilidade dos nitratos pela água da escorrência superficial, deve haver cuidados especiais na aplicação de fertilizantes nestes terrenos agrícolas adjacentes aos cursos de água (DRAEDM, 1999).



(CR - Culturas de regadio; CS - Culturas de sequeiro; FP - Floresta Perene; M - Mato; OP - Olival/Pomar; SR - Solo nu/rocha; U - Urbano; V - Vinha)

Figura 4. Área das classes de ocupação do solo na área de estudo em 1984 e 2011, obtida a partir da classificação não assistida das imagens de *Landsat 5 TM*.

Meneses, B. M. (2013): "Análise das alterações do uso e ocupação do solo no Vale do Varosa (Portugal) mediante imagens Landsat-TM e sua influência na conservação do solo.", *GeoFocus (Artículos)*, nº 13-1, p. 270-290. ISSN: 1578-5157



Figura 5. Vinha plantada recentemente numa vertente do Monte Raso (setor N da área de estudo), com indícios de erosão hídrica do solo.

Quanto à classificação obtida para os olivais e pomares, por se tratar de pixéis correspondentes a uma área de 900 m² (30x30 m) e admitindo que a área ocupada pela copa de uma oliveira adulta é sensivelmente de 9 m², no caso de haver apenas uma oliveira na área de incidência destes, a classificação obtida não será de olival porque será atribuído o valor da ocupação prevalecente na área correspondente ao pixel. Este facto pode induzir em erro a classificação obtida, devido à dispersão de árvores nestas áreas agrícolas. Contudo, verificou-se a redução de área ocupada por olivais e pomares, facto explicado pela conversão da ocupação do solo, com destaque para a perda de área para floresta, mato, urbano até ao ano de 2011 (quadro 3).

Também se observou que as atividades antrópicas (por exemplo, desflorestação), os incêndios e o sobrepastoreio que aqui se tem verificado têm contribuído para a degradação dos solos, principalmente no setor S da área de estudo, onde estas atividades e eventos têm maior incidência. Parte destas áreas ardidas integram o designado *cluster* "Solo nu/rocha", por não terem nenhuma vegetação. Estes eventos têm contribuído para a redução da área florestal, no entanto, verifica-se que este tipo de ocupação aumentou na área de estudo e deve-se, em grande parte, à transição dos solos ocupados com matos em 1984 darem lugar a florestas jovens de pinheiros e carvalhos (quadro 3). Na Serra de Santa Helena a regeneração do coberto vegetal após os incêndios torna-se difícil devido às condições climáticas, sobretudo nas vertentes expostas a NW, onde há maior incidência dos ventos provenientes desta direção, tornando difícil a fixação de espécies vegetais, com maior destaque para a vegetação climatófila e edafoxerófila. Segundo os resultados

Meneses, B. M. (2013): "Análise das alterações do uso e ocupação do solo no Vale do Varosa (Portugal) mediante imagens Landsat-TM e sua influência na conservação do solo.", *GeoFocus (Artículos)*, nº 13-1, p. 270-290. ISSN: 1578-5157

obtidos pela Equação Universal de Perda de Solo apresentados por Meneses (2011a), nas vertentes desta serra é onde se estima haver maior perda anual de solo por erosão hídrica.

Quadro 3. Área (ha) resultante do cruzamento entre as classes de ocupação do solo obtidas a partir da classificação das imagens Landsat 5TM de 1984 e 2011 (transição da ocupação do solo).

2011 1984	Culturas regadio	Culturas sequeiro	Floresta Perene	Mato	Olival/ Pomar	Solo nu/rocha	Urbano	Vinha	TOTAL
Culturas regadio	2772,71	0,54	46,96	79,06	0,06	1,04	43,56	0,51	2944,43
Culturas sequeiro	1,84	2219,39	47,00	10,41	1,44	3,98	22,38	3,01	2309,46
Floresta Perene	0,54	6,53	4696,25	50,82	0,27	72,66	7,06	0,72	4834,84
Mato	0,45	30,65	281,40	4695,25	0,27	341,00	2,40	0,62	5352,04
Olival/ Pomar	0,27	0,36	3,51	2,16	768,87	0,42	5,59	0,81	781,99
Solo nu/rocha	0,29	1,17	12,36	1,31	0,27	2182,68	19,96	4,09	2222,14
Urbano	0,09	0,18	0,12	0,06	0,15	0,72	643,20	0,06	644,57
Vinha	1,96	43,83	60,62	30,97	1,35	0,00	3,32	1698,14	1840,19
TOTAL	2778,16	2302,65	5148,21	4870,04	772,69	2602,49	747,47	1707,96	20929,66

Fte. Elaboração própria a partir da classificação da ocupação do solo obtida pelas imagens de satélite Landsat 5 TM.

A área dos restantes tipos de ocupação do solo reduziu, sobretudo a área ocupada por culturas de regadio nas designadas várzeas e no fundo do Vale do Varosa, e as áreas de culturas de sequeiro, evidenciando-se esta última no setor N. Porém, verificou-se no setor S da área de estudo que os solos foram desflorestados para a prática da agricultura. Esta reconversão da ocupação do solo tem repercussões, por exemplo, após a colheita dos cereais, verificou-se que os solos são deixados sem qualquer proteção durante o período em que a precipitação é mais intensa, fator que proporciona a sua degradação, nomeadamente perda por erosão hídrica.

Em 2011 verificou-se a redução da área ocupada por culturas de regadio (menos 166,28 ha face ao ano de 1984), destacando-se atualmente a presença destas culturas nos solos do Vale do Varosa (Fluvisolos dístricos órticos) e em pequenas parcelas no setor S da área de estudo (Cambissolos úmbricos órticos). Como referido, só é possível ter estas culturas de regadio nestas áreas devido ao armazenamento de água em grandes depósitos aqui construídos e à escavação de pequenas "lagoas", água utilizada durante o período de menor precipitação. No entanto, estes solos são constantemente mobilizados por máquinas agrícolas sem considerar práticas de conservação do mesmo (por exemplo, lavra aleatória face às curvas de nível), fator que prepondera a sua perda. Parte destas culturas estão adaptadas à nova tecnologia (por exemplo, rega automática), mas ainda há campos agrícolas onde se praticam técnicas tradicionais (por exemplo, rega por gravidade, mobilização manual do solo, rotação de culturas, etc.). Estas últimas têm contribuído para que a paisagem de alguns setores deste vale não se tenha alterado.

Meneses, B. M. (2013): "Análise das alterações do uso e ocupação do solo no Vale do Varosa (Portugal) mediante imagens Landsat-TM e sua influência na conservação do solo.", *GeoFocus (Artículos)*, nº 13-1 , p. 270-290. ISSN: 1578-5157

Através do cruzamento dos mapas de ocupação do solo dos dois anos em análise no *software ArcGIS 9.3*, verificou-se a transição de 47 ha de solo utilizado para o cultivo de cereais em 1984 para floresta até 2011. Nos matos verificou-se o avanço sobre as áreas de vinha (30,97 ha), solos de culturas de regadio e sequeiro (79,06 e 10,41 ha, respetivamente) e áreas florestais (50,82 ha). Estas evidências revelam a perda de áreas agrícolas, por exemplo, o abandono destes solos, conforme se pode observar no quadro 2, onde todas as classes de uso e ocupação do solo respeitantes à agricultura apresentam decréscimo de área. Também se verificou a expansão de áreas urbanizadas sobre os solos agrícolas, principalmente sobre solos ocupados por culturas de regadio e sequeiro (quadro 3).

Estas metodologias permitiram perceber as grandes mudanças na ocupação do solo (espácio-temporal) e a sua quantificação, verificando-se através de resultados de outros trabalhos (por exemplo, Meneses, 2011a) que as áreas onde ocorreram estas grandes mudanças são as que apresentam maior potencialidade de perda de solo por erosão hídrica. Em suma, estas metodologias são um contributo para o desenvolvimento de cartografia temática de forma simplificada por técnicos que trabalham sobre estes temas.

6. Conclusão

A paisagem atual do Vale do Varosa é o resultado de grandes mudanças no uso e ocupação do solo nas últimas décadas. No setor N estas alterações resultam do abandono de áreas agrícolas, com maior impacto a jusante do vale, onde as espécies florestais invadiram os solos agrícolas, como é o caso dos pinheiros bravos (pinhais jovens) e arbustos (por exemplo, giestas e o tojo), daí os valores elevados de NDVI em 2011. Esta cobertura vegetal e a ausência de práticas agrícolas (fator antrópico) têm contribuído para a conservação destes solos. Por outro lado, os fatores que mais contribuíram para a alteração da paisagem foram a expansão de áreas urbanizadas em detrimento da área agrícola e, também, a ocorrência de consecutivos incêndios florestais, sendo estes os eventos responsáveis pelas alterações mais significativas da paisagem florestal que caracterizava a Serra de Santa Helena.

Pelas técnicas usadas na classificação do uso e cobertura do solo verificaram-se grandes mudanças no Vale do Varosa, fator que contribuiu para a alteração da paisagem característica desta área na década de 80 do século passado. Os SIG e a Detecção Remota revelaram-se importantes ferramentas para a quantificação ou medição destas alterações na paisagem, permitindo saber através dos métodos simplificados aqui apresentados quais as áreas prioritárias para se intervir, sobretudo ao nível da conservação do solo. Esta intervenção pode passar pela elaboração de diretrizes que se revejam em ações de planeamento e ordenamento do território.

Meneses, B. M. (2013): "Análise das alterações do uso e ocupação do solo no Vale do Varosa (Portugal) mediante imagens Landsat-TM e sua influência na conservação do solo.", *GeoFocus (Artículos)*, nº 13-1, p. 270-290. ISSN: 1578-5157

Agradecimentos

Agradeço ao Prof. Dr. Luís Santos Pereira do CEER (Biosystems Engineering - Instituto Superior de Agronomia, UTL) as sugestões para a quantificação das mudanças da paisagem.

Referências bibliográficas

Ahrens, H. e Kantelhardt, J. (2009): "Accounting for farmers' production responses to environmental restrictions within landscape planning", *Land Use Policy*, 26, pp. 925-934.

Andriessen, F. (1990): "Special issue landscape and urban planning: Changing agricultural landscapes in Europe", *Landscape and Urban Planning*, 18, pp. 179-180.

Andrieu, E.; Ladet, S.; Heintz, W. e Deconchat, M. (2011): "History and spatial complexity of deforestation and logging in small private forests", *Landscape and Urban Planning*, 103, pp. 109-117.

Antrop, M. (1998): "Landscape change: Plan or chaos?", *Landscape and Urban Planning*, 41, pp. 155-161.

Antrop, M. e Eetvelde, V. (2000): "Holistic aspects of suburban landscapes: visual image interpretation and landscape metrics", *Landscape and Urban Planning*, 50, pp. 43-58.

Asis, A. e Omassa, K. (2007): "Estimation of vegetation parameter for modeling soil erosion using linear Spectral Mixture Analysis of Landsat ETM data", *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing*, 62, pp. 309-324.

Ayad, Y. (2005): "Remote sensing and GIS in modeling visual landscape change: a case study of the northwestern arid coast of Egypt", *Landscape and Urban Planning*, 73, pp. 307-325.

Baker, W.; Egbert, S. e Frazier, G. (1991): "A spatial model for studying the effects of climatic change on the structure of landscapes subject to large disturbances", *Ecological Modelling*, 56, pp. 109-125.

Belward, A. e Valenzuela, C. (1990): "Spectral characteristics of vegetation, soil and water in the visible, near-infrared and middle-infrared wavelengths", *Remote sensing and Geographical Information Systems for resource management in developing countries*, 1, Kluwer Academic Publishers, pp. 31-53.

Bermúdez, F.; Ruiz, J.; Diaz, M.; Flãno, P.; Fernandez, J. e Lasanta, T. (1993): *Medidas de flujos de agua y sedimentos en parcelas experimentales*. Cuadernos Técnicos de la SEC, N.º 6, Sociedad Española de Geomorfología, Geoforma Ediciones, España.

Blaschke, T. (2010): "Object based image analysis for remote sensing", *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 65, pp. 2-16.

Bryan, B. (2003): "Physical environmental modeling, visualization and query for supporting landscape planning decisions", *Landscape and Urban Planning*, 65, pp. 237-259.

Meneses, B. M. (2013): "Análise das alterações do uso e ocupação do solo no Vale do Varosa (Portugal) mediante imagens Landsat-TM e sua influência na conservação do solo.", *GeoFocus (Artículos)*, nº 13-1, p. 270-290. ISSN: 1578-5157

Cohen, W. e Goward, S. (2004): Landsat's role in ecological applications of remote sensing. *Bioscience*, 54, pp. 535-545.

Congalton, R. e Green, K. (2009): *Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practices*. 2nd Edition. CRC/Taylor & Francis, Boca Raton, FL, 183p.

Crumley, C. (1994): "Historical ecology: a multidimensional ecological orientation". In: Crumley, C. (Ed.): *Historical Ecology: Cultural Knowledge and Changing Landscapes*. School of American Research Press, Santa Fe, NM, pp. 1-16.

DRAEDM (1999): *Código de boas práticas agrícolas para a protecção da água*. Direcção Regional de Agricultura de Entre-Douro e Minho, Braga.

Ferreira, D. (2001): "Evolução da Paisagem de Montado no Alentejo Interior ao Longo do Século XX: Dinâmica e Incidências ambientais", *Finisterra*, XXXVI, 72, pp. 179-193.

Ferreira, N. e Sousa, M. (1994): *Notícia Explicativa da Folha 14-B – Moimenta da Beira*. Instituto Geológico e Mineiro, Lisboa.

Guzzetti, F.; Mondini, A.; Cardinali, M.; Fiorucci, F.; Santangelo, M. e Chang, K. (2012): "Landslide inventory maps: New tools for an old problem", *Earth-Science Reviews*, 112, pp. 42-66.

Halder, A.; Ghosh, A. e Ghosh, S. (2011): "Supervised and unsupervised landuse map generation from remotely sensed images using ant based systems", *Applied Soft Computing*, 11, pp. 5770-5781.

Jain, S. e Goel, M. (2002): "Assessing the vulnerability to soil erosion of the Ukai Dam catchments using remote sensing and GIS", *Hydrological Sciences – Journal des Sciences Hydrologiques*, 47, pp. 31-40.

Jiang, L.; Deng, X. e Seto, K. (2012): "Multi-level modeling of urban expansion and cultivated land conversion for urban hotspot counties in China", *Landscape and Urban Planning*, 108, pp. 131-139.

Jiang, Z.; Huete, A.; Chen, J.; Chen, Y.; Li, J.; Yan, G. e Zhang, X. (2006): "Analysis of NDVI and scaled difference vegetation index retrievals of vegetation fraction", *Remote Sensing of Environment*, 101 (3), pp. 366-378.

Julien, Y. e Sobrino, J. (2009): "The Yearly Land Cover Dynamics (YLCD) method: An analysis of global vegetation from NDVI and LST parameters", *Remote Sensing of Environment*, 113, pp. 329-334.

Keane, R.; Holsinger, L.; Parsons, R. e Gray, K. (2008): "Climate change effects on historical range and variability of two large landscapes in western Montana, USA", *Forest Ecology and Management*, 254, pp. 375-389.

Kennedy, R.; Townsend, P.; Gross, J.; Cohen, W.; Bolstad, P.; Wang, Y. e Adams, P. (2009): "Remote sensing change detection tools for natural resource managers: Understanding concepts and tradeoffs in the design of landscape monitoring projects", *Remote Sensing of Environment*, 113, pp. 1382-1396.

Meneses, B. M. (2013): “Análise das alterações do uso e ocupação do solo no Vale do Varosa (Portugal) mediante imagens Landsat-TM e sua influência na conservação do solo.”, *GeoFocus (Artículos)*, nº 13-1 , p. 270-290. ISSN: 1578-5157

Kilgore, M.; Snyder, S.; Block-Torgerson, K. e Taff, S. (2012): “Challenges in characterizing a parcelized forest landscape: Why metric, scale, threshold, and definitions matter”, *Landscape and Urban Planning*, In Press, Corrected Proof.

Kolios, S. e Stylios, C. (2013): Identification of land cover/land use changes in the greater area of the Preveza peninsula in Greece using Landsat satellite data. *Applied Geography* , 40, pp. 150-160.

Leitão, A. e Ahern, J. (2002): “Applying landscape ecological concepts and metrics in sustainable landscape planning”, *Landscape and Urban Planning*, 59, pp. 65-93.

Li, Y.; Zhu, X.; Sun, X. e Wang, F. (2010): “Landscape effects of environmental impact on bay-area wetlands under rapid urban expansion and development policy: A case study of Lianyungang, China”, *Landscape and Urban Planning*, 94, pp. 218-227.

López-Sáez, J.; González, A.; Merino, L.; Zapata, M.; Valiño, M.; Díaz, S.; Valdeolmillos, A. e Burjachs, F. (2009): “Landscape and climatic changes during the end of the Late Prehistory in the Amblés Valley (Ávila, central Spain), from 1200 to 400 cal BC”, *Quaternary International*, 200, pp. 90-101.

MADRP (1999): *Conservação dos Solo e da Água. Manual de Boas Práticas*. Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas, INGA.

Mander, Ü.; Kull, A.; Tamm, V.; Kuusemets, V. e Karjus, R. (1998): “Impact of climatic fluctuations and land use change on runoff and nutrient losses in rural landscapes”, *Landscape and Urban Planning*, 41, pp. 229-238.

Marcucci, D. (2000): “Landscape history as a planning tool”, *Landscape and Urban Planning*, 49, pp. 67-81.

Martínez, S.; Ramil, P. e Chuvieco, E. (2010): “Monitoring loss of biodiversity in cultural landscapes. New methodology based on satellite data”, *Landscape and Urban Planning*, 94, pp. 127-140.

Mendonça, J. (1999-2000): “Transformações socioeconómicas recentes no concelho de Tarouca”, *Revista da Faculdade de Letras – Geografia*, I Série, Vol. XV/XVI, Porto, pp. 145 – 159.

Meneses, B. M. (2011a): *Erosão Hídrica do Solo. Caso de Estudo do Concelho de Tarouca*. Dissertação de Mestrado apresentada à Faculdade de Ciências Sociais e Humanas da Universidade Nova de Lisboa.

Meneses, B. M. (2011b): *Susceptibilidade e Risco de Movimentos de vertente no Concelho de Tarouca*. Dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto de Geografia e Ordenamento do Território da Universidade de Lisboa.

Meneses, B. M. (2012): “Influência das práticas agrícolas e da cobertura vegetal na variação da erosão hídrica do solo - Comparação entre a erosão hídrica observada e a erosão hídrica real estimada pela EUPS”, *Livro de resumos do III Encontro de Sistemas de Informação Geográfica - Aplicação SIG em Recursos Agro-Florestais e Ambiente*, IPCB, Castelo Branco, pp. 80-81.

Meneses, B. M. (2013): “Análise das alterações do uso e ocupação do solo no Vale do Varosa (Portugal) mediante imagens Landsat-TM e sua influência na conservação do solo.”, *GeoFocus (Artículos)*, nº 13-1 , p. 270-290. ISSN: 1578-5157

Meneses, B. M. e Sarmento, H. (2012): “Avaliação da distribuição espacial de incêndios florestais no Concelho de Tarouca”. *Livro de resumos do III Encontro de Sistemas de Informação Geográfica - Aplicação SIG em Recursos Agro-Florestais e Ambiente*, IPCB, Castelo Branco, pp. 39-40.

Meneses, B. M. e Zêzere, J. (2011): “Modelação e validação da susceptibilidade a movimentos de vertente no Município de Tarouca”. *Livro de actas do VIII Congresso da Geografia Portuguesa*, Lisboa, pp. 1-6.

Molchanov, A. (1963): *Hidrologia Florestal*. Versão traduzida por REGO, Z., Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, pp. 9-20.

Montandon, L. e Small, E. (2008): “The impact of soil reflectance on the quantification of the green vegetation fraction from NDVI”, *Remote Sensing of Environment*, 112, pp. 1835-1845.

Moreira, F.; Fernandes, P.; Silva, J.; Pinho, J. e Bugalho, M. (2010): “Princípios de gestão para minimizar impactos de incêndios florestais”, in Moreira, F., Catry, F., Silva, J., Rego, F. (Ed.): *Ecologia do fogo e gestão de áreas ardidas*. Lisboa, ISA Press, pp.141-165.

Morgan, R. P. (2005). *Soil Erosion and Conservation*., National Soil Resources Institute, Cranfield University, Blackwell Publishing. Third edition

Mortberg, U.; Balfors, B. e Knol, W. (2007), “Landscape ecological assessment: A tool for integrating biodiversity issues in strategic environmental assessment and planning”, *Journal of Environmental Management*, 82, pp. 457-470.

Mulligan, M. (1998): “Modelling the geomorphological impact of climatic variability and extreme events in a semi-arid environment”, *Geomorphology*, 24, pp. 59-78.

Nassauer, J. I. (1995): “Culture and changing landscape structure”, *Landscape Ecology*, 10, pp. 229-237.

Pedlowski, M.; Dale, V.; Matricardi, E. e Filho, E. (1997): “Patterns and impacts of deforestation in Rondônia, Brazil”, *Landscape and Urban Planning*, 38, pp.149-157.

Pereira, L.; Cordery, I. e Iacovides, I. (2002): *Coping with Water Scarcity*. International Hydrological Programme, Technical Documents in Hydrology, Nº58, UNESCO, Paris.

Pettit, C.; Raymond, C.; Bryanc, B. e Lewis, H. (2011): “Identifying strengths and weaknesses of landscape visualisation for effective communication of future alternatives”, *Landscape and Urban Planning*, 100, pp. 231-241.

Pettorelli, N.; Vik, J.; Mysterud, A.; Gaillard, J.; Tucker, C. e Stenseth, N. (2005): “Using the satellite-derived NDVI to assess ecological responses to environmental change”, *Trends in Ecology and Evolution*, 20, pp. 503-509.

Poças, I.; Cunha, M. e Pereira, L. (2011): “Remote sensing based indicators of changes in a mountain rural landscape of Northeast Portugal”, *Applied Geography*, 31, pp. 871- 880.

Poças, I.; Cunha, M.; Marçal, A. R. e Pereira, L. (2011): “An evaluation of changes in a mountainous rural landscape of Northeast Portugal using remotely sensed data”, *Landscape and Urban Planning*, 101, pp. 253-261.

Meneses, B. M. (2013): "Análise das alterações do uso e ocupação do solo no Vale do Varosa (Portugal) mediante imagens Landsat-TM e sua influência na conservação do solo.", *GeoFocus (Artículos)*, nº 13-1, p. 270-290. ISSN: 1578-5157

Rescia, A.; Willaarts, B.; Schmitz, M. e Aguilera, P. (2010): "Changes in land uses and management in two Nature Reserves in Spain: Evaluating the social-ecological resilience of cultural landscapes", *Landscape and Urban Planning*, 98, pp. 26-35.

Riebe, C.; Kirchner, J. e Finkel, R. (2004): "Erosional and climatic effects on long-term chemical weathering rates in granitic landscapes spanning diverse climate regimes". *Earth and Planetary Science Letters*, 224, pp. 547-562.

Rocchini, D. (2007): Effects of spatial and spectral resolution in estimating ecosystem α -diversity by satellite imagery. *Remote Sensing of Environment*, 111, pp. 423-434.

Roxo, M. (1994): *A acção antrópica na degradação de solos. A Serra de Serpa e de Mértola*. Tese de Doutoramento apresentada à Universidade Nova de Lisboa.

Serra, P.; Pons, X. e Saurí, D. (2008): "Land-cover and land-use change in a Mediterranean landscape: A spatial analysis of driving forces integrating biophysical and human factors", *Applied Geography*, 28, pp. 189-209.

Southworth, J.; Munroe, D. e Nagendra, H. (2004): "Land cover change and landscape fragmentation-comparing the utility of continuous and discrete analyses for a western Honduras region", *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 101, pp. 185-205.

Sundell-Turner, N. e Rodewald, A. (2008): "A comparison of landscape metrics for conservation planning", *Landscape and Urban Planning*, 86, pp. 219-225.

Trishchenko, A.; Cihlar, J. e Li, Z. (2002): Effects of spectral response function on surface reflectance and NDVI measured with moderate resolution satellite sensors. *Remote Sensing of Environment*, 81, pp. 1-18.

Turner, B.; Clark, W.; Kates, R.; Richards, J.; Mathews, J. e Meyer, W. (1990): "The earth as transformed by human action", In Turner II, B.L. (Ed.), *Global and Regional Changes in the Biosphere over the Past 300 Years*, Cambridge University Press, Cambridge.

Wang, H.; He, Q.; Liu, X.; Zhuang, Y. e Hong, S. (2012): "Global urbanization research from 1991 to 2009: A systematic research review", *Landscape and Urban Planning*, 104, pp. 299-309.

Wulder, M.; White, J.; Goward, S.; Masek, J.; Irons, J.; Herold, M.; Cohen, W.; Loveland, T. e Woodcock, C. (2008): Landsat continuity: Issues and opportunities for land cover monitoring. *Remote Sensing of Environment*, 112, pp. 955-969.

Zhu, Z.; Woodcock, C. e Olofsson, P. (2012): "Continuous monitoring of forest disturbance using all available Landsat imagery", *Remote Sensing of Environment*, In Press, Corrected Proof.