

# **PAISAGEM TRANSFIGURADA: ANÁLISE QUALITATIVA E QUANTITATIVA DA BACIA HIDROGRÁFICA DA RIBEIRA DE COLARES**

Ana Lavrador<sup>1</sup> e Jorge Rocha<sup>2</sup>

<sup>1</sup> e-GEO - Centro de Estudos de Geografia e Planeamento Regional, Faculdade de Ciências Sociais e Humanas – Universidade Nova de Lisboa, Avenida de Berna, 26-C, 1069 – 061 Lisboa, tel.: 217933519, fax: 217977759, e-mail: ana.lavrador@fcsh.unl.pt

<sup>2</sup> Centro de Estudos Geográficos – Faculdade de Letras – Universidade de Lisboa, Alameda da Universidade, 1600 – 214 Lisboa, tel.: 217940218, fax: 217938690, e-mail: jrocha@fl.ul.pt

**Palavras-Chave:** Unidades de Paisagem, Análise de *Clusters*, SIG.

## **Resumo**

Os processos de classificação são um importante contributo para o ordenamento e gestão das paisagens. Estas últimas integram valores ambientais e estético-culturais que as tornam um precioso recurso, quer na procura da sustentabilidade dos sistemas naturais, quer na melhoria do bem-estar e da qualidade de vida humanos. A metodologia seguida neste artigo assenta numa investigação integrada da paisagem da bacia hidrográfica da Ribeira de Colares, nas suas diferentes valências geográficas. Apresentam-se dois tipos de classificação, uma qualitativa e outra assente em pressupostos estatísticos, ambas representadas por unidades de paisagem. Pretendeu-se actualizar a informação geográfica para as paisagens em avaliação e confrontar os resultados obtidos nas duas metodologias de investigação. Considera-se que a actualização e a monitorização são estruturantes das nas acções de planeamento.

## **1. Introdução**

Este artigo confronta duas classificações da paisagem da bacia hidrográfica da Ribeira de Colares, uma de carácter qualitativo e outra assente em pressupostos estatísticos. Ambas utilizam os SIG, embora na segunda essa ferramenta seja também utilizada como base de investigação.

As duas classificações das paisagens pressupõem a interacção de componentes físicos e da acção humana, sintetizada em unidades de paisagem. Na classificação qualitativa, as unidades de paisagem encontradas foram suporte de um estudo de percepção estética, ambiental e do risco de cheia, de residentes e utentes desse território.

Nos dois tipos de avaliação pretendeu-se desenvolver uma investigação integrada da paisagem, nas suas diferentes valências. Os estudos integrados são uma prática metodológica de elevado significado na procura da sustentabilidade dos sistemas naturais e humanos, preconizada no ordenamento e na gestão territorial. Por seu lado, a paisagem é um conceito estratégico: multifacetado e integrador, aliando componentes biofísicas, sócio-económicas e estético-culturais; sistémico, ao articular escalas locais e regionais. Este binómio permite identificar valores e fragilidades de espaços concretos, informações úteis às acções de planeamento e à sua monitorização. Orienta a transformação futura dos lugares, a partir do desenho de possíveis cenários paisagísticos, de preferência moderados pela participação combinada dos técnicos e do público.

A bacia hidrográfica da Ribeira de Colares (Sintra/Lisboa) é um território periurbano que possui paisagens que se encontram em rápida mutação. Apesar da pequena extensão (52,01 km<sup>2</sup>), as suas paisagens são excepcionais ao nível local e regional, com destaque para a vertente norte da serra de Sintra e corredor fluvial e várzeas da Ribeira de Colares, com foz na Praia das Maçãs. O reconhecimento do elevado valor económico, cultural e paisagístico deste território, bem como a sua fragilidade relativamente a cheias rápidas, conduz à necessidade da sua preservação. Neste sentido, a quase totalidade da bacia hidrográfica está integrada dentro dos limites da Área Protegida de Sintra-Cascais (Dec. Lei nº 292/81), reclassificada posteriormente como Parque Natural Sintra-Cascais (Dec. Lei nº 19/93). Apesar dessa protecção legal, o forte crescimento demográfico das três últimas décadas aumenta a vulnerabilidade das áreas ambientalmente mais frágeis.

Dentro deste quadro ambiental, a determinação de unidades de paisagem, suportada em SIG, é uma metodologia sintética e expedita de avaliação, pois permite a identificação de fisionomias e funcionamentos específicos, localizáveis num determinado espaço-tempo, logo, cartografáveis. Essa delimitação é, porém, sempre artificial, uma vez que se está a privilegiar a homogeneidade dos elementos visíveis de uma estrutura paisagística, a qual é, por

definição, mais abrangente, ilimitável e mutante. Para ir ao encontro dessa transitoriedade, realizou-se uma reavaliação das grandes unidades de paisagem identificadas. Este procedimento completa e actualiza a classificação inicialmente efectuada, na qual a estrutura física do território prevaleceu na identificação das unidades paisagísticas. Pretende-se confirmar se a crescente ocupação urbana dos últimos anos permite atenuar os traços físicos prevalecentes e redesenhar novas unidades, de acordo com as tendências definidas.

## **2. A importância dos SIG e das técnicas estatísticas na individualização de unidades de paisagem**

O estudo da paisagem, enquanto expressão visível da relação dos humanos com o meio, é hoje um domínio transversal a diferentes ciências, com destaque para a Ecologia da Paisagem, Arquitectura Paisagística e Geografia. A aplicabilidade destes estudos ao planeamento, à conservação dos sistemas naturais e artificializados e à gestão do território pressupõe o desenvolvimento de métodos de análise expeditos. Nesse sentido, destacam-se os ecologistas Forman e Gordon (1986) ao individualizar na paisagem (Structure) três tipos de elementos: Patches (manchas, parcelas, áreas, polígonos), Corridor (corredores, linhas) e Matrix (matriz, grelha), com implicações distintas do ponto de vista ecológico e visual.

Do ponto de vista da geografia, o conceito de “área-unidade” está subjacente a todo o processo de análise geográfica, sendo tido como uma partição do espaço, definida em função do objecto de estudo e da escala de trabalho. Do ponto de vista computacional, este conceito de “unidade-área” é equivalente ao de “unidade de paisagem” (Tricart, 1978) e land-unit (Zonneveld, 1979), sendo todos baseados na delimitação de unidades homogéneas. A repartição do espaço em áreas homogéneas, permite relacionar, para cada uma destas áreas, os correspondentes *layers* (níveis) de informação que a individualizam em relação a todas as demais - as características de determinada área são definidas pela integração das diferentes variáveis geográficas - constituindo desta forma um sistema de classificação e organização do espaço. A representação computacional da “unidade de área” traduz-se num polígono, obtido através, quer da delimitação manual de classes, quer através do cruzamento (análise espacial) dos diversos níveis de informação disponíveis. Efectivamente, a actual geração de SIG, através das suas funcionalidades de pesquisa (espacial e não espacial), pode aferir, praticamente sem limitações, as relações (inter e intra) que definem as diversas unidades-área.

Já em 1936, Hartshorne procurava constituir uma sólida base teórica sustentada no conceito da “unidade” territorial, definindo uma geografia dedicada ao “estudo de fenómenos individuais”, na qual a “preocupação com o único” não está limitada ao fenómeno mas também se aplica às relações entre os fenómenos” (Hartshorne, 1936).

Mais recentemente, em resposta às críticas que eram dirigidas à geografia “tradicional”, a Geografia Quantitativa (também designada de Nova Geografia) passou a utilizar teorias provenientes de outros campos da ciência (Christofolletti, 1985), adaptando à geografia, por exemplo, o método hipótetico-dedutivo característico das ciências naturais, recorrendo para tal aos paradigmas de generalização e refutação já sobejamente conhecidos e utilizados em ciências como a Biologia, a Química e a Física (Harvey, 1969). A lógica subjacente a esta abordagem é a de que a realidade, embora simplificada, pode ser “capturada” e modelada através de conceitos lógicos e matemáticos. Através do estudo e análise dos fenómenos geográficos e recorrendo a teorias científicas, é possível proceder à sua explicação, utilizando para tal métodos passíveis de experimentação e consequentemente, de refutação (Popper, 1975).

Prosseguindo esta linha de pensamento, é imperioso construir modelos que permitam analisar, validar, modelar e, em última análise, simular os (eco)sistemas geográficos. Estes modelos empíricos podem (e devem) ser verificados e validados com recurso a dados de campo e técnicas estatísticas (Chorley e Haggett, 1967). Neste contexto, o estudo dos padrões de distribuição espacial (representados por pontos, linhas, áreas ou matrizes que traduzem estruturas espaciais) passa a constituir a base dos estudos espaço-quantitativos. Deste modo, deduz-se com facilidade que a Geografia Quantitativa coloca grande ênfase na Geoestatística (ou estatística espacial), na análise espacial e na simulação/modelação (Bailey e Gattrel, 1995), seja na modelação de recursos naturais (Goovaerts, 1997) ou na análise espacial de fenómenos sócio-económicos (Anselin, 1988; Getis e Ord, 1996). Em termos latos, pode-se afirmar que a forma privilegiada de representação associada à Geografia Quantitativa são as superfícies, que em termos informáticos correspondem a matrizes e malhas triangulares. As superfícies podem ser interpoladas a partir de amostras, com o uso de procedimentos geoestatísticos como a krigagem, aos quais se podem associar medidas de incerteza, e/ou “dissolvendo” os limites poligonais que correspondem às unidades-área (conversão vectorial – matricial). Desta particular abordagem, sobressaem as ideias de autocorrelação espacial

(Goodchild, 1988), de que são exemplo os índices de Moran e Geary (Bailey and Gatrell, 1995), como expressão básica da dependência entre observações no espaço em regiões vizinhas e a de processo estacionário, o qual advoga que as relações entre as medidas são função da distância.

Com o advento e consolidação da escola quantitativa, a geografia passa a incorporar, de forma intrínseca, o computador como ferramenta de análise. Neste sentido, o aparecimento, em meados da década de 70, dos primeiros sistemas de informação geográfica (SIG), contribuiu para a grande implementação desta linha de pensamento. Ainda hoje, nos países anglo-saxónicos, nos quais a geografia quantitativa é a visão dominante, os SIG são considerados o futuro da geografia, como indica o recente estudo da “National Academy of Sciences” (NRC, 1997). Esta visão permite uma análise da paisagem (e não só) de forma integradora, tanto numa perspectiva vertical como horizontal. No primeiro caso destam-se as capacidades de análise espacial, que possibilitam o cruzamento de diversos níveis de informação como se constituíssem diferentes formas de “ver” a paisagem, e/ou elementos, que isolados ou em interação, servem de alguma forma para estabelecer os traços que definem determinada paisagem. No segundo caso, estudam-se os padrões espaciais da paisagem tendo em consideração a envolvência (informação de contexto), ou seja tenta-se identificar a matriz que está por detrás da paisagem, num paralelismo, um pouco abusivo, do processo que medeia a captação da imagem pelo olho humana e a interpretação por parte do cérebro da informação captada.

A análise de padrões espaciais de uma paisagem, ou a ecologia da paisagem, são frequentemente divididos em três componentes (Chuvieco, 1999): (1) padrões da paisagem; (2) funções da paisagem e (3) alterações da paisagem. Este estudo, incide principalmente nos pontos (1) e (3) que são posteriormente utilizados para inferir os parâmetros relativos a (2). A análise espacial quantitativa é uma forma bastante válida de analisar as relações ecológicas inseridas no contexto de determinada paisagem (Pino et al, 2000; Turner, 1990). Torna-se assim importante, calcular diversos índices de paisagem de modo a avaliar a fragmentação da paisagem e a sua susceptibilidade à mudança. Por outro lado, a integração de informação relativa à estrutura da paisagem em SIG, é essencial para compreender os processos de (des)caracterização de uma paisagem (Chuvieco, 1999; Duncan et al, 1999; Peralta e Mather, 2000; Zaizhi, 2000). Tendo como referência os trabalhos de Turner, 1989; Murphy, 1985;

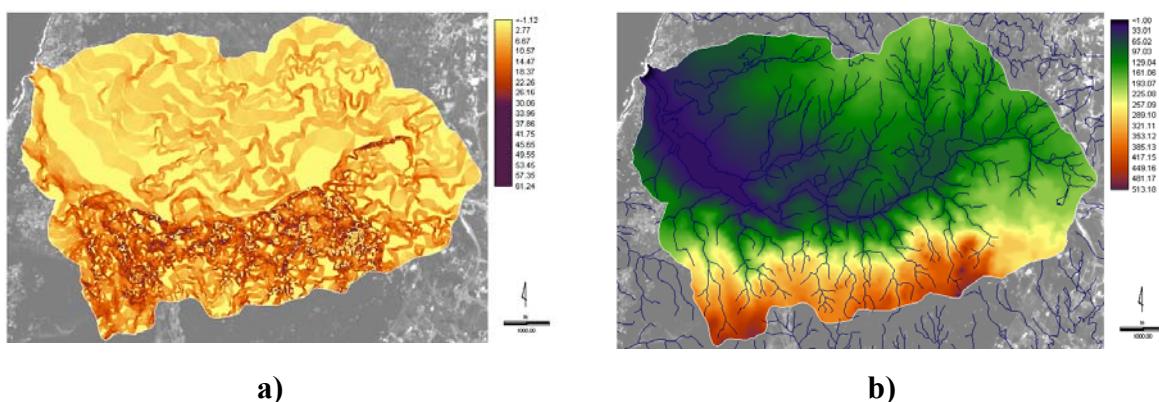
Eastman, 1985, foram utilizados neste estudo os seguintes índices: riqueza relativa (Rr), diversidade (D), coeficiente de valor natural (CVN) e dimensão fractal (Df).

### 3. Classificação qualitativa da paisagem visível

#### 3.1. Metodologia utilizada

Na classificação qualitativa da paisagem visível da bacia hidrográfica (Lavrador-Silva, 2002), a caracterização geográfica foi suportada em factores naturais, mais estáveis, e humanos, mais circunstanciais, resultando a constituição de unidades de paisagem da sobreposição dos componentes geográficos que revelaram ter maior significado na representação das diferenças paisagísticas encontradas no terreno.

Dos factores físicos analisados -hidroclimáticos, geológicos e morfométricos – os dois últimos foram utilizados como layers na identificação de unidades de paisagem. Relativamente ao substrato geológico, enfatizou-se a litologia, enquanto componente fundamental do modelado. Com efeito, cada lito-paisagem definida - “paisagem-granítico-sienítica”, “paisagem detritica”, “paisagem carbonatada” - representa particularidades relativamente a atributos visuais (formas, cores, texturas) e ecológicos (biótopos), bem como propicia determinados usos do solo. Na análise morfométrica (geometria, relevo e rede de drenagem) foram utilizados o declive e a altimetria (figura 1a e 1b).

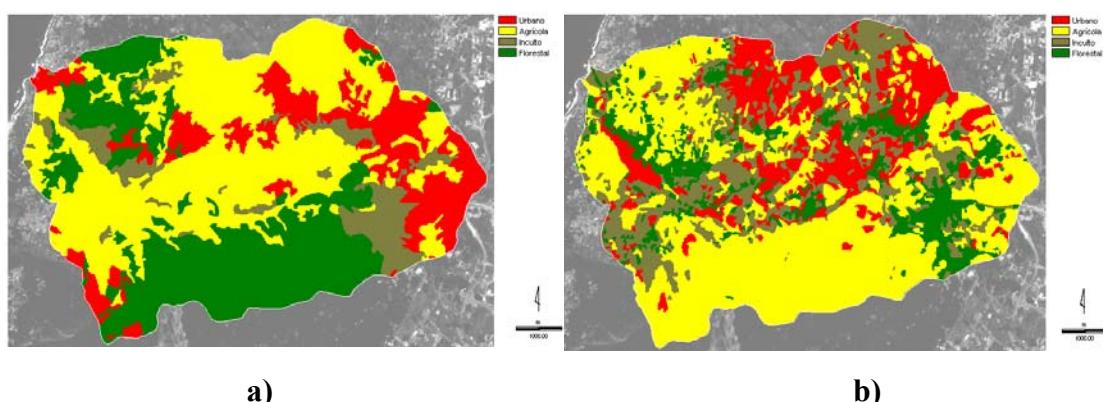


**Figura 1. Declives da Bacia Hidrográfica (a) e Altimetria da Bacia Hidrográfica (b).**

**Fonte: Carta Militar de Portugal, fls. 415 e 416, IGeoE**

No plano da utilização dos recursos e da ocupação urbana, realizou-se uma análise do uso do solo, utilizando a Carta Agrícola e Florestal de Portugal, folha 416, 1969, Ministério do Exército e a Carta do Uso do Solo, 1991, Área Metropolitana de Lisboa, ambas à escala 1/25.000 (figura 2a e 2b). Em termos metodológicos, são cartas concebidas com diferentes finalidades: a mais antiga, centra-se na identificação de usos rurais, enquanto a mais recente, enfatiza o espaço urbanizado, de acordo com a tendência geral de ocupação destas paisagens. Este facto obrigou a um maior esforço de síntese, na constituição das classes de uso do solo, a fim de obter uma informação passível de ser sobreposta com legibilidade. Na classe de usos urbanos, fez-se uma análise mais grosseira, para a carta de 1969, não se identificando eventuais manchas verdes e/ou incultos, desde que envoltos em tecido urbano ou eixos de comunicação. Este facto explica a maior uniformidade das áreas classificadas como urbanas, em 1969, em oposição ao recorte mais preciso dessa classe, na carta de 1991.

Do cruzamento das duas cartas definiram-se quatro classes de uso: “agrícola”, “florestal”, “urbano” e “incultos”. Na classe agrícola estão inseridos todos os tipos de terrenos cultivados, independentemente do tipo de cultura. Na classe “florestal”, utilizou-se o mesmo procedimento e integraram-se os matos. A classe “urbana” comporta todos os tipos de área construída: diferentes tipos de habitação, equipamento e infra-estrutura. Os incultos integram: terrenos abandonados pela prática agrícola, construções abandonadas e usos não identificados. A esta classe agregou-se a praia, as arribas e os planos de água, dado que a sua expressão territorial é muito reduzida, à escala da bacia hidrográfica. A carta de 1969 representa, de algum modo, a ocupação tradicional da paisagem, uma vez que, a partir dos anos 70, houve significativas modificações no tipo de uso e nos ritmos dessa mudança.



**Figura 2. Uso do solo na bacia hidrográfica da Ribeira de Colares, 1969 (a) e 1991 (b)**

No cômputo geral, foram utilizados os seguintes os *layers* na identificação das unidades de paisagem: litologia, morfometria (declives e altimetria) e o uso do solo (1991).

### **3.2. Resultados e classificação da avaliação qualitativa da paisagem**

Constatou-se que o relevo, nomeadamente a forte dissimetria topográfica entre as duas margens da Ribeira de Colares, constitui a marca fundamental da paisagem. Justificam essa dissimetria, as duas unidades geomorfológicas que a constituem: Plataforma de S. João das Lampas e Maciço Eruptivo de Sintra. A primeira é estruturante da margem direita, bem conservada, sobretudo na parte NW. Mais para E, a plataforma litoral encontra-se mais degradada, em consequência do maior entalhe dos cursos de água, modelando colinas de baixa altitude (<200m). O Maciço Eruptivo de Sintra marca uma margem esquerda muito mais elevada e curta, o que tem reprecussões hidroclimáticas climáticas, nomeadamente nos totais anuais de precipitação (100-1200mm), o dobro do restante território. Pese embora a forte dissimetria, a análise hipsométrica comprova que a maior parte (75%) bacia hidrográfica encontra-se abaixo dos 200m de altitude, dominando altitudes entre os 120 e os 160 m. Esta característica de relevo é fruto da morfologia pouco movimentada e das baixas altitudes, principalmente no sector ocidental da bacia hidrográfica, bem como da considerável largura do vale da Ribeira de Colares, no troço jusante (tabela 1).

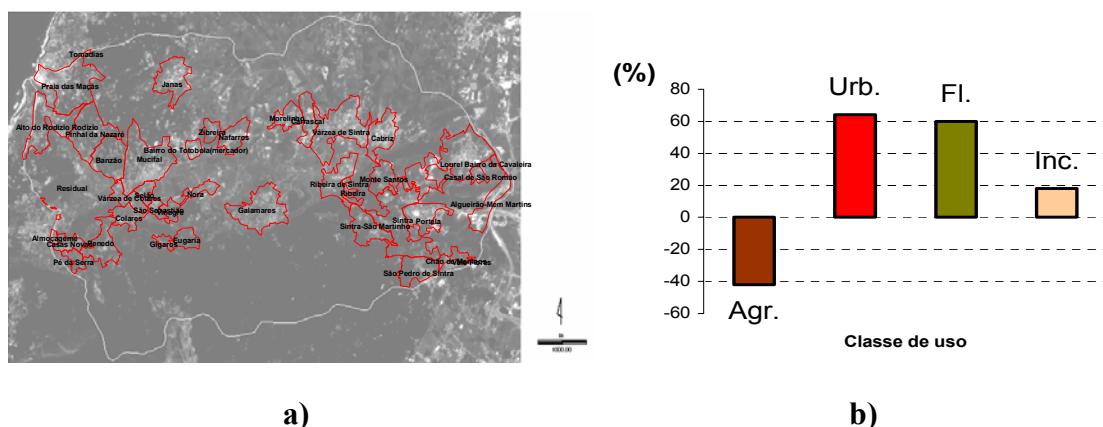
	<b>Bacia Hidrográfica</b>	<b>Margem Esquerda</b>	<b>Margem Direita</b>
<b>Coeficiente de Massividade</b>	3,0 m/km <sup>2</sup>	142 m/km <sup>2</sup>	24,6 m/km <sup>2</sup>
<b>Altitude Média</b>	158,4 m	206,9 m	96,9 m
<b>Declive Médio</b>	15,4 %	22,3 %	8,7 %

**Tabela 1. A dissimetria da bacia hidrográfica**

A distribuição da população é igualmente marcada por uma forte dicotomia entre a serra de Sintra, de baixa ocupação populacional e o restante território, no qual se verifica uma tendência de crescimento idêntica à concelhia (+28%, no intervalo intercencitário entre 1991 e 2001). Regista-se ainda uma tendência para a concentração demográfica nos lugares tradicionalmente de maiores dimensões (figura 3a): Mucifal-Banzão, Várzea de Colares, Galamares, Ribeira de Sintra, Sintra-Portela. Verifica-se também uma importante expansão urbana ao longo do eixo rodoviário, Nafarros, Carrascal, Cabriz e Lourel. No último, porque

se situa fora do limite do PNSC, a pressão demográfica tem sido particularmente significativa. Na freguesia de Colares, a mancha verde do Pinhal da Nazaré, entre a Praia das Maçãs e Janas, encontra-se em desmantelamento, em resultado da construção disseminada de moradias.

Nos últimos 30 anos, o aspecto fundamental da mudança foi a perda do domínio agrícola ( $21,6 \text{ km}^2$ ), contracção de 42%, a favor dos urbanos (+64%) e das florestas (+60%), seguidas dos incultos (+18%, figura 3b). Em 1991, as áreas florestadas passam a ser as de maior expressão ( $24,2 \text{ km}^2$ ), uma resposta de ordenamento à perda de qualidade ecológica devida ao desmantelamento do mosaico agrícola. É também uma alternativa cultural, uma vez que a área florestada da bacia hidrográfica é fundamentalmente, fruto da vontade humana. A grande diversidade de espécies existente é uma mais valia na resiliência dos sistemas ecológicos e um importante valor estético da paisagem, pese embora a utilização do eucalipto e a proliferação da acácia, constituam ameaças a gerir. Outra ameaça é a rápida progressão das áreas urbanizadas ( $6,5 \text{ km}^2$ , em 1991), cuja compactação vai desenvolvendo um contínuo construído, um embrião de rede ao longo dos eixos de comunicação. Por seu lado, a procura turística tem vindo a exercer pressão sobre as áreas protegidas – Serra de Sintra, faixas ribeirinhas, Pinhal da Nazaré, Praia das Maçãs. Esta ocupação, além de reduzir a qualidade ambiental e paisagística da bacia hidrográfica, aumenta a vulnerabilidade e o risco no caso das áreas inundáveis e abre caminho à implantação de uma verdadeira rede urbanizada.



**Figura 3. Lugares existentes na Bacia Hidrográfica segundo o INE, 2001 (a) e variação (1969-1991) do uso do solo (b)**

No cômputo geral, ficaram definidas quatro unidades de paisagem (figura 8a), assentes numa matriz fundamentalmente biofísica e caracterizadas como: i) Serra de Sintra (1), maciço eruptivo de baixa densidade demográfica e de grande qualidade relativamente ao património natural e/ou semi-natural e histórico-cultural; ii) Colinas da margem direita (2), outrora campos de cultura, hoje em rápida urbanização; iii) Superfícies bem conservadas da plataforma litoral (3), utilizadas tradicionalmente para fins agrícolas, cujo desmantelamento deu lugar a pinhal, actualmente retrocesso a favor de moradias; iv) Várzea (4), fundos de vale e início de vertentes, de declive muito pouco acentuado, cuja ocupação hortofrutícola está hoje confinada a pequenos troços dos fundos de vale, quer por abandono, quer por pressão urbana.

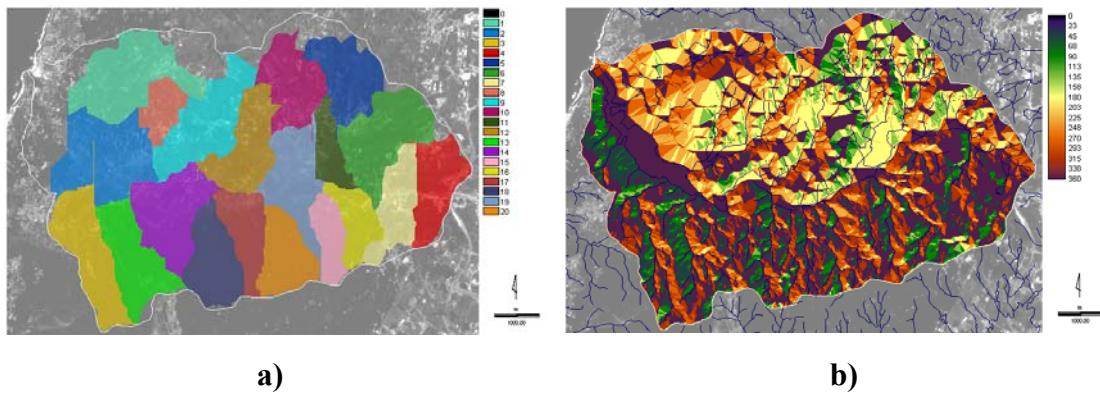
Como síntese global da análise qualitativa salienta-se a elevada qualidade paisagística da bacia hidrográfica: singularidade da serra de Sintra, paisagem única e importante recurso turístico, em toda a região; grande diversidade e contraste que os componentes físicos, por si e em combinação, conferem às paisagens; relativamente elevado ritmo de mutação das unidades da margem direita da Ribeira de Colares e da unidade Várzea, devido fundamentalmente à urbanização.

#### **4. Classificação quantitativa da paisagem**

##### ***4.1. Metodologia utilizada***

O peso significativo dos componentes físicos na identificação das unidades paisagísticas obtidas na análise qualitativa, aliado ao facto dessa análise não ter levado em conta as tendências de ocupação resultantes do último censo de 2001, levou à reformulação da classificação paisagística, desta feita segundo princípios estatísticos e matemáticos.

Numa primeira etapa, procedeu-se a uma análise mais descremada atributos físicos da paisagem da bacia hidrográfica realizando-se uma análise por sub-bacias (figura 4a), unidades naturais mínimas, em deterimento da análise global levada a cabo na avaliação qualitativa. Para cada sub-bacia foi avaliada a sua altitude máxima (max\_alt) e média (av\_alt), o declive máximo (max\_dec) e médio (av\_dec), a orientação principal das vertentes e a riqueza relativa (Rr) calculada para o uso do solo e discretizada a este nível de análise (tabela 2).



**Figura 4. Sub-bacias da bacia hidrográfica da Ribeira de Colares (a) e orientação das vertentes da bacia (b). Fonte: Carta Militar de Portugal, fl. 415-416, IGeoE**

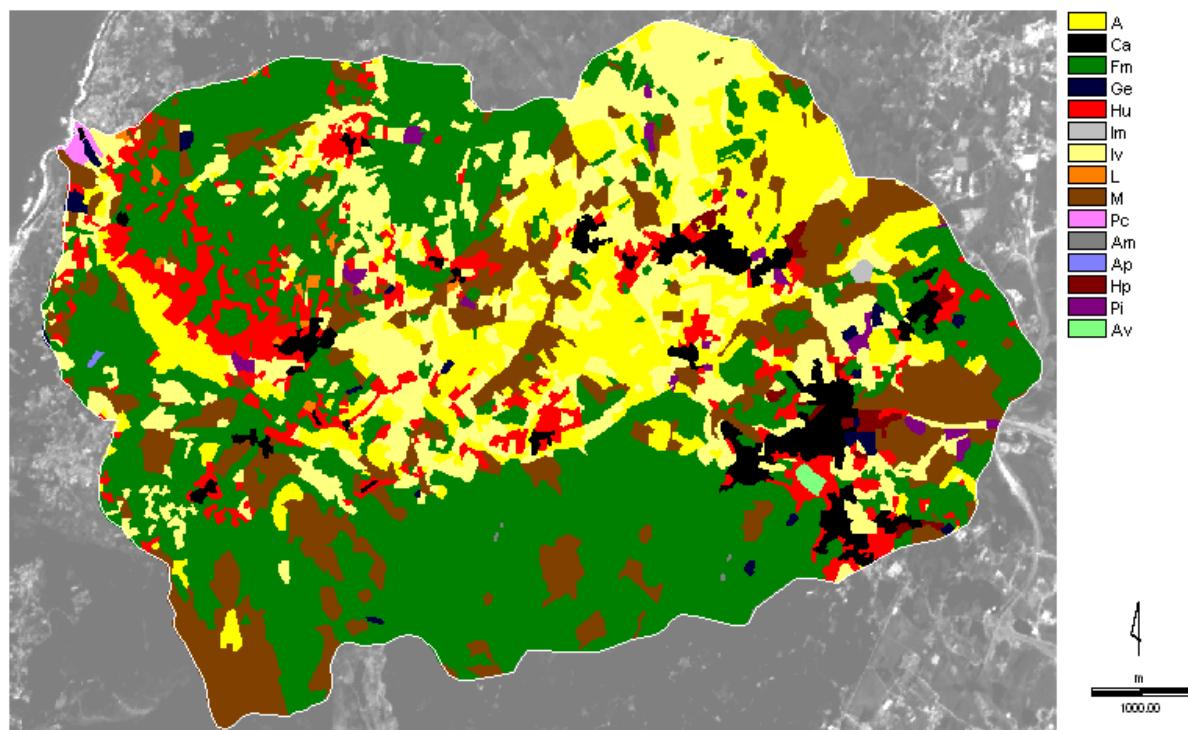
ID	max_alt (m)	av_alt (m)	max_dec (°)	av_dec (°)	vert_p (°)	Rr
1	14.6	3.3	14.6	3.3	191.7	10.9
2	32.9	3.8	32.9	3.87	105.0	11.8
3	45.1	11.8	45.1	11.8	178.1	10.1
4	29.4	4.9	29.4	4.9	133.7	10.5
5	20.2	4.2	20.2	4.2	127.5	10.2
6	40.6	5.4	40.6	5.4	147.8	11.8
7	50.4	8.2	50.4	8.2	120.0	13.1
8	24.8	4.0	24.8	4.0	165.2	13.0
9	27.8	4.0	27.8	4.0	152.5	12.2
10	17.8	3.8	17.8	3.8	106.8	12.2
11	47.0	6.4	47.0	6.4	175.4	12.3
12	22.8	4.1	22.8	4.1	147.0	12.8
13	49.1	15.4	49.1	15.4	145.8	9.8
14	56.2	10.8	56.2	10.8	151.7	12.3
15	61.2	18.1	61.2	18.1	177.2	9.1
16	55.1	16.1	55.1	16.1	150.7	11.0
17	52.1	12.7	52.1	12.7	163.9	10.0
18	47.7	12.1	47.7	12.1	143.2	8.1
19	51.3	8.3	51.3	8.3	130.0	10.6
20	48.3	15.2	48.3	15.2	182.8	7.9

**Tabela 2. Medidas caracterizadoras das sub-bacias**

Por outro lado, incorporou-se na análise quantitativa a orientação das vertentes, indicador que, a par da hipsometria, dá um contributo acrescido à análise inicial, visto que tem um elevado significado nas potencialidades do uso do solo, consequentemente, no valor

paisagístico real e potencial (figura 4b).

Quanto ao uso do solo foi utilizada a carta de 1991, da AML, 1:25.000. Porém, nesta avaliação, preservou-se a desagregação na totalidade de classes constantes como ocupação do solo da bacia hidrográfica (figura 5). Este procedimento contribui para aumentar o grau de promenor da análise face à avaliação anterior, na qual se tinham agregado os usos em quatro classes.



Ca – Núcleo Urbano Consolidado  
L – Loteamento

Ap – Areeiro/Pedreira  
Im – Área de Instalações Militares  
A – Área Agrícola  
M – Mato  
Av – Áreas Verdes Urbanas

Hp – Área de Habitação Plurifamiliar  
Ge – Área de Grandes Equipamentos e Infraestruturas  
Pi – Área Portuária, Industrial e de Armazenagem  
Hu – Área de Habitação Unifamiliar  
Iv – Terrenos Incultos e Vazios  
Fm – Área Florestal e Matas  
Pc – Praia, Arribas e Formações Vegetais Costeiras  
Am – Planos de Água, Marinhas e Salinas

**Figura 5. Uso do solo na bacia hidrográfica da Ribeira de Colares, 1991.**

Em seguida, para cada classe de uso do solo, foram calculados o declive médio, as altitudes médias e a distância à rede viária, bem como oito índices de paisagem (tabela 3). Este procedimento enriquece a análise anteriormente efectuada porque comporta a especificação

de atributos (indicadores e índices) relativos a cada polígono (*patche*).

Classe	Valor	NTP	Pixels	dec	altim	dist_rv	AT	AM	Ame	DPP	CVP	PT	PM	RPA	IF
<b>A</b>	1	143	67603	4.1	111	229	725	5.0	1.08	15	309	156033	1091	29.8	1.5
<b>Ca</b>	2	27	18604	6.7	163	243	186	6.9	1.81	12	185	40254	1490	7.7	1.6
<b>Fm</b>	3	120	206164	9.9	188	217	2189	18.2	1.35	157	863	297874	2482	56.9	1.6
<b>Ge</b>	4	19	2872	4.2	149	221	30	1.6	1.10	1	75	10242	539	1.9	1.2
<b>Hu</b>	5	197	34939	4.9	98	233	362	1.8	0.78	3	215	130343	661	24.9	1.4
<b>Im</b>	6	1	408	1.2	120	248	4	4.0	4.08	0	0	773	773	0.1	1.0
<b>Iv</b>	7	161	82523	4.9	120	218	855	5.3	1.35	17	322	209722	1302	40.1	1.6
<b>L</b>	8	12	1081	3.9	49	214	10	0.9	0.87	0	44	4998	416	0.9	1.2
<b>M</b>	9	133	78700	8.4	184	228	786	5.9	1.67	12	219	152719	1148	29.2	1.5
<b>Pc</b>	10	2	732	5.8	111	143	7	3.6	0.20	3	94	2346	1173	0.4	1.7
<b>Am</b>	11	4	99	5.1	316	224	0	0.2	0.24	0	21	875	218	0.1	1.2
<b>Ap</b>	12	1	127	3.8	77	241	1	1.2	1.28	0	0	559	559	0.1	1.3
<b>Hp</b>	13	12	2776	5.1	182	242	27	2.3	1.27	1	84	8848	737	1.6	1.4
<b>Pi</b>	14	21	3404	3.3	130	230	34	1.6	1.35	1	70	11464	545	2.1	1.3
<b>Av</b>	15	1	553	10.1	252	252	5	5.4	5.49	0	0	951	951	0.1	1.1

**Tabela 3. Parâmetros<sup>1</sup> de classificação da paisagem.**

Para além da riqueza relativa (Rr), utilizou-se o coeficiente de valor natural (CVN), que corresponde ao número de células diferentes da célula central em cada vizinhança e mais dois índices: diversidade (D) e dimensão fractal (Df).

A dimensão fractal (Df) é tida como uma forma que não exibe somente a convolução no seu limite, que pode apropriadamente ser descrita pelo conceito da dimensão fracionária, mas que também exibe a propriedade da auto-semelhança estatística. Com a auto-semelhança, uma forma parecerá ter uma convolução de natureza idêntica, mesmo para escalas variáveis. Como exemplo, pode-se olhar para uma linha da costa numa escala pequena, e depois observar uma pequena secção numa grande escala, a área detalhada terá a mesma dimensão fractal que a da secção mais geral. A dimensão fractal pode servir como uma óptima medida da textura. A sua lógica baseia-se no cálculo de inclinações, através de uma técnica de passo único, inicialmente desenvolvida para medir a dimensão fractal das linhas. O procedimento

<sup>1</sup> NTP – Número total de polígonos; dec – Declive Médio (º); altim – Altitude Média (m); dist\_rv - Distância Média à Rede Viária (m); AT – Área Total; AM – Área Média; Ame – Área Mediana (percentil 50); DPP – Desvio Padrão dos Polígonos; CVP – Ceficiente de Variação dos Polígonos = DPP/AM; PT – Perímetro Total; PM - Perímetro Médio; RPA – Razão Perímetro – Área; IF – Índice de Forma (complexidade do polígono). Se o IF é igual a 1 então todas as áreas são circulares (polígonos) ou quadradas (matrizes).

considera que o declive de cada segmento fornece informação sobre um ângulo subjacente, que pode ser considerado como o ângulo gerador da forma fractal. As imagens resultantes destes quatro cálculos estão representadas na figura 6.

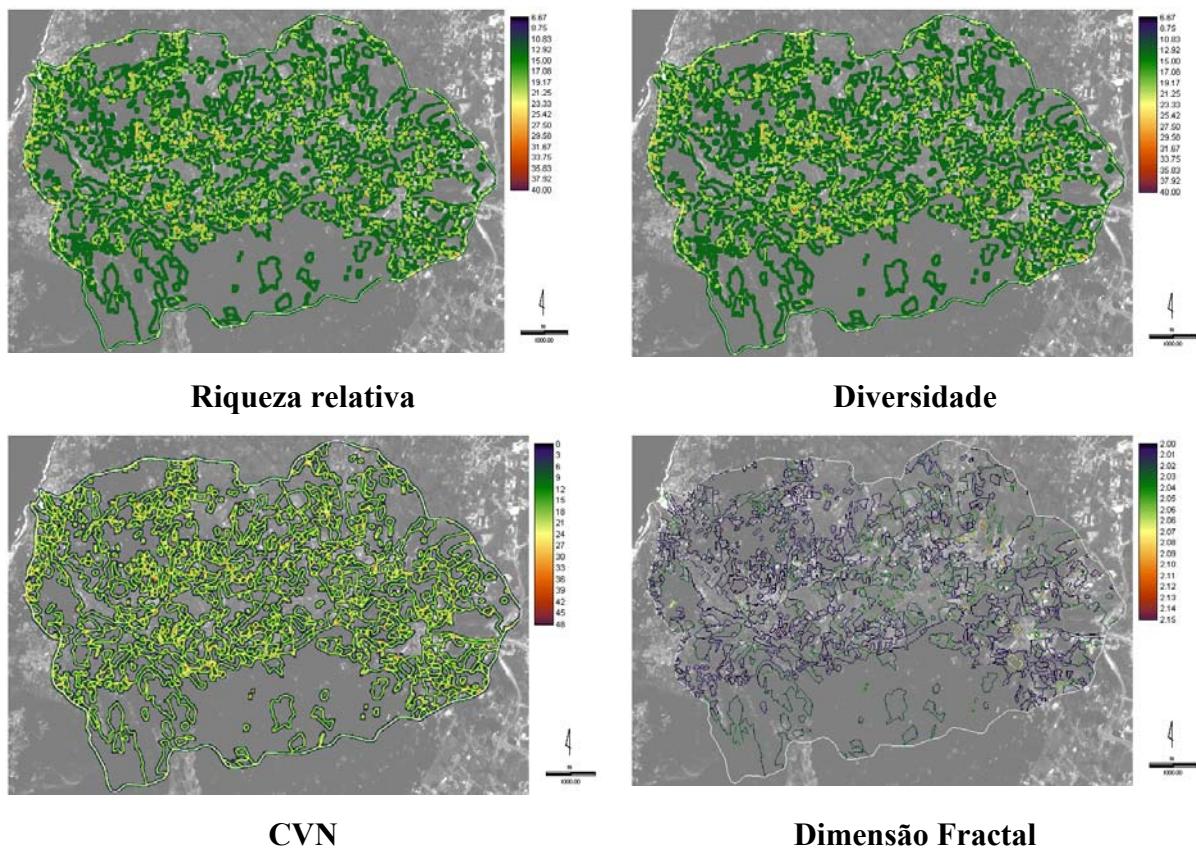
Numa segunda etapa, as classes de uso do solo e as sub-bacias foram agrupadas com recurso aos índices calculados e a medidas de similaridade, nomeadamente algoritmos de clustering. Os algoritmos de clustering operam sobre dois tipos fundamentais de tabelas de dados: o primeiro tipo apresenta as entidades (bacias, áreas de uso do solo homogéneo) sob a forma de uma matriz de dimensão  $n \times p$ , correspondendo as  $n$  linhas às subsecções e as  $p$  colunas às características (variáveis) seleccionadas para a análise; o segundo tipo consiste numa matriz de dimensão  $n \times n$  cujos elementos correspondem à medida de proximidade entre cada duas subsecções do conjunto.

Quando se está a realizar uma análise fazendo o algoritmo operar sobre uma matriz do segundo tipo, o problema estatístico das unidades de medida não se coloca. De facto, uma medida de similitude ou distância é por definição adimensional, ou, caso não o seja, essa semelhança ou distância está representada à mesma escala de unidades para cada par de subsecções representadas na matriz. Todavia, quando a matriz inicial sobre a qual se vai efectuar a abordagem é uma matriz que contém variáveis expressas em diferentes escalas de medida, o problema deve ser discutido: qualquer medida de semelhança ou distância irá reflectir, em maior ou menor medida, o peso, por um lado, das variáveis com maiores escalas de medida e por isso com maiores valores e, por outro, das variáveis com maior dispersão. É aconselhável, portanto, que se proceda à estandardização prévia das variáveis de modo a que tenham todas o mesmo peso análise.

Assim, devido ao facto das variáveis utilizadas neste processo possuírem características diferentes (densidades e percentagens), foi necessário estandardizá-las, de modo a torná-las compatíveis entre si e com o processo de clustering propriamente dito. O processo mais utilizado para esse efeito, o qual é relativamente simples uma vez conhecidas as médias e desvios-padrão das variáveis, consiste na transformação dos dados em novas variáveis com média nula e desvio-padrão igual à unidade.

---

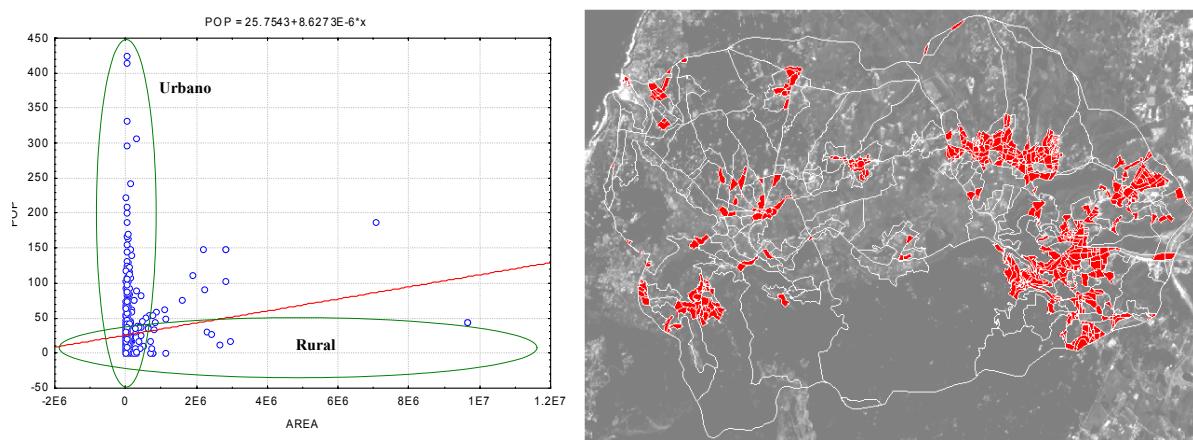
A técnica de clustering adoptada foi a hierárquica. O ponto de partida desta técnica baseia-se na construção de uma matriz de semelhanças ou diferenças entre as subsecções, que corresponde inicialmente a  $n$  grupos, igual ao número de subsecções em análise e que descreve o grau de semelhança ou diferença entre cada dois pares de subsecções. Portanto, a análise de clusters começa com uma matriz de dados, onde as linhas representam as subsecções e as colunas as variáveis. A partir desta primeira matriz é construída uma segunda, na qual as subsecções são representadas quer em linha, quer em coluna (cada elemento da matriz é uma medida de semelhança ou dissemelhança entre cada duas unidades). A distância euclidiana é aquela, das várias medidas que podem ser utilizadas para calcular a distância ou dissemelhança entre os elementos da matriz de dados, que tem sido mais utilizada e portanto foi aplicada no processo de clustering que visa a criação da banda contextual.



**Figura 6. Índices contextuais de forma, dimensão e textura**

Após a construção da matriz de distâncias, o passo seguinte é agrupar as subsecções com base nessa mesma matriz. O método mais utilizado (e aquele que foi adoptado) é o aglomerativo, onde as subsecções são sucessivamente agregadas até se atingir um único grande grupo (com

n elementos). O método de agregação das subsecções em grupos recebe a designação de algoritmo de clustering ou *amalgamation rule*. O critério de agregação mais utilizado – e portanto seleccionado – é o do vizinho mais próximo (Single Linkage), o qual define como semelhança entre dois grupos a distância entre as suas subsecções mais próximas. Procurou-se ainda distinguir as áreas (leia-se subsecções) urbanas das rurais (ou não urbanas), recorrendo à Base Geográfica de Referenciação de Informação (BGRI) referente ao levantamento censitário de 2001. Para esse efeito, realizou-se uma análise de regressão (figura 7a).



**Figura 7. Regressão linear para obtenção das subsecções urbanas**

Para culminar o processo quantitativo, todos os níveis de informação gerados em a) e b) foram avaliados/classificados de forma a encontrar áreas homogéneas (figura 7b). Neste contexto, optou-se por classificar todos os dados através de um processo não supervisionado e utilizando um algoritmo de pesquisa heurística. O método de classificação utilizado foi o de auto-organização iterativa (*Iterative Self Organising Data Analysis Technique - ISODATA*).

#### **4.2. Resultados da classificação quantitativa da paisagem**

A utilização dos parâmetros quantitativos permitiu individualizar cinco unidades de paisagem que podem ser definidas, ainda que resumidamente, através dos seguintes parâmetros: 1) físicos: altitude média (alt\_med), declive médio (dec\_med) e orientação predominante das vertentes (exp\_pred); 2) humanos: dimensão fractal média das áreas de uso do solo (frac\_med) (tabela 4 e figura 8b). Assim, defeniram-se as seguintes unidades de paisagem: uma área litoral (1) aplanada e baixa; a várzea aluvionar (2) muito baixa e plana; uma área

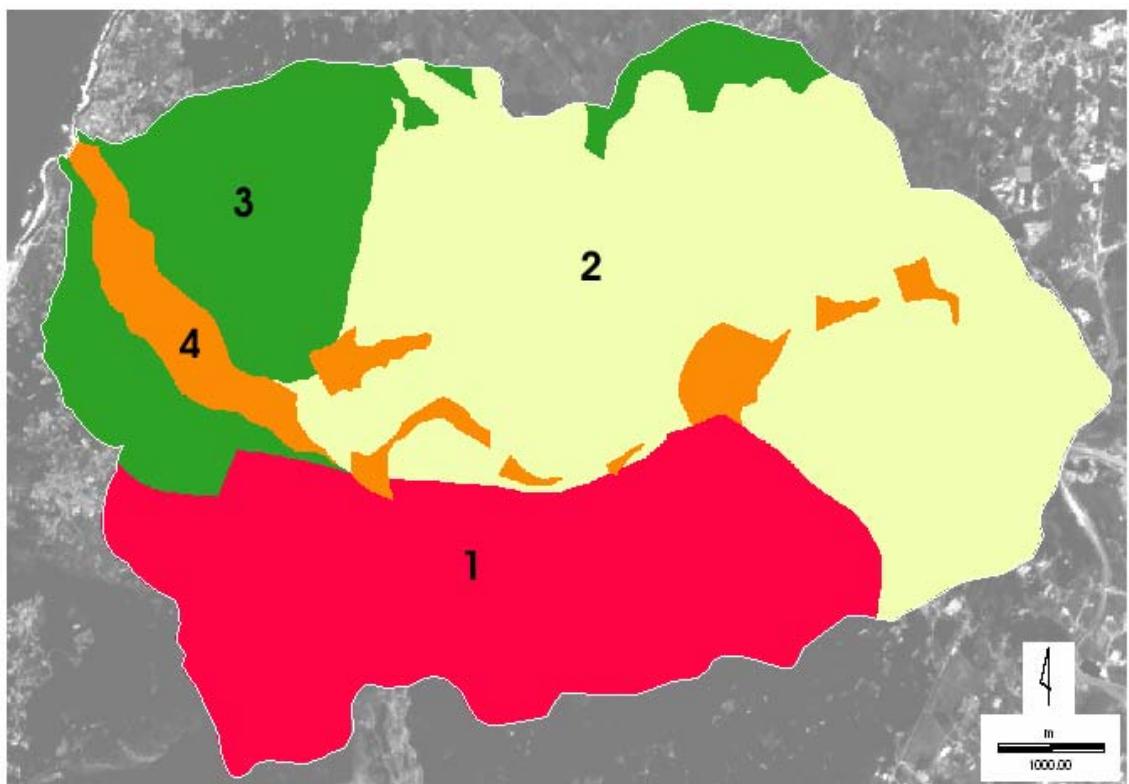
colinar central (3) sujeita a forte pressão urbanística; as colinas de Nordeste (4) mais elevadas que as encontradas em (3) e caracterizadas por uma expansão urbana (embora em grau ineficiente); área correspondente à Serra de Sintra (5).

Unidades	alt_med (m)	dec_med (m)	exp_pred (º)	frac_med	Área (km <sup>2</sup> )	Perim (km)
1	63.7	3.3	137	2.002027	6.1	21.1
2	24.3	2.5	95	2.001276	2.0	9.5
3	81.4	5.9	133	2.002937	13.5	43.6
4	162.7	5.5	146	2.002392	14.7	43.2
5	293.0	13.8	158	2.001266	13.5	34.0

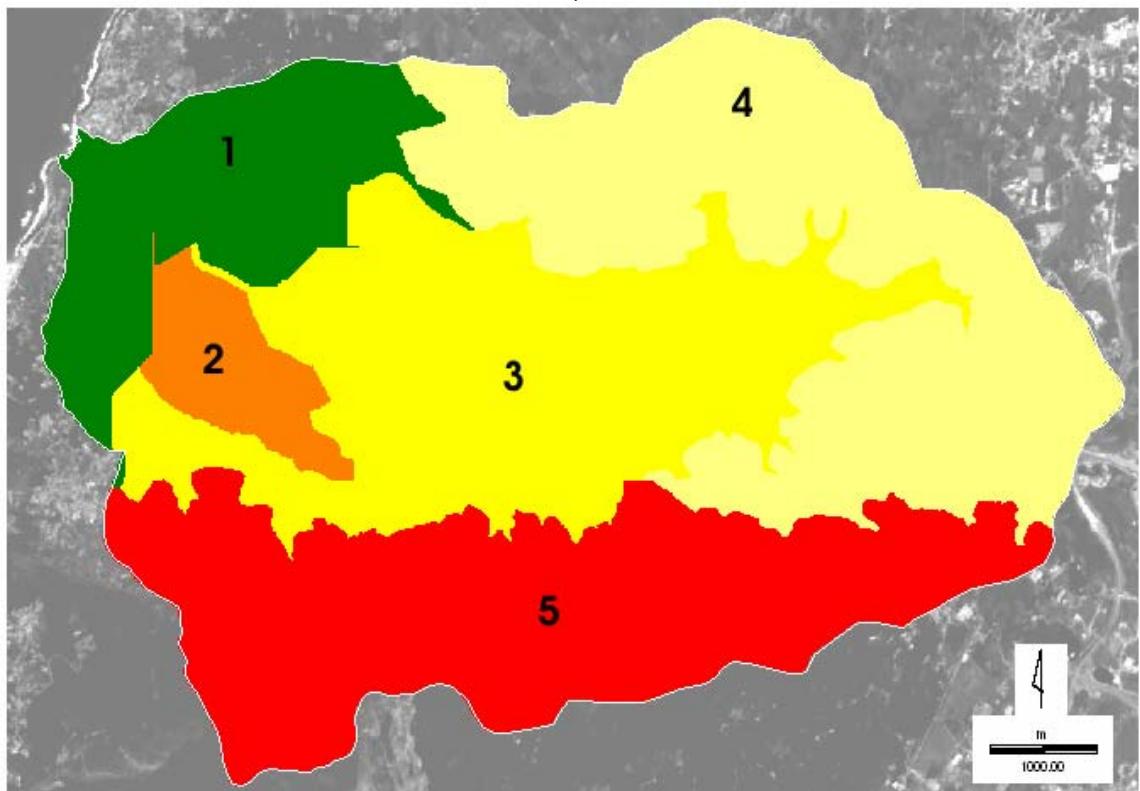
**Tabela 4. Parâmetros caracterizadores das unidades de paisagem**

## 5. Considerações finais

Da análise comparada das duas metodologias utilizadas (figura 8a e 8b), constata-se que a Serra de Sintra é a unidade de paisagem mais estável, uma vez que a sua individualização é fundamentalmente suportada por parâmetros físicos e protegida enquanto paisagem cultural. Na classificação quantitativa, o facto da unidade Serra de Sintra assumir uma configuração mais alongada e estreita é fruto da valorização dos componentes exposição, declives e altura, em detrimento da litologia. Este facto corrobora uma certa unidade bioclimática que é identificável no terreno. Na unidade litoral, o desmantelamento do Pinhal da Nazaré por parte do construído, parece ser suficientemente significativo para comprometer a textura muito uniforme inerente à importante conservação dessa superfície de aplanação. Para as restantes unidades de paisagem, a avaliação quantitativa coloca em evidência a importância da urbanização na mutação dessas paisagens, comprovado com a desagregação da unidade colinar qualitativa em duas unidades quantitativas com diferentes graus de fragmentação. Este facto deve-se também ao desenvolvimento da estrutura viária local e respectivas acessibilidades. A unidade várzea, assumida na análise qualitativa pela sua baixa altitude e elevado grau de aplanação, fica restringida a uma mancha junto a Colares, na classificação quantitativa. O apagamento dessa unidade ao longo dos principais vales da bacia hidrográfica vai ao encontro do desmantelamento hortifrutícola a favor de alguma construção, sobretudo segundas residências de fim-de-semana (unifamiliar).



a)



b)

**Figura 8. Unidades de paisagem obtidas de forma qualitativa (a) e de forma quantitativa (b)**

## 6. Bibliografia

Anselin, L. (1988): *Spatial econometrics: methods and models*. Dordrecht, Kluwer.

Aronoff, S. (1989): *Geographic Information Systems: A management perspective*, WDL Publications, Otava.

Bailey, T. & Gatrell, A. (1995): *Spatial Data Analysis by Example*. London, Longman.

Chorley, R.J. & Haggett, P. (1967). *Models in Geography*. London, Methuen.

Christofolletti, A. (1985): *As Perspectivas dos Estudos Geográficos*. In: A. Christofolletti (ed). *Perspectivas da Geografia*. São Paulo, Difel.

Chuvieco, E. (1999): *Measuring changes in landscape pattern from satellite images: short-term effects of fire on spatial diversity*, International Journal of Remote Sensing, 20(12), pp. 2331-2346.

Duncan, B. W. et al. (1999): *Coupling past management practice and historic landscape change* John F. Kennedy Space Center, Florida, Landscape Ecology, 14, pp. 291-309.

Eastman, J.R. (1985): *Single-Pass Measurement of the Fractional Dimensionality of Digitized Cartographic Lines*, paper presented to the Canadian Cartographic Association, Annual Meeting, June.

Forman, R. & Gordon, (1986): *M. Landscape Ecology*, Nova Iorque, EUA, John Wiley & Sons, 619 p.

Getis, A. & Ord, J.K. (1996): *Local spatial statistics: an overview*. In: P. Longley and M. Batty (ed). *Spatial Analysis: Modelling in a GIS Environment*. New York, John Wiley, pp. 261-277.

Goodchild, M. (1988): *A spatial analytic perspective on geographical information systems*, International Journal of Geographical Information Systems, v.1, p.327-334.

Goovaerts, P. (1997): *Geostatistics for Natural Resources Evaluation*. New York, Oxford Univ. Press.

Hartshorne, R. (1936): *Propósitos e Natureza da Geografia*. São Paulo, Hucitec (trad. 1966).

Harvey, D. (1969): *Explanation in Geography*, New York, St. Martin's Press.

Lavrador-Silva, A.L. (2002): *Avaliação das Paisagens da Bacia Hidrográfica da Ribeira de Colares, Estudo Geográfico e de Percepção Ambiental*, Dissertação de Mestrado, Faculdade de Letras da Universidade de Lisboa.

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

Mendoza, J. G. Olmo, R., Herraiz, C., Martin, L., Valdés, C., Holgado, P. (1999): *Los Paisajes de Madrid: naturaleza e medio rural*, Alianza Editorial, Fundación Caja Madrid, Espanha.

Murphy, D.L. (1985): *Estimating Neighborhood Variability with a Binary Comparison Matrix*, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 51, 6, 667-674.

NRC - National Research Council (1997): *Rediscovering Geography – New Relevance for Science and Society*, Washington D.C., National Academy Press, p. 234.

Peralta, P. & Mather, P. (2000): *An Analysis of deforestation patterns in the extractive reserves of Acre Amazônia from satellite imagery: a landscape ecological approach*, International Journal of Remote Sensing, 21, pp. 2555-2570.

Pino, J. et al. (2000): *Landscape structure and birds species richness: implications for conservation in rural áreas between natural parks*, Landscape and Urban Planning, 49, pp. 35-48.

Popper, K. (1975): *A Lógica da Pesquisa Científica*, São Paulo, EDUSP.

Saraiva, M.G. (1999): *O Rio como Paisagem*, Fundação Calouste Gulbenkian e Fundação para a Ciência e Tecnologia, Lisboa.

Tricart, J. (1978): *A Terra Planeta Vivo*, Lisboa, Presença, 195 p.

Turner, M.G. (1990): *Landscape changes in nine rural counties in Georgia*, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 56(3), pp. 379-386.

Turner, M.G. (1989): *Landscape Ecology: The Effect of Pattern on Process*, Annu. Rev. Ecol. Syst., 20, 171-197.

Zaizhi, Z. (2000): *Landscape changes in a rural area in China*, Landscape and Urban Planning, 47, pp. 33-38.

Zonneveld, I.S. (1979): *Land Evaluation and Land(scape) Science*, Enschede, Holanda, International Training Center, 134 p.