

ÍNDICES DE CARACTERIZAÇÃO ECOLÓGICA DA PAISAGEM - INSTRUMENTOS ÚTEIS PARA O PLANEAMENTO AMBIENTAL?

L. B. G. Quinta-Nova

Escola Superior Agrária de Castelo Branco, 6000 Castelo Branco.
E-mail: lnova@uevora.pt

Quinta-Nova, L. B. G. (1999). Índices de Caracterização Ecológica da Paisagem - Instrumentos Úteis para o Planeamento Ambiental? *Revista de Biol. (Lisboa)* 17: 97-107.

Com o objectivo de determinar a sua aptidão para interpretar da modificação do mosaico paisagístico, foram testados alguns índices de caracterização ecológica da paisagem numa área localizada na Península de Setúbal.

Foram gerados mapas digitais com recurso ao Sistema de Informação Geográfica ARC/INFO®, correspondentes a diferentes níveis de agregação das unidades de uso/habitat para a zona de estudo, em três anos diferentes (1958, 1967 e 1994). Posteriormente foi aplicado o programa FRAGSTATS® de forma a calcular os índices seleccionados. Finalmente discutem-se os resultados obtidos, tecendo-se algumas considerações sobre a sua aplicabilidade.

Palavras chave: Índices de Caracterização Ecológica, Planeamento Ambiental, Ecologia da Paisagem

Quinta-Nova, L. B. G. (1999). Landscape indices – Useful tools in environmental planning? *Revista de Biol. (Lisboa)* 17: 97-107.

With the purpose of determining its ability to reflect landscape change, some selected landscape indices were tested in a study area in the Setúbal Peninsula.

After creating digital maps using ARC/INFO® Geographic Information System, the computer software FRAGSTATS® was applied to calculate the selected indices for different habitat aggregation levels in three years (1958, 1967 and 1994).

The utility of these indices for describing the landscape change will be discussed.

Key words: landscape indices, environmental planning, landscape ecology.

INTRODUÇÃO

A interpretação das descrições matemáticas da estrutura da paisagem é controversa. No entanto, os técnicos ligados ao planeamento paisagístico encaram uma necessidade crescente de estudar os impactes decorrentes da modificação da paisagem e de monitorizar o estado e a qualidade das paisagens. Desta forma os gestores são atraídos pelos índices de caracterização ecológica da paisagem como ferramentas de apoio ao processo de tomada de decisão.

Em vários países os índices de caracterização ecológica da paisagem são utilizados em programas nacionais de monitorização do estado e modificação de paisagens rurais. Entre os indicadores utilizados estão vários índices que permitem descrever a dimensão e configuração das áreas agricultadas e dos habitats semi-naturais, a conectividade entre elementos da paisagem e a heterogeneidade da paisagem. Estes índices descrevem de uma forma clara importantes atributos da paisagem, restando saber qual a sua relevância no estudo dos processos ecológicos.

No presente estudo pretendeu-se testar a aptidão de alguns índices de caracterização ecológica da paisagem para a interpretação da modificação da paisagem na área da Apostaixa, localizada no Concelho de Sesimbra, entre 1958 e 1994.

A razão da escolha da presente área prende-se com o facto desta apresentar uma grande dinâmica no processo de alteração do quadro de uso durante o período referido, constituindo ao mesmo tempo, uma área com um importante papel de ligação entre biótopos conferindo-lhe um elevado valor ecológico, actual ou residual.

MATERIAL E MÉTODOS

No processo de caracterização ambiental a existência de um referencial topológico é imprescindível. No presente estudo optou-se pela representação espacial através de polígonos homogéneos, partindo da análise estrutural do espaço de uso, recorrendo à interpretação de fotografias aéreas relativas a voos realizados entre 1958 e 1990.

Foram gerados mapas digitais com recurso ao Sistema de Informação Geográfica ARC/INFO[®], correspondentes a diferentes níveis de agregação das unidades de uso/habitat para a zona de estudo (Fig. 1), em três anos diferentes (1958, 1967 e 1994). As unidades espaciais foram definidas com base em critérios relacionados com o seu interesse como biótopos para a fauna e flora. Para tal recorreu-se à Classificação dos Usos do Território e dos Habitats de Portugal Continental - Projecto INASP (CRUZ *et al.*, 1993).

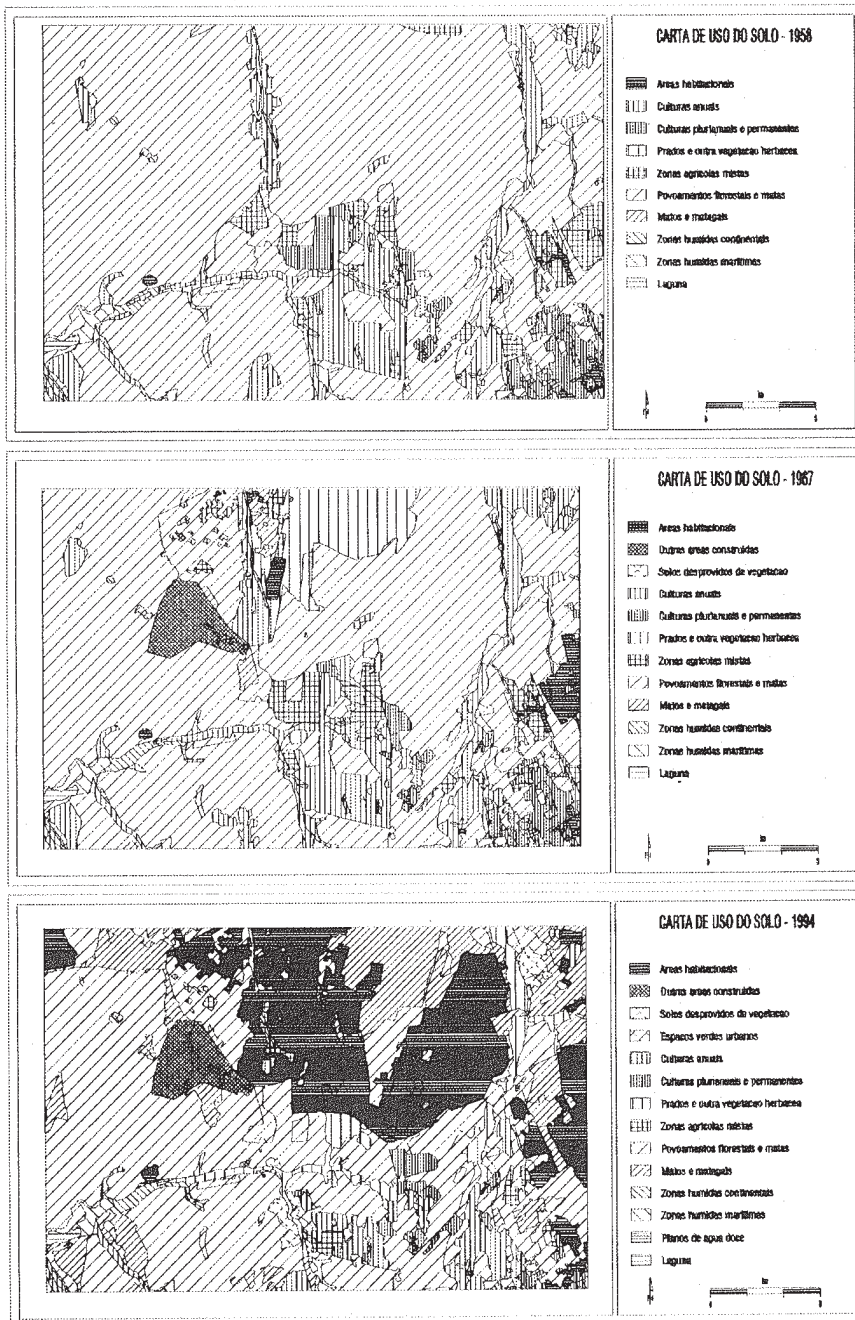


Fig. 1. Cartografia relativa aos três momentos estudados (classificação até ao 2º dígito).

A classificação hierárquica desenvolvida no âmbito do Projecto INASP é resultado de uma aproximação integrada baseada no sistema classificativo adoptado pela Comunidade Europeia no âmbito do Programa CORINE, quer para os usos do solo (Programa CORINE Land Cover), quer para a classificação de habitats (Programa CORINE Biótopos).

De forma realizar estes pontos Cruz *et al.* (1993) apresenta um método de abordagem acessível, designado por análise paramétrica diferenciada. Este consiste, numa primeira fase, na diferenciação de estações ou parcelas com base na análise estrutural dos factores geocénóticos (disponibilidades hídricas, características pedológicas e litológicas).

Numa fase posterior procede-se à recolha do máximo de informação relativa ao tipo de estrutura biocénótica existente para cada unidade física, procedendo-se à sua subdivisão de acordo com a tipologia do coberto actual, permitindo a definição de unidades de habitat. Na Tabela seguinte apresenta-se a classificação proposta por Cruz *et al.* (1993), adaptada para aplicação no âmbito do presente estudo.

Tab. 1 - Classificação hierárquica adaptada de Cruz *et al.* (1993)

- | |
|---|
| <p>1. Territórios artificializados</p> <p>1.1. Solos predominantemente impermeabilizados, vocacionados para a habitação humana</p> <p>1.1.2. Malha urbana descontínua (1.1.2.0.)</p> <p>1.1.4. aglomerados e habitações rurais</p> <p>1.1.4.1. em povoamento concentrado</p> <p>1.2. Solos predominantemente impermeabilizados, não vocacionados para a habitação humana</p> <p>1.2.2. redes rodoviária e ferroviária</p> <p>1.2.5. instalações e estruturas militares</p> <p>1.2.5.1. em área de pinhal</p> <p>1.2.5.2. em área de mato</p> <p>1.3. Solos desprovidos de vegetação, por artificialização profunda e duradoira</p> <p>1.3.1. Pedreiras, saibreiras, arceiros e outras explorações de inertes a céu aberto</p> <p>1.3.1.1. activas</p> <p>1.3.1.2. abandonadas</p> <p>1.3.3. Estaleiros e espaços de construção</p> <p>1.4. Espaços verdes ordenados, de utilização predominante/ livre</p> <p>1.4.2. Espaços e estruturas desportivas, e de recreio e lazer</p> <p>2. Territórios agrícolas</p> <p>2.1. Solos aráveis, com cultivos anuais</p> <p>2.1.1. não abrangidos por perímetros de rega</p> <p>2.1.1.1. com cultivos arvenses</p> <p>2.1.1.2. com horticultura ou floricultura</p> <p>2.1.3. arrozais</p> <p>2.2. Solos aráveis, com cultivos plurianuais ou permanentes</p> <p>2.2.1. vinhas</p> <p>2.2.1.1. vinha baixa</p> <p>2.2.2. pomares de fruteiras (2.2.2.0.)</p> <p>2.2.3. olivais (2.2.3.0.)</p> <p>2.2.5. outros (2.2.5.0. - figueira)</p> <p>2.3. Prados</p> <p>2.3.3. Prados mesofílicos (2.3.3.0.)</p> |
|---|

- 2.3.4. Prados xerófilos (2.3.4.0.)
- 2.4. Zonas agrícolas mistas e zonas heterogêneas
 - 2.4.1. cultivos anuais diversos e intercalados entre si, associados ou não com cultivos plurianuais (mosaico de cultivos).
 - 2.4.1.1. Vinha + Arvenses
 - 2.4.1.2. Arvenses + Vinha
 - 2.4.1.3. Arvenses + Hortícola + Vinha + Pomar
 - 2.4.1.4. Arvenses + Hortícola
 - 2.4.1.5. Arvenses + Olival
 - 2.4.1.6. Hortícola + Pomar
 - 2.4.2. Terras ocupadas principalmente por agricultura (mais de 50% da área total), mas associadas a espaços naturais, semi-naturais ou povoamentos florestais significativos.
 - 2.4.2.1. Matas e povoamentos florestais ordenados, ocupando pequenas superfícies, intercalados com terrenos de uso agrícola (Arvenses + Pinhal)
 - 2.4.3. Territórios agro-florestais, agro-pastoris ou silvo-pastoris, em que as terras ocupadas por agricultura não são predominantes (menos de 50% da área total). Matas e povoamentos florestais, matos, matagais e carrascais, prados e "baldios, em que estão intercalados terrenos de uso agrícola.
 - 2.4.3.1. Pinhal + Vinha
 - 2.4.3.2. Pinhal + Figueiral
 - 2.4.3.3. Sobre + Olival
 - 2.4.3.4. Sobre + Olival
 - 2.4.3.5. Pinhal + Hortícola
- 3. Matas e outras formações semi-naturais, e povoamentos florestais
 - 3.1. Matas
 - 3.1.3. Povoamentos florestais
 - 3.1.3.1. Pinhal bravo (*Pinus pinaster*)
 - 3.1.3.2. Pinhal manso (*Pinus pinea*)
 - 3.1.3.6. Eucaliptal (*Eucalyptus* sps.)
 - 3.1.3.7. Choupal (*Populus* sps.)
 - 3.1.3.8. Eucalipto + Pinheiro
 - 3.1.3.9. Pinheiro + Sobre
 - 3.1.4. Montados e estruturas semelhantes
 - 3.1.4.1. de sobre (*Quercus suber*)
 - 3.2. Matagais, matos e outras formações de porte baixo, constituídas por lenhosas e/ou herbáceas
 - 3.2.2. Matos
 - 3.2.2.1. Matos sobre solos arenosos de toalha freática profunda (*Corema album*, *Juniperus* sps., *Thymus* sps., *Stauracanthus* sps., *Halimium* sps.)
 - 3.2.2.2. Tojais (*Ulex* sps., *Genista* sps.)
 - 3.2.2.3. Urzais (*Erica* sps., *Calluna* sps.)
 - 3.2.3. Formações ruderais pioneiras e/ou de gramíneas e terófitas
 - 3.2.3.1. Prados pobres e zonas sujeitas a pisoteio intenso e/ou pastoreio
- 4. Zonas húmidas e meios aquáticos
 - 4.1. Zonas húmidas continentais
 - 4.1.3. Caniçais e juncais
 - 4.1.3.1. Caniçais (*Phragmites* sp., *Typha* sps.)
 - 4.1.3.2. Juncais (*Juncus* sps., *Cyperus* sps.)
 - 4.2. Zonas húmidas marítimas
 - 4.2.1. Sapais, Juncais e outras formações halófitas e semi-halófitas
 - 4.2.1.1. Juncais semi-halófitos
- 5. Superfícies de água
 - 5.1. Águas continentais

- 5.1.1. Cursos de água
 - 5.1.1.2. de regime temporário
 - 5.1.1.3. de regime esporádico
- 5.1.2. Planos de água
 - 5.1.2.1. de nível constante
 - 5.1.2.2. de nível variável
- 5.2. Águas salobras e salgadas
 - 5.2.1. Lagoas e lagunas litorais (5.2.1.0.)

Esta consideração da estrutura actual do espaço numa perspectiva de habitats constitui uma aproximação bastante válida segundo Fernandes (1993a).

Com a aplicação de um conjunto de índices seleccionados a partir da bibliografia existente e apresentados na Tabela 2, procurou-se encontrar um algoritmo capaz de fornecer informação relativamente ao grau de fragmentação máximo, salvaguardando as funções ecológicas da região. Esse índice terá um elevado interesse para o planeamento, contribuindo para a definição de limiares de ocupação urbana, no âmbito de uma futura regulamentação da ocupação do solo.

Assim seleccionaram-se sete índices que foram calculados para a área de estudo, tendo sido obtidos valores representativos da evolução qualitativa da paisagem ao longo do período de tempo estudado (37 anos). Para tal recorreu-se ao programa FRAGSTATS®.

De forma a quantificar a diversidade estrutural da paisagem aplicaram-se os índices de diversidade de Shannon (Shannon *et al.*, 1949) e de Simpson (Simpson, 1949). Estes comparam o número e área das diferentes unidades de habitat com o número e área máximos de unidades que podem ocorrer na área total em estudo, fornecendo indicações sobre a diversidade estrutural relativa do mosaico paisagístico.

Para exprimir a regularidade do padrão paisagístico, ou seja, da distribuição da área entre os vários tipos de manchas de uso, recorreu-se aos índices de regularidade desenvolvidos por Shannon *et al.* (1949) e por Simpson (1949). Os índices referidos permitem estabelecer uma comparação entre o nível de diversidade observado e um nível de diversidade máximo para uma riqueza de tipos de mancha equivalente.

O índice de contágio proposto por Li *et al.* (1993), mede o nível de agregação das diferentes manchas de uso. Assim, quando se observam valores elevados de contágio são encontradas manchas largas e contínuas na paisagem. Quando se observam valores baixos, a paisagem é dissecada em várias manchas pequenas.

Na construção dos gráficos ilustrativos da evolução dos vários índices de avaliação da paisagem consideraram-se três níveis de agregação relativos à classificação do Projecto INASP, acima referida. Desta forma, estão representados as unidades de uso principais, correspondentes aos quatro dígitos da classificação, as tipologias de uso (dois dígitos) e os agrupamentos de uso principais (um dígito).

Tab. 2 - Características dos índices seleccionados

Índice	Parâmetro medido	Expressão numérica	Descrição
Índice de diversidade de Shannon	Diversidade estrutural	$SHDI = -\sum_{i=1}^m (P_i \cdot \ln P_i)$	Este índice de diversidade baseia-se na teoria da informação de Shannon <i>et al.</i> (1949), e representa a quantidade de "informação" por mancha. O valor deste índice aumenta com o número de manchas de diferentes tipos e/ou quando a distribuição proporcional de área entre os diferentes tipos de mancha se torna mais regular.
Índice de diversidade de Simpson	Diversidade estrutural	$SIDI = 1 - \sum_{i=1}^m P_i^2$	O valor do índice de diversidade de Simpson representa a probabilidade de quaisquer tipos de mancha seleccionados ao acaso pertencerem a diferentes tipos de mancha. Desta forma, quanto mais elevado for o valor, maior a probabilidade de 2 manchas escolhidas ao acaso serem de diferentes tipos.
Índice de diversidade de Simpson modificado	Diversidade estrutural	$MSIDI = -\ln \sum_{i=1}^m P_i^2$	
Índice de regularidade de Shannon	Regularidade na distribuição	$SHEI = \frac{-\sum_{i=1}^m (P_i \cdot \ln P_i)}{\ln m}$	A regularidade na distribuição corresponde ao nível observado de diversidade dividido pela máxima diversidade possível para uma dada riqueza de manchas. A diversidade máxima para qualquer nível de riqueza é baseada numa distribuição equitativa entre os vários tipos de mancha. Deste modo, a diversidade observada dividida pela diversidade máxima para um dado número de tipos de mancha representa a redução proporcional no índice de diversidade atribuída à falta de uma perfeita equitabilidade na distribuição.
Índice de regularidade de Simpson	Regularidade na distribuição	$SIRI = \frac{1 - \sum_{i=1}^m P_i^2}{1 - \left(\frac{1}{m}\right)}$	O grau de agregação consiste na soma do produto de 2 probabilidades: (1) a probabilidade de uma célula escolhida ao acaso pertencer à mancha do tipo i (estimada pela abundância de manchas do tipo i), e (2) a probabilidade de uma célula pertencente a uma mancha do tipo i, ter pelo menos uma das suas células vizinhas pertencente a uma mancha do tipo j (calculada pela abundância proporcional de manchas do tipo i contíguas a manchas do tipo j). O produto dessas probabilidades é igual á probabilidade que existe de 2 células adjacentes escolhidas ao acaso pertencerem a manchas do tipo i e j.
Índice de regularidade de Simpson modificado	Regularidade na distribuição	$MSIRI = \frac{-\ln \sum_{i=1}^m P_i^2}{\ln m}$	
Índice de contágio	Grau de agregação	$C = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m \left[\left(\frac{P_i}{\sum_{i=1}^m P_i} \right) \cdot \left(\frac{P_j}{\sum_{j=1}^m P_j} \right) \cdot \left(\frac{1}{ N_i - N_j } \right) \right]$	

A consideração de vários níveis de agregação permite avaliar de que forma o detalhe da classificação utilizado irá afectar os resultados obtidos para as várias metodologias testadas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 3 é apresentada uma selecção dos valores obtidos dos algoritmos para os três níveis de agregação e para os três momentos estudados.

Os valores resultantes da aplicação dos índices de diversidade estrutural da paisagem ilustram um aumento gradual da diversidade estrutural ao longo do período estudado para todos os níveis de agregação de informação. Para cada uma das áreas estudadas. Verificou-se igualmente, um aumento da diversidade para os diferentes níveis de agregação ao longo do tempo (Fig. 2).

Tab. 3 - Resultados da aplicação dos índices seleccionados

	(Unidades de Uso - 4 dígitos)			(Tipologias de Uso - 2 dígitos)			(Agrupamentos de Uso - 1 dígito)		
	1958	1967	1994	1958	1967	1994	1958	1967	1994
Ano	1958	1967	1994	1958	1967	1994	1958	1967	1994
Índice de diversidade de Shannon	1,23	1,63	2,05	0,8	1,2	1,54	0,58	0,79	0,94
Índice de diversidade de Simpson	0,45	0,58	0,76	0,37	0,52	0,69	0,35	0,46	0,54
Índice de diversidade de Simpson modificado	0,6	0,86	1,41	0,46	0,73	1,18	0,43	0,61	0,77
Índice de regularidade de Shannon	0,36	0,44	0,56	0,35	0,48	0,58	0,36	0,49	0,59
Índice de regularidade de Simpson	0,47	0,59	0,78	0,41	0,56	0,74	0,43	0,57	0,67
Índice de regularidade de Simpson modificado	0,17	0,23	0,39	0,2	0,29	0,45	0,26	0,38	0,48
Índice de contágio (%)	80,54	73,83	66,55	78,2	70,61	64,73	77,04	69,62	63,89

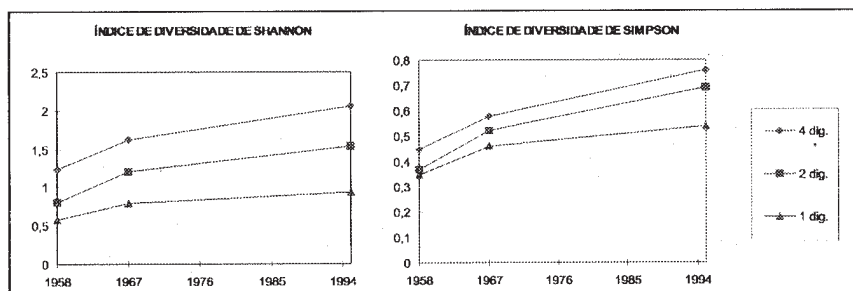


Fig. 2 – Variação temporal dos índices de diversidade estrutural da paisagem

Estes índices têm um interesse essencialmente faunístico e têm em consideração a existência de uma grande heterogeneidade de estruturas que se podem constituir como biótopos para um conjunto de actividades biocenóticas. Já em trabalhos anteriores se havia comprovado que a utilização do índice de diversidade de Shannon se mostra pouco adequada para aplicações em áreas heterogêneas em termos do valor ecológico dos habitats. Essa inadequação prende-se com a circunstância de os autores não terem considerado a avaliação integrada critérios de natureza funcional e estrutural

Os valores resultantes da aplicação dos índices de regularidade de distribuição das manchas de uso apresentam uma semelhança de comportamento para diferentes níveis de agregação dos usos, com os diferentes valores a aproximarem-se entre si (Fig. 3).

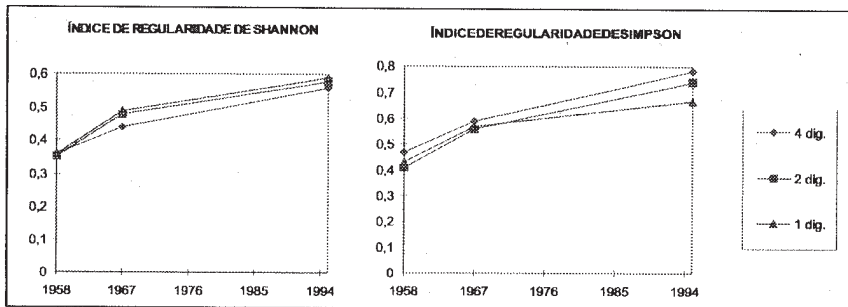


Fig. 3 – Variação temporal dos índices de regularidade de distribuição.

Estes índices, embora constituindo-se como instrumento de caracterização do grau de dispersão do mosaico paisagístico, não fornecem indicações significativas relativas ao seu grau de agregação/ dispersão.

Relativamente ao índice de contágio constatou-se que existe uma relação directa entre os três níveis de agregação estudados, ocorrendo um decaimento gradual do grau de agregação das manchas de uso (Fig. 4).

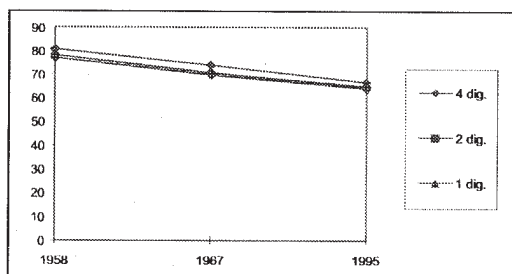


Fig. 4 – Variação temporal do índice de contágio (grau de agregação).

O índice de contágio como medida do grau de agregação do mosaico paisagístico, poderá apresentar interesse como indicador da fragmentação, aplicável, portanto no planeamento, na medida em que fornece indicações valiosas relativamente a aspectos ligados com a proximidade/afastamento das manchas paisagísticas com características estruturais semelhantes.

CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos no âmbito do presente estudo, chegou-se a um conjunto de considerações que seguidamente se enunciam, relativas à aplicabilidade dos índices testados.

A principal limitação na aplicação dos índices de diversidade resulta do facto destes não tomarem em linha de conta o potencial ecológico das unidades de habitat. Um mosaico paisagístico pode apresentar uma elevada diversidade, sendo no entanto constituído por unidades com um valor ecológico reduzido. Deste modo os índices de diversidade só por si não são suficientes, existindo a necessidade de informação complementar de ordem qualitativa baseada na composição específica dessas unidades.

A regularidade na distribuição é representada pelo índice respectivo como uma proporção da equitabilidade máxima na distribuição das unidades de habitat, não sofrendo, desta forma, das limitações referidas para os índices de diversidade em termos de interpretação.

O índice de contágio como medida do grau de agregação do mosaico paisagístico, apresenta um interesse assinalável como indicador da fragmentação, aplicável, portanto no planeamento, na medida em que fornece indicações valiosas relativamente a aspectos ligados com a proximidade/afastamento das manchas paisagísticas.

O desenvolvimento de novos métodos de caracterização do grau de fragmentação do mosaico paisagístico passa pela integração de dados de natureza qualitativa, tornando mais operacional a sua interpretação, pois os índices só por si não são suficientes para interpretar a dinâmica do quadro de uso.

O recurso a descritores funcionais e a sua utilização comparativa sobre a estrutura estável e a circunstancial da paisagem, permitindo identificar e caracterizar os conflitos estruturais e a sua intensidade relativa, poderá igualmente ser uma forma de contornar as limitações existentes nos índices no que diz respeito ao estudo de propriedades adimensionais, como é o caso das relações ecológicas.

BIBLIOGRAFIA

- CRUZ, C.S. & LOUREIRO, N. (1993) - *Cartografia dos Usos de Território e dos Habitats de Portugal Continental*. Projecto INASP. (Não publicado)
- FERNANDES, J.P. (1991) - *Modelo de Caracterização e Avaliação Ambiental aplicável ao Planeamento (ECOGIS/ECOSAD)*. Dissertação de Doutoramento, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa

- FERNANDES, J.P. (1993a) - Características das Unidades Ecológicas em Portugal, *Curso sobre Impactes nos Sistemas Ecológicos*, CEPGA/SNPRCN, Serra da Estrela.
- FERNANDES, J.P. (1993b) - Classificação das Unidades Ecológicas adoptada em Portugal, *Curso sobre Impactes nos Sistemas Ecológicos*, CEPGA/SNPRCN, Serra da Estrela.
- FERNANDES, J.P. (1994) - Análise Estrutural do Espaço de Uso: um Instrumento para o Planeamento e a Decisão Ambiental. *4ª Conferência Nacional sobre a Qualidade do Ambiente*, Lisboa.
- FORMAN, R.T.T. & GODRON, M. (1986) - *Landscape Ecology*, John Wiley and Sons, New York.
- FORMAN, R.T.T. (1995) - *Land Mosaics. The ecology of landscapes and regions*. Cambridge University Press, Cambridge
- HOOVER, S. R. & PARKER, A. J., (1991) - Spatial components of biotic diversity in landscapes of Georgia, USA. *Landscape Ecology*, 5:125-136.
- KRUMMELL, J.R., GARDNER, R.H., SUGIHARA, G., O'NEILL, R.V. & COLEMAN, P.R. (1987) - Landscape patterns in a disturbed landscape. *Oikos*, 48:321-324.
- LI, H., & REYNOLDS, J.F. (1993) - A new contagion index to quantify spatial patterns of landscapes. *Landscape Ecology* (em impressão).
- MCGARIGAL, K. & MARKS, B.J. (1993) - *FRAGSTATS. Spatial Pattern Analysis Program for Quantifying Landscape Structure*. Oregon State University.
- O'NEILL, R.V.; KRUMMELL, J.R.; GARDNER, R.H.; SUGIHARA, G.; JACKSON, B.; DEANGELIS, D.L.; MILNE, B.T.; TURNER, M.G.; ZYGMUNT, B.; CRISTENSEN, S.W.; DALE, V.H. & GRAHAM, R.L. (1988). - Indices of landscape pattern. *Landscape Ecology*, 1:153-162.
- QUINTA-NOVA, L. (1995) - *Análise da Evolução de uma área localizada na Península de Setúbal na sequência de um processo de alteração de uso bem caracterizado*. Dissertação de Mestrado. Universidade Nova de Lisboa. Lisboa
- ROMME, W.H. & KNIGHT, D.H. (1982) - Landscape Diversity: The concept applied to the Yellowstone Park. *Bioscience* 32:664-670.
- SHANNON, C.E. & WEAVER, W. (1949) - *The Mathematical Theory of Communication*, University of Illinois Press, Urbana.
- SIMPSON, E. H. (1949) - Measurement of diversity. *Nature* 163:688.
- TURNER, M.G. (1989) - Landscape Ecology: The effect of Pattern and Process - *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 20:171-197.
- TURNER, M.G. (1990) - Spatial and Temporal analysis of Landscape Patterns. *Landscape Ecology* 4:21-30.
- TURNER, M.G. & GARDNER, R.H. (1991) - *Quantitative Methods in Landscape Ecology*, Springer, New York.
- ZOONEVELD, I.S. (1989) - The land unit. A fundamental concept in landscape ecology, and its applications. *Landscape Ecology* 3:67-83.