

# APRESENTAÇÃO

## GEOMATICS IN URBAN AND REGIONAL PLANNING – CHALLENGES & PERSPECTIVES

*Michael Batty*

Almost as soon as digital computers were invented over fifty years ago, applications were made to social and economic problems which could be easily quantified. Operations research and systems simulation using computers were rapidly developed in the 1950s as part of the quest for scientific management in industry and government, while the use of computers for the routine storage and processing of large databases, particularly those dealing with financial transactions, dominated business applications. By the early 1960s, computer models were being fashioned for simulating transport systems and the location of land uses in cities, for rudimentary spatial forecasting, and for all kinds of population and economic prediction. Such applications set the tone for what followed as computers became ever faster and smaller, as they began to converge with communications systems, and as interacting with them became easier through the development of graphical user interfaces.

Today, the dominant uses of computers in urban and regional planning are organised around these early developments, focusing primarily on the development of databases, spatial analysis, simulation modelling, forecasting and design, set within the wider context of the plan-making process. In fact, the outcomes of analysis and design are being increasingly communicated to users of all kinds using the very computer systems used to engage in analysis and design in the first place. In the last 20 years, the focus on representing cities and regions through their data has almost entirely moved to the digital realm with Geographic Information Systems (GIS) becoming the focus around which such data is collected, stored, analysed, displayed and disseminated. Although GIS now forms a bedrock for such applications, the collection of data is increasingly being aided by remote devices, by sensing of all kinds which engage a variety of new technologies involving various kinds of Geopositioning (GPS) being accomplished at a variety of spatial scales. Physical data across different scales acquired in this way is being complemented by new forms of population and related social and economic censuses which are being produced from a variety of online data as well as using traditional face-to-face and personal questionnaire surveys. Much of this data is going on-line while GIS is increasingly the only way in which users are able to unlock such data. At the same time,

GIS itself is becoming more open with various kinds of storage and mapping systems being developed as open source infrastructure.

GIS and GPS are now the foundations on which built and natural environments complemented by social and economic structures are measured and represented within contemporary urban and regional planning. Geography and geometry are both central to such forms of representation, and there is a veritable *cornucopia* of new tools now available for representing, analysing and forecasting the future of urban and regional systems such as cities, rural areas, natural and built landscapes, spatial economic structures, and so on. But such systems of representation are only the beginning for on these now rest our techniques and tools for engaging in analysis of the problems that urban and regional planning seeks to address, and the plans and policies that represent the outcomes of such planning. This range of tools is often collectively referred to as “decision support” with Spatial Decision Support Systems (SDSS), sometimes called Planning Support Systems (PSS), being formally developed alongside the planning process. GIS forms the bedrock for the data contained therein represents the essential minimum for effective plan-making, even if such plan-making does not engage in any of the more sophisticated models and methods which are finding their way into planning practice.

Whilst GIS and GPS have been making enormous strides in enabling us to represent and display spatial data so effectively, spatial analysis and spatial simulation have not remained still. For the first time, we now have a statistical theory of spatial structure and dynamics that is internally consistent with mainstream scientific analysis and which is now built on these new forms of representation in GIS that focus on exploratory data analysis, consistent spatial estimation and calibration, and on relevant spatial forecasting, prediction and control. Age-old problems of spatial autocorrelation are being addressed in new ways as much due to the new power of massive simulation as to advances in mathematical theory. In terms of simulation modelling, there has been a sea change from aggregative static simulations of cross sections of urban and regional structure to more micro, disaggregate dynamic models which focus on defining the behaviour of multiple agents and objects in the system of interest. In terms of urban development, notions about representing cities as cells and urban transitions as rules have come onto the agenda and such cellular automata models relate well to GIS on the one hand (and especially the data held as raster layers within GIS) and new methods of statistical calibration on the other. Moreover the range of simulation has broadened from models based entirely on theory to those that deal with “stylized facts” through to traditional models that meet the canons of scientific parsimony in terms of their match against publicly acceptable real data sets.

Planning Support Systems set all of this within a context of developing better and best plans although the idea of narrow optimisation no longer holds sway in that planning is now much more firmly embedded within its political context everywhere. Alternatives setting through scenario building is still a feature of such processes but there is a much deeper sense of engaging a wider public in seeking a consensus as to the urban and regional future. In this, computers and GIS as well as our ability to communicate data analysis and plans across

networks have become central. Indeed just as our confidence in being able to predict the future is now more qualified than it ever was, our ability to explore such futures has never been better through our new found abilities to disseminate and engage through online public participation. The addition of multimedia to PSS and to GIS as well as the ability to sample and vote for proposals online as well as to engage in community design from the bottom up in virtual design studios is opening up an entirely new dimension to the use of GIS, geomatics and spatial modelling in urban and regional planning. PP-GIS (Public Participation in GIS) is one of the key developments within PSS and such developments are being dramatically aided by new software for mapping and display such as Google Maps and Google Earth which are essentially providing a spatial infrastructure and functionality that even the most inexperienced user of GIS can relate to and fashion for their own use.

Many of these exciting developments in the use of geomatics in urban and regional planning are examined in this book. New forms of remote sensing, cellular modelling, and new structures providing new tools for GIS and the use of these tools in public planning feature here. What is particularly important however is that the context of urban and regional planning in Latin America in general and Brazil in particular determines how these new tools are being used. Cities and regions are very different here from those in North America, Europe and the Far East, for example. In some sense, Latin American cities are turned inside out in comparison with other western counterparts with problems of informal housing – “favelas” – and regional differences quite different from other parts of the world. Moreover the development of planning systems, the focus on sustainability and the need for *in situ* tools useful to local municipalities are key to applications of GIS, PSS, and geomatics in this context. The articles collected here are of considerable importance to the better practice of planning in Brazil as well as providing others around the world with a knowledge of how new techniques and tools can be fashioned for the local context. In fact these contributions are of wider import because there are many new methods here which are adding to our global arsenal of new tools for GIS and PSS which depend intimately on adapting the general principles of representation and simulation to specific contexts and applications.

## GEOINFORMAÇÃO EM ESTUDOS URBANOS E REGIONAIS

Assim que entraram em cena, há mais de 50 anos, os computadores digitais tiveram sua utilização voltada para problemas sociais e econômicos que podiam ser facilmente quantificados. Pesquisas operacionais e simulações de sistemas utilizando computadores passaram a se desenvolver com rapidez nos anos 1950, como parte de uma demanda por gestão científica na indústria e no governo, ao passo que o uso de computadores para o armazenamento e processamento rotineiro de grandes bancos de dados, em especial daqueles vinculados a transações financeiras, dominava as aplicações no mundo dos negócios. No começo da década de 1960, surgiram os modelos computacionais destinados à simulação de sistemas de transportes e de alocação de usos do solo em cidades, além daqueles voltados para prognósticos espaciais rudimentares e aos mais variados tipos de previsão demográfica

e econômica. Essas aplicações definiram a tônica das gerações posteriores, quando os computadores tornaram-se cada vez mais rápidos e menores, passando a convergir para sistemas de telecomunicações e a apresentar interfaces gráficas.

Atualmente, o uso prevalente de computadores no planejamento urbano e regional organiza-se em torno dos antigos temas, focando basicamente o desenvolvimento de bancos de dados, análise espacial, modelagem de simulações, prognóstico e projeto, definidos dentro do contexto mais amplo do processo de planejamento. Com efeito, produtos digitais e sistemas para análise e projeto são cada vez mais apresentados a novos usuários das mais diversas categorias. Nos últimos 20 anos, o foco da representação de cidades e regiões moveu-se quase inteiramente para o âmbito digital por meio dos Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), nos quais os dados podem ser inseridos, armazenados, analisados, visualizados e disseminados. Embora os SIGs constituam a base para tais aplicações, a coleta de dados passou a ser auxiliada de modo crescente por dispositivos remotos, por sensoriamento de alvos que compreendem uma vasta gama de novas tecnologias, que, por sua vez, envolvem o uso de aparelhos de Geoposicionamento (GPS) nas mais diferentes escalas. Os dados físicos obtidos nessas escalas variadas são complementados por dados demográficos e socioeconômicos de censos, que podem ser produzidos tanto por recursos on-line como pelos tradicionais questionários realizados em domicílio. Muitos desses dados tornam-se disponíveis on-line, enquanto os SIGs apresentam-se como a única possibilidade para explorá-los. Simultaneamente, os SIGs propriamente ditos tornam-se também mais acessíveis, ao disponibilizarem sistemas para armazenamento, mapeamento e análise de dados de código aberto.

SIGs e GPS constituem, atualmente, as fundações nas quais os ambientes naturais e antrópicos, complementados por atributos socioeconômicos, são medidos e representados na esfera do planejamento urbano e regional contemporâneo. Geografia e geometria são temas centrais a essas novas formas de representação, e há uma profusão de novas ferramentas para a representação, análise e previsão do futuro de sistemas urbanos e regionais, como, por exemplo, cidades, áreas rurais, paisagens naturais e antropizadas, estruturas espaciais econômicas, entre outros. Mas esses sistemas de representação integram apenas o começo de um amplo conjunto de técnicas e ferramentas para a análise de problemas enfrentados pelo planejamento urbano e regional. Esse conjunto de ferramentas é freqüentemente denominado “suporte à decisão”, e, assim, Sistemas Espaciais de Suporte à Decisão (SESD), algumas vezes chamados de Sistemas de Suporte ao Planejamento (SSP), desenvolvem-se paralelamente ao processo de planejamento. Os SIGs representam o arcabouço para esses dados e uma plataforma essencial mínima para um processo de planejamento efetivo, ainda que esse processo não se vincule a nenhum dos modelos e métodos sofisticados que encontram cada vez mais espaço nas práticas atuais de planejamento.

Enquanto os SIGs e os GPS permitiram enormes avanços na representação e visualização de dados espaciais, métodos de análise e simulação espacial ainda não se consolidaram de maneira efetiva em meio à comunidade de planejadores. Pela primeira vez, dispomos de uma teoria estatística da estrutura e dinâmica espacial consistente com as principais correntes de análise científica, construída a partir das novas formas de representação em SIGs, com foco

em análises exploratórias de dados, parametrização e calibração espacial e em prognósticos e controle. Antigos problemas de autocorrelação espacial são enfrentados de novas formas, graças principalmente ao potencial de simulações robustas e aos avanços em teoria matemática. Em termos de modelagem dinâmica, ocorreu uma sensível mudança de simulações agregadas de estruturas urbanas e regionais estáticas em direção a modelos dinâmicos desagregados, também chamados de micromodelos, que se voltam para a definição comportamental de múltiplos agentes e objetos no sistema de interesse. Em relação ao desenvolvimento urbano, a idéia da representação das cidades como células e de transições urbanas como regras tornou-se um dos pontos principais de sua nova agenda científica. Cada vez mais, modelos de autômatos celulares conquistam novos usuários, particularmente em vista do fato de se articularem bem com dados matriciais (*raster*), comumente usados em SIGs. Além disso, esses modelos diversificam seu escopo, oferecendo desde aplicativos para simulações teórico-abstratas até aqueles que respeitam os princípios da parcimônia científica ao permitirem o confronto de resultados de simulações empíricas com os respectivos dados reais.

Sistemas de suporte ao planejamento incluem todo esse repertório em um contexto de desenvolvimento de soluções ótimas, embora a idéia de otimização *stricto sensu* não seja mais dominante no âmbito do planejamento, uma vez que este se encontra firmemente ancorado sobre o contexto político local. Alternativas relacionadas à construção de cenários ainda vigoram nos processos de planejamento, embora com um objetivo mais profundo de engajar um público-alvo maior em busca de um consenso em relação ao que se espera do futuro em níveis urbanos e regionais. Assim, computadores e SIGs, além de nossa habilidade na comunicação de planos e análises de dados por meio de diferentes redes e instâncias socioprofissionais, tornaram-se fundamentais. De fato, assim como a nossa capacidade para prever o futuro está mais qualificada que nunca, nossa habilidade para explorar tais futuros nunca esteve melhor em vista das recém-descobertas possibilidades de engajamento e disseminação com a participação pública on-line. A introdução de dispositivos multimídia em SSP e SIGs, aliada à nossa habilidade de testar e votar em propostas on-line, bem como de nos engajar em planejamentos comunitários *bottom-up* (isto é, que partem da comunidade para os planejadores e técnicos), por meio de estúdios de projeto virtuais, está abrindo uma dimensão inteiramente nova no uso de SIGs, geoinformação e modelagem espacial em planejamento urbano e regional. A Participação Pública em SIGs (PP-SIGs) constitui um dos desenvolvimentos-chave em SSP, os quais estão sendo consideravelmente auxiliados por novos programas para mapeamento e visualização, como o Google Maps e o Google Earth, os quais estão reconhecidamente fornecendo uma funcionalidade e infra-estrutura espacial que até o mais leigo usuário de SIGs pode utilizar e personalizar para uso próprio.

Muitos dos novos desenvolvimentos no uso da geoinformação em planejamento urbano e regional são apresentados neste livro. Novas formas de sensoriamento remoto, modelagem celular e novas estruturas para o fornecimento de ferramentas inovadoras de análise em SIGs serão expostas nos próximos capítulos. No entanto, é de particular importância como o contexto do planejamento urbano e regional na América Latina, em geral, e em especial no Brasil, determina de que modo essas novas ferramentas serão usadas. Nossas cidades e regiões

apresentam um padrão espacial muito distinto daquele encontrado na América do Norte, na Europa e no Oriente, por exemplo. De alguma forma, os temas apresentados neste livro abordarão questões peculiares à realidade brasileira, como, por exemplo, problemas de habitações informais e disparidades regionais não vivenciados em outras partes do mundo. Ademais, nesse contexto, o desenvolvimento de sistemas de planejamento, o foco na sustentabilidade e a necessidade de ferramentas *in situ* úteis aos governos locais representam aplicações cruciais de SIGs, SSP e geoinformação. Os trabalhos aqui reunidos são de considerável importância para uma melhor prática do planejamento no Brasil, assim como para fornecer a leitores de outros países um conhecimento sobre como novas técnicas e ferramentas podem-se ajustar ao contexto local. Na realidade, essas contribuições alcançam uma importância ainda maior à medida que representam novos métodos a serem adicionados ao arsenal global de novos ferramentas para SIGs e SSP, os quais dependem, em última instância, da adaptação de princípios gerais de representação e simulação a contextos e aplicações específicas.

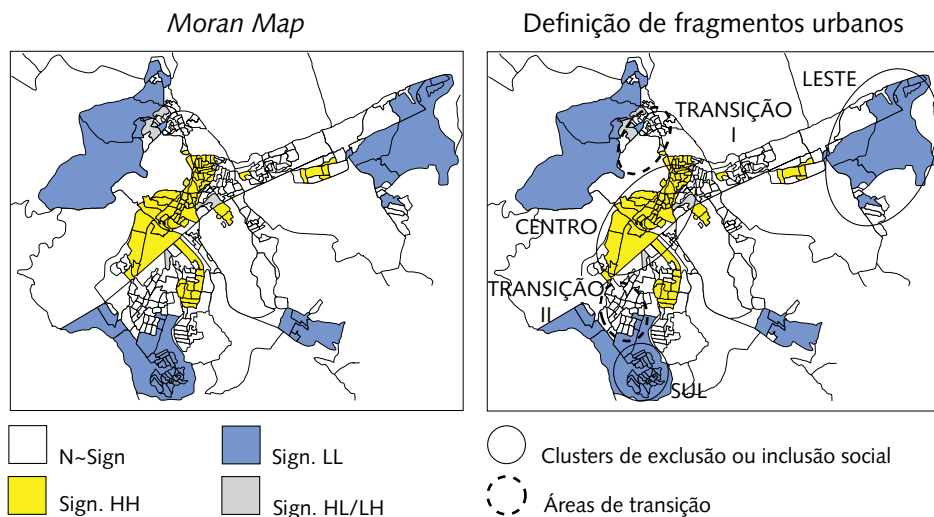
MICHAEL BATTY

*Professor of Planning, and Director of the Centre for Advanced Spatial Analysis (CASA), University College London, 1-19 Torrington Place, London WC1E 6BT, UK.*

e-mail: [m.batty@ucl.ac.uk](mailto:m.batty@ucl.ac.uk)

website: <http://www.casa.ucl.ac.uk>

Tradução: Cláudia Maria de Almeida

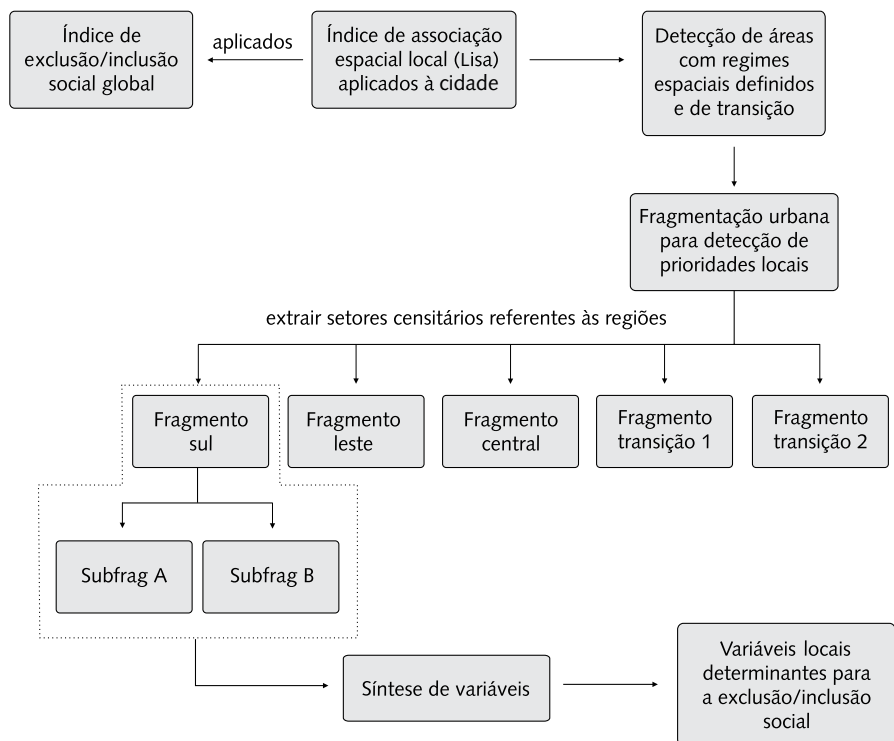


**Fig. 3.5** Interpretação do *Moran Map*, principal parâmetro considerado no método para definição de fragmentos urbanos

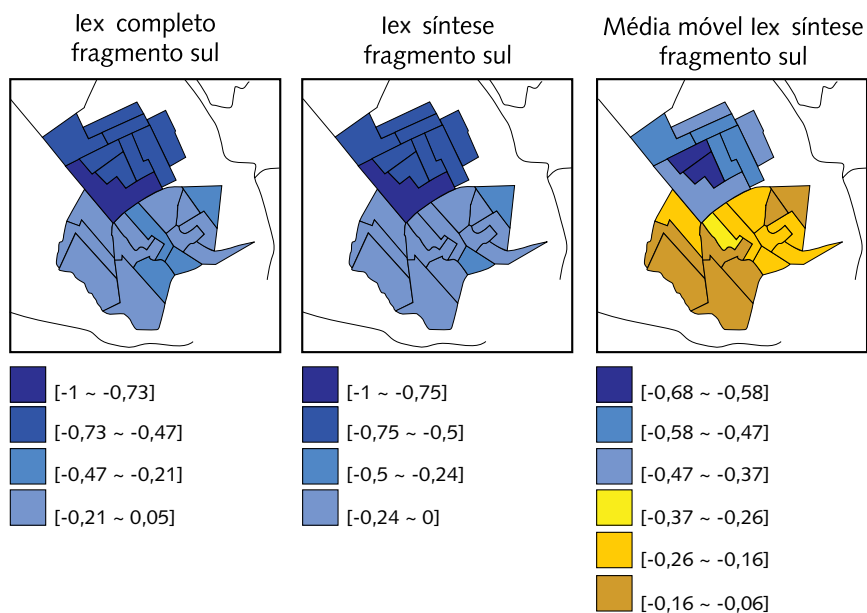
A observação do *Moran Map* para o índice de exclusão/inclusão social completo evidencia *clusters* de exclusão/inclusão social significativos e áreas de transição. A partir desses resultados, foram escolhidos cinco fragmentos-teste de interesse para a investigação estatística, dotados de “diferenças” entre si e de “similaridades” internas, descritas a seguir: 1) o fragmento sul, caracteristicamente dotado de alta correlação espacial positiva, delimitando regime espacial de exclusão social definido; 2) o fragmento central, dotado de autocorrelação espacial positiva, delimitando regime espacial de inclusão social definido; 3) o fragmento leste, dotado de autocorrelação espacial positiva, delimitando regime espacial onde predomina exclusão social; 4) dois fragmentos de transição (I e II) localizados entre regimes espaciais definidos, dotados de autocorrelação espacial negativa.

A partir da definição dos fragmentos urbanos, foram calculados os índices-síntese correspondentes a cada fragmento urbano, a fim de investigar se as variáveis estatisticamente significativas para a exclusão/inclusão social variam ou não em função de características de cada fragmento urbano. O modelo de regressão utilizado para a síntese de variáveis nos fragmentos é idêntico ao usado para a cidade, variando apenas a quantidade e a localização dos setores censitários. A Fig. 3.6 contém o fluxograma-síntese dos procedimentos utilizados para a definição e análise dos cinco fragmentos urbanos selecionados.

Como exemplo, a semelhança obtida entre os mapas completo e síntese, referentes ao fragmento sul, apresentados na Fig. 3.7, valida a produção de índices-síntese para os fragmentos urbanos. A Média Móvel, calculada para o índice-síntese, consegue captar diferenças internas ao fragmento sul, evidenciando uma tendência espacial de maior exclusão social (médias mais negativas), na porção norte do fragmento,



**Fig. 3.6** Definição de fragmentos urbanos: procedimentos e resultados esperados



**Fig. 3.7** Espacialização do índice de exclusão/inclusão social completo, síntese e média móvel referente ao índice de exclusão/inclusão social síntese



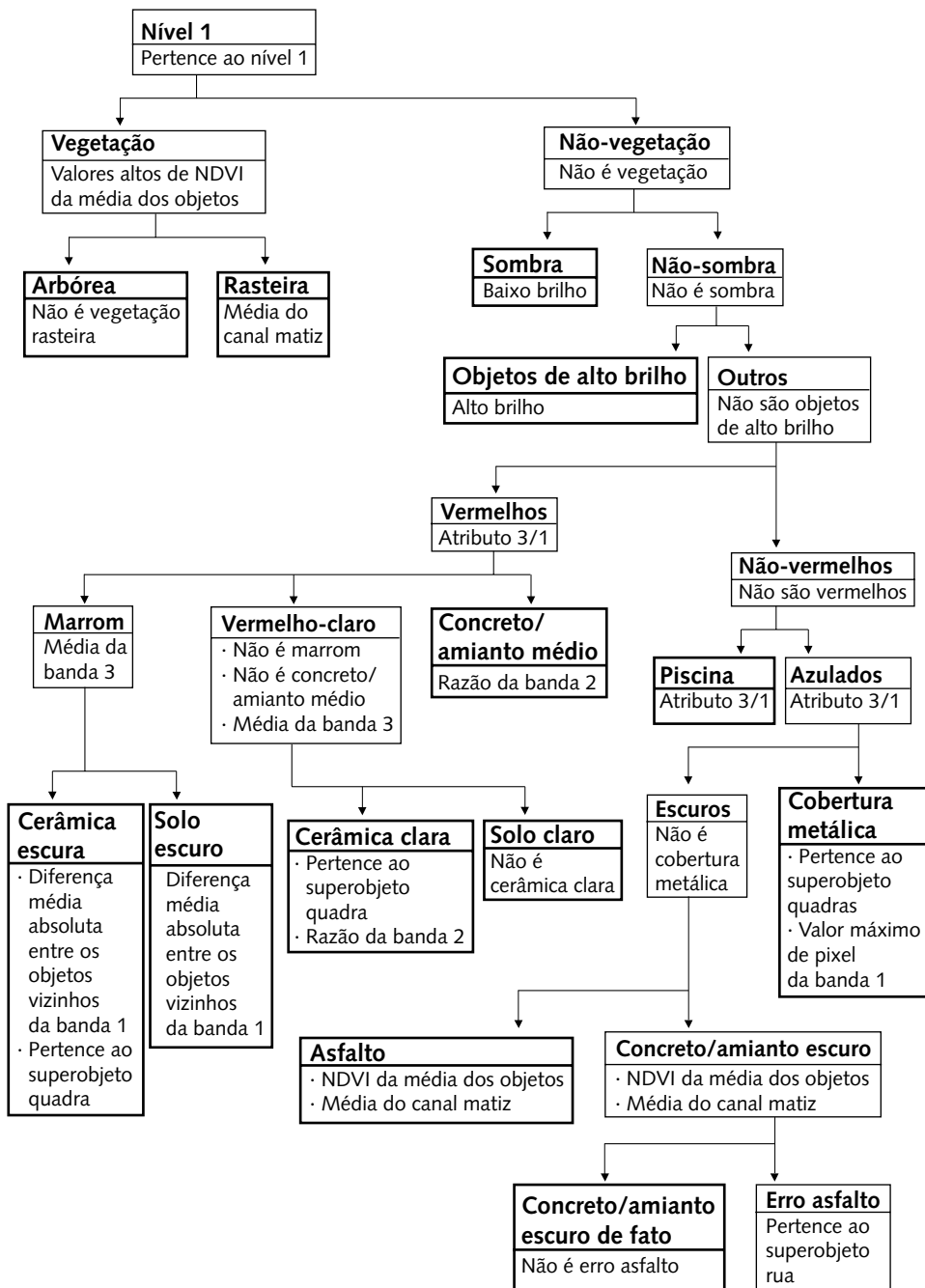


Fig. 8.3 Rede semântica utilizada na classificação

juntaram-se na classe cerâmica. Asfalto e erro asfalto fundiram-se em asfalto.

Na Fig. 8.4, observa-se o resultado da classificação. A partir de uma primeira análise visual, percebe-se que houve confusão entre as classes cerâmica e solo exposto (a área assinalada com círculo vermelho é solo exposto, mas grande parte dela foi classificada como cerâmica). O restante delas aparenta ter um comportamento bem coerente quando se analisa o resultado da classificação de forma geral.

#### 8.4.7 AVALIAÇÃO DA CLASSIFICAÇÃO

Nesta etapa, utilizaram-se duas técnicas de avaliação: a matriz de confusão, com o cálculo do coeficiente de concordância *Kappa*, e a análise de incertezas da classificação, com o cálculo do índice de instabilidade.

Segundo Rennó et al. (1999), o objetivo da matriz de confusão é avaliar os erros do resultado final da classificação (o mapa temático) em relação aos dados de referência (verdade de campo, amostras de teste ou outro mapa). Por outro lado, a incerteza está relacionada às dúvidas surgidas no processo de classificação, no momento da atribuição do pixel ou objeto a determinada classe. Em outras palavras, a meta da matriz de confusão é avaliar a qualidade do mapa, e a incerteza para avaliar a qualidade do processo de classificação.

Para a elaboração da matriz de confusão, realizaram-se os seguintes procedimentos:

1. Elaboração de amostra aleatória estratificada (com 70 amostras por classe), tomando como unidade amostral os polígonos do nível I de segmentação.



Fig. 8.4 Resultado da classificação