

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para atingir os objetivos deste trabalho, serão apresentados alguns conceitos básicos, bem como os fundamentos de algumas técnicas computacionais e estatísticas: o conceito de capital cultural, a relação existente entre capital cultural e grau de urbanização, lógica nebulosa e técnicas de análise exploratória espacial.

### 2.1. Capital cultural

De acordo com a proposta deste trabalho de construir uma interface entre a Sociologia e a Computação (utilizando ferramentas computacionais de análise de dados), é preciso estudar um conceito daquela ciência de grande importância para a condução de estudos e análises que envolvam o meio educacional, em especial o ambiente da universidade (foco deste trabalho), que é o conceito de capital cultural. Este conceito se apresenta como recurso teórico de grande utilidade para definir as características e a heterogeneidade dos estudantes que buscam a escolaridade em nível superior (Whitaker, 1981).

O conceito de capital cultural foi cunhado pelo sociólogo francês Pierre Bourdieu, e denota um conjunto de capacidades intelectuais e conhecimentos, mas mais do que isso, um conjunto de **potencialidades** que formam a constituição intelectual de uma pessoa, obtidas a partir de diversas fontes, materiais ou não. Tal como aponta Whitaker (1981),

É possível, portanto, pensar em capital cultural como um conjunto lógico e funcional de conhecimentos ligados à literatura, teatro ou música — artes de modo geral — além da compreensão dos acontecimentos políticos (nacionais e internacionais), o que alarga extraordinariamente as possibilidades de se aprender História e Geografia, por exemplo. Integrada a esse conjunto de conhecimentos,

transmitidos informalmente pelos adultos, a existência de livros, jornais e revistas ganha funcionalidade, na medida em que aquilo que o estudante lê tem muito a ver com aquilo sobre o que se conversa, o que leva à ampliação do vocabulário e à assimilação de uma sintaxe que ajuda a criar as estruturas mentais adequadas aos conteúdos da escola, principalmente aqueles que são transmitidos em linguagem científica específica, em nível universitário (Whitaker, 1981, p.60).

É possível verificar, através da citação acima, a complexidade do conteúdo expresso pelo conceito de capital cultural. É importante destacar o que se quer dizer com conhecimento e capacidade de compreensão. Por exemplo, não basta ser capaz de ler a língua na qual uma obra literária está escrita para, automaticamente, captar todas as idéias e emoções que o autor está transmitindo. Da mesma forma, o domínio da língua não é suficiente para, a partir da leitura de um jornal, compreender os desdobramentos e ligações decorrentes dos fatos sendo noticiados. O nível sócio-econômico de uma pessoa também está representado no conceito, já que o mesmo também engloba elementos materiais, como livros, revistas, obras de artes, máquinas. Assim como dito anteriormente, não basta a existência, a posse de um livro, é preciso que sua leitura, além de possível (a partir da idéia de compreensão vista acima) seja capaz de transformar o intelecto de quem está lendo, gerando novas opiniões, críticas, visões futuras, etc.

Desse modo não é possível a visualização direta do capital cultural de uma pessoa, mas sim, os fatores cuja presença **podem** gerar, em uma pessoa, o conjunto de potencialidades citado anteriormente (o aumento, a aquisição de capital cultural). Esses fatores tanto podem ser de natureza material (livros, jornais, obras de arte, equipamentos) quanto de natureza imaterial (conversas com os familiares, acesso a peças de teatro, viagens).

Essa diferenciação de natureza leva à classificação das formas, ou estados, como definiu Bourdieu (1998a), pelos quais o capital cultural se apresenta numa pessoa: estado incorporado, estado objetivado e estado institucionalizado:

O capital cultural pode existir sob três formas: no estado incorporado, ou seja, sob a forma de disposições duráveis do organismo; no estado objetivado, sob a forma de bens culturais — quadros, livros, dicionários, instrumentos, máquinas, que constituem indícios ou a realização de teorias ou de críticas dessas teorias, de problemáticas, etc.; e, enfim, no estado institucionalizado, forma de objetivação que é preciso colocar à parte porque, como se observa em relação ao certificado escolar, ela confere ao capital cultural — de que é, supostamente, a garantia — propriedades inteiramente originais (Bourdieu, 1998a, p.74).

O **estado incorporado** do capital cultural representa a parte imaterial, a essência das potencialidades intelectuais de uma pessoa, tanto de natureza técnica (conhecimentos técnicos, adquiridos, armazenados, combinados, reciclados, renovados, e que permitem a execução de procedimentos profissionais no dia-a-dia) quanto de natureza sentimental (percepção estética visual e auditiva, percepção do nexos dos fatos que acontecem na sociedade). A acumulação do capital cultural neste formato pressupõe, portanto, um trabalho de assimilação que tem como custo o tempo, que deve ser investido pela própria pessoa. É um trabalho de aquisição do sujeito sobre si mesmo (Bourdieu, 1998a).

Na verdade, no estado incorporado, a pessoa não **tem** capital cultural; ela é o próprio capital cultural, já que este é um fator intelectual que rege toda a sua vida consciente. Bourdieu resume este fato de maneira enfática, ao afirmar que:

O capital cultural é um ter que se tornou ser, uma propriedade que se fez corpo e tornou-se parte integrante da “pessoa”, um habitus. Aquele que o possui “pagou com sua própria pessoa” e com aquilo que tem de mais pessoal, seu tempo (Bourdieu, 1998a, p.74).

O **estado objetivado**, por sua vez, representa a face material dos fatores geradores de capital cultural, como visto anteriormente (quadros, livros, obras de arte, máquinas). Porém deve ficar claro a estreita ligação entre esta forma e o estado incorporado, já que apenas a existência por si só de, por exemplo, uma obra de arte não significa necessariamente um aumento do capital cultural de uma pessoa que se dispõe a observá-la. É preciso senti-la, apreendê-la, assimilá-la, e nada disto é possível sem requisitos mínimos dados pelo próprio capital cultural, já incorporado pela pessoa.

Pode-se pensar, da mesma forma, com relação a transmissão desse tipo de capital cultural. Como ele tem forma material, o que é transmissível é a propriedade jurídica, e não o que constitui a condição da apropriação específica final de assimilação, que é a posse dos instrumentos intelectuais que permitem desfrutar de um quadro, ler um livro ou utilizar uma máquina. Estes instrumentos, como já vimos, formam o capital cultural incorporado, e estão sujeitos a outras formas de transmissão que não a transferência da posse jurídica.

Finalmente, o **estado institucionalizado** representa uma objetivação do capital cultural de uma pessoa na forma dos certificados emitidos pelas instituições de ensino (diplomas). Como já visto, o capital cultural incorporado é invisível e está ligado ao sujeito de forma indissociável. Um diploma é uma tentativa de materializar este capital cultural incorporado, como um retrato instantâneo do conjunto de capacidades e potencialidades de uma pessoa. E como retrato instantâneo, tem um valor de representação quase imutável, diferente do capital cultural

incorporado que é dinâmico, aumentando ou diminuindo a cada instante, a cada nova experiência de vida do seu possuidor.

Concluindo esta seção, busca-se discutir a existência de processos de **transmissão** do capital cultural, fato que ocorre principalmente no seio familiar, isto é, o capital cultural de uma pessoa é formado principalmente a partir dos “bens culturais” transmitidos pela educação informal, existente no ambiente familiar. Estudos de Bourdieu e Passeron (*apud* Whitaker, 1981) mostram como, na França, os filhos das classes sociais mais privilegiadas têm mais sucesso na tentativa de acesso aos cursos superiores, devendo-se este fato a uma herança cultural desses indivíduos, ligada à sua situação de classe. Bourdieu usa a expressão “osmose” social, para descrever o fato de que o capital cultural “flui” naturalmente no ambiente familiar. Whitaker (1981) mostra que na sociedade brasileira esse processo não acontece da mesma forma como na França. Aqui, devido às particularidades de formação da sociedade brasileira, capital cultural e condição de classe não estão mecanicamente relacionadas.

Toda essa discussão sobre esse tema nos leva a questão que é requisito fundamental deste trabalho: É possível “medir” o capital cultural de uma pessoa, ou ainda, de um grupo de pessoas, criando um indicador que permita a comparação dos “perfis” de capital cultural desses grupos?

Essa característica de transmissão familiar será utilizada para possibilitar essa medição, partindo-se de dados que reflitam características catalizadoras de capital cultural da família de uma pessoa, como por exemplo o grau de instrução, tanto do pai, quanto da mãe, entre outras possíveis variáveis sócio-econômicas.

## 2.2. A relação entre grau de urbanização e capital cultural

Na seção anterior, o capital cultural foi conceituado como um conjunto de conhecimentos e de capacidades de compreensão de elementos de diversas áreas do conhecimento humano (artes, ciências, fatos históricos, etc.) que forma a constituição cultural e intelectual de uma pessoa. Apenas por esta definição, pode-se inferir sobre a existência de uma relação de influência entre a cidade e o capital cultural (de uma pessoa ou de um grupo de pessoas desta cidade), já que é na cidade que são encontrados diversos “aparelhos” culturais que, sem dúvida, possibilitam a acumulação deste tipo especial de capital, tais como teatros, cinemas, um maior leque de meios de comunicação (jornais, revistas, estações de rádio, canais de televisão), bibliotecas e livrarias. Seria lógico imaginar que, comparando duas cidades, onde uma delas possua vários desses “equipamentos” (como, por exemplo, é o caso de uma capital) e a outra nem tanto (uma pequena cidade do interior), a primeira tem um potencial maior de geração de capital cultural nos seus cidadãos que a segunda.

Indo além desta simples conclusão lógica, trabalhada apenas com base no conceito de capital cultural e nos significados das palavras “urbano” e “cidade”, existem inúmeros trabalhos científicos que demonstram, no contexto da pesquisa sociológica, a relação existente entre capital cultural e o grau de urbanização<sup>2</sup> de uma determinada região.

Entre esses trabalhos, destaca-se o de Fiamengue (2002) que estuda o conceito de elite no contexto da universidade pública, em especial no âmbito da UNESP, a partir de dados sócio-econômicos dos candidatos ao vestibular desta instituição, observando e refletindo sobre a suposta elite que

---

<sup>2</sup> O conceito formal de “grau de urbanização”, em especial o indicador estatístico que será utilizado para medí-lo, será visto mais adiante nesta seção. Por ora, utilizaremos apenas o significado de urbano, “relativo ou pertence à cidade” e cidade, “complexo demográfico formado, social e economicamente, por uma importante concentração populacional não agrícola, isto é, dedicada a atividades de caráter mercantil, industrial, financeiro e cultural” (significados obtidos no dicionário da língua portuguesa Aurélio Eletrônico).

compõe a população universitária brasileira. A autora demonstra claramente a influência que a localização geográfica exerce sobre o perfil de capital cultural dos candidatos, e como essa influência direcionou sua escolha dos campi a serem estudados em seu trabalho:

Assim, as cidades selecionadas foram: Araraquara, Bauru, Botucatu e Jaboticabal (...). Esses campi foram escolhidos a partir de sua localização geográfica. Procurei com esse recorte neutralizar as influências, tanto ‘elitizantes’ quanto ‘democratizantes’ que a proximidade/distância em relação à capital pudesse provocar. As pesquisas realizadas anteriormente mostram que a localização de um curso em determinado campus tem influência na composição de um perfil com maior ou menor grau de elitização/democratização (deselitização) da sua clientela (Whitaker e Fiamengue, 1999). Também já está comprovado sociologicamente a influência que o grau de urbanização provoca em termos de capital cultural (Todorov, 1977; Oliveira, 1976; Whitaker, 1981) (Fiamengue, 2002, p.26).

Além de constatar essa relação de influência em suas próprias pesquisas (Whitaker e Fiamengue, 1998, 1999, 1999a, 1999b, 1999c, 2000, 2000a, 2001 e 2001a), a autora faz referência a um estudo realizado por Lólio Oliveira (1976), que tem por objetivo constatar, através de métodos quantitativos, a relação existente entre urbanização e capacidade de acesso ao ensino superior (a partir do conceito visto na seção anterior, podemos facilmente relacionar a quantidade de capital cultural de um estudante com a possibilidade deste ter sucesso na sua tentativa de acesso ao ensino superior) (Oliveira, 1976 *apud* Whitaker, 1981). Para medir esta relação, o autor utiliza as seguintes variáveis: proporção de candidatos ao vestibular com a população jovem dos municípios de origem, grau de urbanização, grau de

desenvolvimento industrial, distância da capital, nível sócio-econômico das famílias e grau de competitividade das carreiras. Em especial, destaca-se a relação que o autor buscou entre grau de urbanização e a pontuação dos candidatos nas provas.

Oliveira (1976) não apenas consegue demonstrar a relação apresentada como hipótese, mas também se mostra surpreso com a grandeza com que o fato se apresenta, já que pelas suas conclusões, a chance de um estudante de um dos menores municípios do Estado vir a candidatar-se ao vestibular é 18,5 vezes menor do que a de um estudante de um município com mais de 200.000 habitantes.

Ainda sobre essa temática encontra-se o trabalho de M. Todorov (Todorov, 1977) que relaciona um maior e melhor atendimento educacional a regiões mais urbanizadas e cidades maiores. Segundo ela, é na estrutura urbana que se encontram ocupações que requerem níveis altos de educação, desta forma pressionando pela expansão do sistema educacional (Todorov, 1977 *apud* Whitaker, 1981).

A autora aborda uma questão que é bastante próxima da temática desta dissertação: a distribuição espacial das instituições de ensino afeta as oportunidades de acesso ao sistema educacional, pois a oferta educacional varia em quantidade e qualidade não só entre as diversas regiões do país, mas também entre diversas comunidades dentro de uma mesma cidade. Assim, encontra-se uma melhor oferta de recursos educacionais (e conseqüentemente indivíduos com níveis educacionais mais altos) em comunidades maiores ou em regiões mais ricas de um país ou mesmo de uma cidade.

Ainda segundo esta autora, o tamanho da comunidade se relaciona com a quantidade de oferta educacional, o grau de exposição a canais de informação e a probabilidade de interiorização de padrões culturais urbanos.



Todorov (1977) estuda essa temática através de métodos quantitativos, manipulando as seguintes variáveis: número de pontos obtidos pelos candidatos nas provas, ocupação dos pais, tamanho da cidade em que residiram por mais tempo, o fato de o candidato trabalhar ou não na época do vestibular. Após essas análises, a autora confirma a hipótese apresentada inicialmente:

Os resultados obtidos vêm confirmar o que estudos anteriores já indicavam: origem sócio-econômica e experiência urbana influem sobre o desempenho dos indivíduos no sistema educacional. Esta influência, que se exerce já a partir das primeiras séries do primeiro grau e persiste nos níveis mais avançados, ainda se faz presente entre os candidatos ao vestibular (Todorov, 1977, p.90).

Fica claro, após a apresentação destes trabalhos, que o fator urbanização é de utilização imprescindível na tarefa de caracterização do vestibulando bem sucedido, e assim será feito no âmbito desta dissertação. Mas qual indicador pode ser utilizado para representar esse fator urbanização? De que forma é possível caracterizar quantitativamente um determinado município a partir de suas características urbanas ?

Segundo o sistema de divulgação de dados do Ministério da Saúde, DATASUS<sup>3</sup>, grau de urbanização é o “percentual da população residente em áreas urbanas, em determinado espaço geográfico, no ano considerado”, isto é, o número de pessoas que residem na área urbana dividido pelo número total de habitantes da localidade em questão. Neste ponto uma questão se apresenta: seria esse simples cálculo um indicador suficiente para realizar o estudo proposto? Se o objetivo é demonstrar uma relação de influência sobre um conceito tão complexo, como é o de Capital

---

<sup>3</sup> Disponível em [<http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/idb2000/fqa04.htm>].

cultural, não haveria um indicador mais abrangente, que leve em consideração outras características do município em questão?

Com essas preocupações em mente, optou-se neste trabalho pela utilização do IDH-M (Índice Municipal de Desenvolvimento Humano), construído pelo IPEA (Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada) e pela Fundação João Pinheiro a partir do IDH (Índice de Desenvolvimento Humano) desenvolvido para o PNUD (Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento) em 1990, com o objetivo de medir a qualidade de vida e o progresso humano em âmbito mundial. Também a criação do IDH original teve como motivação a mesma preocupação que este trabalho apresenta: o uso de um único tipo de dado como representação única de características mais complexas. Há muito tempo estabeleceu-se a prática de avaliar o bem estar de uma população, e conseqüentemente de classificar os países ou regiões, pelo tamanho de seu PIB per capita. Entretanto, o progresso humano e a evolução das condições de vida das pessoas não podem ser medidos apenas por sua dimensão econômica. Desta forma buscou-se, com a criação do IDH no início da década de 90, uma medida sócio-econômica mais abrangente, que incluísse também outras dimensões fundamentais da vida e da condição humana.

O IDH combina, em sua composição, três componentes básicos do desenvolvimento humano (PNUD et al, 1997):

- a longevidade, que também reflete, entre outras coisas, as condições de saúde da população; medida pela esperança de vida ao nascer;
- a educação; medida por uma combinação da taxa de alfabetização de adultos e a taxa combinada de matrícula nos níveis de ensino fundamental, médio e superior; e

- a renda; medida pelo poder de compra da população, baseado no PIB per capita ajustado ao custo de vida local para torná-lo comparável entre países e regiões, através da metodologia conhecida como paridade do poder de compra.

Em 1996, a Fundação João Pinheiro e o IPEA trabalharam em conjunto em um projeto de adaptação da metodologia utilizada pelo PNUD para a construção do IDH, objetivando aplicar os conceitos e medidas do desenvolvimento humano a unidades geo-político-administrativas mais desagregadas, como os municípios, surgindo assim o IDH-M. É esse o indicador que será utilizado neste trabalho, visto que se apresenta como o mais abrangente para representar o grau de urbanização.

O IDH-M é um índice consolidado nas análises econômicas, sociais e políticas entre os pesquisadores dos diversos órgãos científicos do país. Não cabe no âmbito desta dissertação discorrer em detalhes sobre a metodologia de construção deste indicador<sup>4</sup>.

Assim, a partir das justificativas acima citadas, optou-se pelo IDH-M como o indicador mais adequado para a realização dos objetivos desta dissertação.

---

<sup>4</sup> Os leitores mais interessados poderão buscar a documentação técnica no IBGE, IPEA e Fundação João Pinheiro.

## **2.3. Técnicas de análise**

### **2.3.1. Teoria dos conjuntos nebulosos (Fuzzy Sets) e Lógica nebulosa (Fuzzy Logic)**

Foram apresentadas, na seção anterior, diversos estudos relacionando capital cultural com o grau de urbanização de uma determinada região, isto é, como o fator urbanização influencia, positiva ou negativamente, o perfil de capital cultural das pessoas, em especial dos estudantes das regiões estudadas. Este trabalho soma nesta discussão, analisando os dados disponíveis utilizando uma combinação de ferramentas de análise de dados quantitativos que até então não tinham sido utilizadas, em especial os recursos de geoprocessamento.

Para atingir esse objetivo, este trabalho tem como requisito fundamental a necessidade de quantificar o capital cultural que um grupo de pessoas possui (queremos um indicador de “perfil” de capital cultural de um grupo de pessoas, para que se possa comparar esse indicador com o de outros grupos).

Como visto anteriormente, o capital cultural é transferido principalmente no ambiente familiar. Desta forma, pode-se “estimar” a quantidade de capital cultural de uma pessoa a partir de certas características familiares que sejam catalizadoras de capital cultural, como por exemplo o grau de instrução do pai e da mãe. E se podemos estimar a quantidade de capital cultural de uma pessoa, podemos também fazer o mesmo com relação a um grupo de pessoas, como por exemplo os candidatos ao vestibular de um determinado curso.

Surge então, nesse ponto, a seguinte questão: é possível a criação de um modelo, a partir do conhecimento subjetivo de um especialista, que seja capaz de gerar o indicador quantitativo de capital cultural necessário para se atingir os objetivos deste trabalho?

No âmbito das atividades científicas, as palavras “teoria” e “modelo” estão diretamente relacionadas aos processos construtivos que tornam possível descrever e explicar os fenômenos da realidade (Delattre, 1992).

Não nos é possível conhecer a realidade diretamente, mas sim através da nossa interação com os fenômenos que recebemos dela por meio dos nossos sentidos. É o contato com esses fenômenos que nos permite construir um modelo da realidade, e a partir do estudo do comportamento deste modelo, tentar inferir aproximadamente o comportamento da própria realidade. Os modelos, portanto, repousam sobre uma analogia, um sistema de relações entre seus termos e as entidades do mundo que se pretende interpretar.

É impossível para o ser humano a compreensão total e completa dos fenômenos com os quais tem contato. Isto significa que, nas nossas tentativas de compreensão da realidade, estamos sempre construindo modelos simplificados, ou seja, trabalhando com um “subconjunto” da realidade. Os modelos são construídos visando o estudo de aspectos específicos da realidade (problemas específicos de uma área bem definida), e desta forma não explicam a realidade de uma maneira total:

As teorias científicas não estarão nunca aptas a fornecer uma descrição completa e definitiva da realidade. Serão sempre aproximações da verdadeira natureza das coisas. Em termos claros: os cientistas não lidam com a verdade; eles lidam com descrições da realidade limitadas e aproximadas (Capra, 1999, p.45).

É preciso, portanto, discutir o conceito de imprecisão, isto é, a busca de uma medida de associação entre a realidade que se deseja representar, e o que efetivamente o que o modelo construído consegue

representar. Esta é uma questão importante, pois como já visto, tentamos inferir conhecimento acerca da realidade por analogia aos resultados obtidos utilizando o modelo construído. E certamente, a qualidade desses resultados depende diretamente do quanto o modelo consegue se aproximar da realidade.

Note-se que não se trata aqui de tentar **diminuir** ou **zerar** a imprecisão associada ao modelo (atividade que, dada a complexidade da realidade, é impossível), mas sim, **levar em consideração** esta imprecisão, objetivando uma compreensão melhor do que se está deixando de fora do modelo.

Pode-se associar esta noção de imprecisão a dois aspectos distintos: o primeiro, com relação ao modelo em si, e com a forma como ele é construído, ou seja, por meio da nossa linguagem. Apesar da linguagem natural ser a forma mais poderosa de comunicação e troca de informações entre os seres humanos, ela é, por sua própria natureza, vaga e imprecisa (Ross, 1995). Desta forma, a imprecisão associada a nossa linguagem se reflete no modelo por ela descrita.

Esta imprecisão é, em especial, a dificuldade de atribuir significado preciso a regiões de fronteira, ou “região de sombra”, como nos fala Bertrand Russel (Russel, 1923). Mais ainda, é a dificuldade de dar conta de aspectos “nebulosos” da realidade. Tomemos o exemplo da palavra “vermelho”. Se olharmos uma escala de cores, conseguimos discernir um grupo de tonalidades ao qual podemos chamar com certeza de “vermelho”, e um outro grupo, que de forma similar podemos chamar de “laranja”. Mas qual foi o ponto exato da mudança? Em que tonalidade o vermelho passou a ser laranja? (Figura 2)

The fact is that all words are attributable without doubt over a certain area, but become questionable within a penumbra, outside which they are again certainly not attributable. Someone might seek to obtain precision in the use of words

by saying that no word is to be applied in the penumbra, but unfortunately the penumbra is itself not accurately definable, and all the vaguenesses which apply to the primary use of words apply also when we try to fix a limit to their indubitable applicability (Russel, 1923).



**Figura 2 - Onde termina o vermelho? Onde começa o laranja?**

O segundo aspecto acerca da noção de imprecisão diz respeito a maneira como o ser humano raciocina acerca de um problema, de um objeto de estudo. Os seres humanos, em especial os responsáveis pelo desenvolvimento de modelos da realidade, não possuem a informação completa para a solução dos problemas. Algumas das informações de que se dispõe são subjetivas, julgamentos pessoais por parte do pesquisador, e não informação quantitativa precisa (Ross, 1995). Ou seja, nem sempre tomamos uma decisão a partir de dados precisos, combinados com uma regra também precisa, que nos diz que decisão tomar em qualquer ocasião. Muitas vezes, nossas decisões são tomadas com base em julgamentos subjetivos e intuições.

É nesse ponto que a lógica nebulosa, que se apóia na teoria dos conjuntos nebulosos, surge como ferramenta capaz de dar conta nesta tarefa de construção de um modelo da realidade que leve em consideração o fator imprecisão. A aplicação da lógica nebulosa objetiva criar um modelo que permita a geração de um indicador quantitativo de capital cultural, a partir do conhecimento subjetivo de um especialista nesse tema. Entre os objetivos da lógica nebulosa, encontramos o de permitir um melhor tratamento matemático (e por consequência, computacional) de imprecisões, especialmente as encontradas como característica fundamental do raciocínio humano. O conceito básico que sustenta a lógica nebulosa é o de uma variável linguística, isto é, uma variável cujos valores são palavras ao invés de números. Desta forma a lógica nebulosa pode ser vista como uma metodologia para computação com palavras ao invés de números. As palavras são inerentemente menos precisas que os números, porém seu uso é mais próximo da intuição humana (Zadeh, 2000). Enquanto os procedimentos computacionais tradicionais impõem uma precisão artificial em dados, processamentos e nos resultados finais desses processamentos, a utilização da lógica nebulosa, por sua vez, permite que essas imprecisões façam parte de todo o processo, seja nos dados inseridos no processamento, na própria definição do processamento a ser realizado, ou na apresentação dos resultados.

Para se entender o principal conceito por trás da lógica nebulosa, que é o de conjunto nebuloso, precisamos revisitar a teoria clássica dos conjuntos. A idéia principal a ser lembrada relativamente a essa teoria é a de pertinência de um elemento a um conjunto: um determinado elemento ou **pertence** a um conjunto, ou **não pertence** ao conjunto. Por exemplo, no conjunto “números pares menores que 10”, o elemento “2” **pertence** ao conjunto, enquanto que o elemento “3” **não pertence** ao conjunto. Utilizando a linguagem matemática, podemos utilizar a notação  $\chi_A(x)$  para indicar



“pertinência do elemento  $x$  ao conjunto  $A$ ”, e pelo que vimos, esse valor de pertinência só pode ser 1 (indicando que  $x$  **pertence** a  $A$ ) ou 0 (indicando que  $x$  **não pertence** a  $A$ ).

Note-se os problemas que surgem quando esse conceito rígido é aplicado à forma de pensamento humano: caso se queira definir o conjunto “pessoas altas”, é preciso definir a medida a partir da qual a pessoa pode ser considerada alta, por exemplo, 1,80m. Desta forma, as pessoas que tivessem altura superior a 1,80m seriam consideradas “altas”, isto é, pertenceriam ao conjunto “pessoas altas”. Já as pessoas que tivessem altura inferior a 1,80m estariam fora desse conjunto. Ou seja, mesmo que a pessoa tivesse 1,7999m, ela não poderia ser considerada “alta”.

Como exemplo adicional, pode-se imaginar a necessidade de se selecionar, em uma determinada região, uma área para a construção de um edifício, e que tivéssemos como requisitos para aprovação da área as seguintes regras:

- inclinação menor que  $30^\circ$ ;
- instabilidade do terreno menor que 15%.

Encontramos, na região, três áreas de interesse, com as seguintes características:

Área 1:

Inclinação:  $0^\circ$

Instabilidade: 15,2 %

Área 2:

Inclinação:  $30,3^\circ$

Instabilidade: 0 %

Área 3:

Inclinação:  $29,5^\circ$

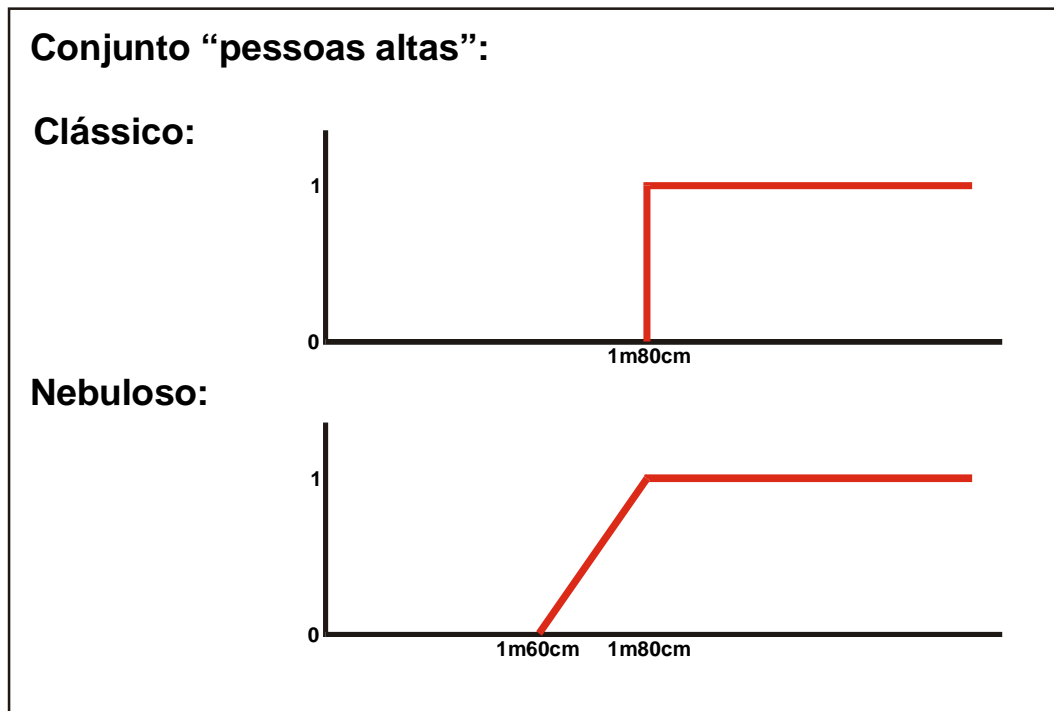
Instabilidade: 14,8 %

Segundo as regras estabelecidas e utilizando a teoria clássica dos conjuntos, a Área 3 seria a escolhida (já que é a única que efetivamente respeita as regras estabelecidas), enquanto que as outras duas áreas seriam descartadas. Mas claro está que a Área 3 é a pior de todas as três áreas apresentadas.

A teoria dos conjuntos nebulosos tenta diminuir esse problema, acabando com a rigidez da pertinência de um elemento a um conjunto. Em termos matemáticos, o valor da pertinência, em um conjunto nebuloso, varia **entre** 0 (não pertence com certeza) e 1 (pertence com certeza), podendo assumir qualquer valor entre esses extremos. Se indicarmos a função de pertinência de um conjunto nebuloso por  $\mu_A(x)$ , ou seja, “pertinência do elemento  $x$  ao conjunto nebuloso  $A$ ”, teremos:

$$\mu_A(x) = \alpha, \quad \alpha \in [0,1]$$

No exemplo já visto de um conjunto “pessoas altas”, pode-se definir que, acima de 1m80cm a pessoa pode certamente ser considerada alta, e abaixo de 1m60cm a pessoa pode certamente ser considerada baixa (ou pelo menos, não alta). A partir de 1m60cm “vai se considerando” a pessoa alta. A diferença entre as duas abordagens fica mais clara na Figura 3.



**Figura 3 - Comparação entre a Teoria clássica dos conjuntos e a Teoria dos conjuntos nebulosos.**

Desta forma, uma pessoa com altura de 1m75cm teria pertinência no conjunto “pessoas altas” igual a 0,75. Outra pessoa, com altura igual a 1m64cm, teria pertinência no mesmo conjunto igual a 0,2. Ambos não pertenceriam “totalmente” ao conjunto “pessoas altas”, já que nenhum dos dois possui pertinência igual a 1. Porém, claramente se nota que a primeira pessoa “pertence mais” ao conjunto que a segunda pessoa (que “pertence pouco”).

Outro exemplo pode ser a tentativa de se classificar, para um conjunto de candidatos ao vestibular de um certo curso, a porcentagem de candidatos cujas mães tem curso superior (característica que, como será visto mais adiante, é de grande importância para se medir o capital cultural de uma pessoa). O que é, para um especialista no tema que se deseja estudar, um valor “alto” para essa porcentagem? E um valor “médio” ? Quando um valor de porcentagem deixa de ser “médio”, para se tornar “alto” ? A utilização da

teoria dos conjuntos tradicional imporia uma rigidez e precisão artificial a esses dados, além de perder muito do conhecimento subjetivo de um especialista sobre o tema. A Figura 4 mostra um exemplo desses conjuntos, na sua forma nebulosa.

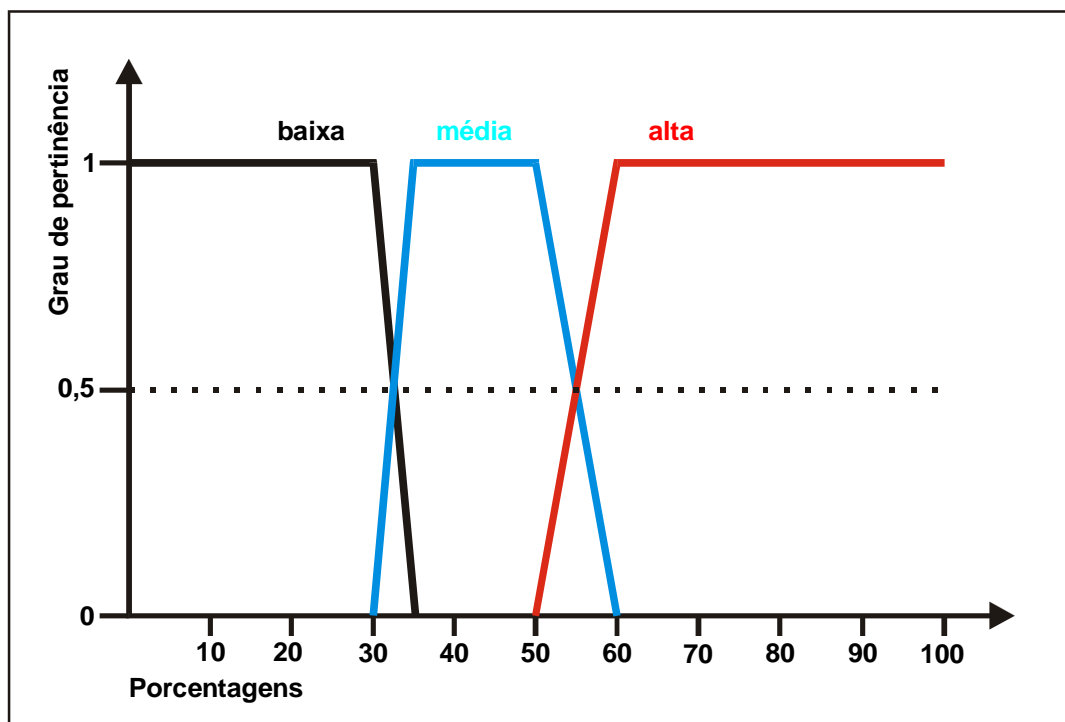


Figura 4 - Variável “porcentagem de mães com nível superior”.

Como podemos ver no gráfico, porcentagens abaixo de 30% são com certeza consideradas “baixas”. A partir de 30% até 35%, “vai se deixando de considerar a porcentagem como baixa”, e, não por acaso, vai se considerando a porcentagem como “média”. Acima de 35%, com certeza não se considera mais a porcentagem como “baixa” (sendo considerada “média” ou “alta”, conforme o caso).

O objetivo final é a construção de um sistema de raciocínio nebuloso (*fuzzy reasoning system*), composto de:

- conjuntos nebulosos para os diversos valores das diversas variáveis de entrada, bem como para os valores da variável de saída (resultado do processamento);

- regras, no formato “se...então” relacionando os valores das diversas variáveis de entrada (utilizando operadores lógicos **E** e **OU**) aos valores da variável de saída.

As regras são as responsáveis por relacionar as variáveis de entrada, isto é, os conjuntos nebulosos que descrevem os dados sobre os quais busca-se um processamento, às variáveis de saída (o resultado do processamento). Como já apresentado, a escolha das regras tem como ponto de partida, além da análise do próprio processo em si, a experiência dos especialistas que com ele trabalham (Galvão e Valença, 1999).

Como exemplo de um sistema de raciocínio nebuloso, queremos calcular a quantidade de capital cultural de um grupo de pessoas a partir das porcentagens de alunos cujas mães e pais possuam nível superior. Desta forma, temos como variáveis de entrada:

- porcentagem de mães com nível superior;
- porcentagem de pais com nível superior.

E como variável de saída:

- nível de capital cultural (um valor arbitrário entre 0 e 10).

É preciso definir então os diversos conjuntos nebulosos para os valores das variáveis acima, como por exemplo, no caso das mães com nível superior, o que é uma porcentagem ALTA, uma porcentagem MÉDIA e uma porcentagem BAIXA, no formato exibido no exemplo apresentado na Figura 4. A mesma coisa para a variável “pais com nível superior” e também para a variável “nível de capital cultural”. Finalmente, precisamos construir as regras que combinam esses valores, no seguinte formato:

- SE porcentagem de mães com nível superior é ALTA  
E porcentagem de pais com nível superior é ALTA,  
ENTÃO o nível de capital cultural é MUITO ALTO;
- SE porcentagem de mães com nível superior é ALTA  
OU porcentagem de pais com nível superior é MÉDIA,  
ENTÃO o nível de capital cultural é ALTO.

Pode-se notar, nas regras de exemplo apresentadas acima, a presença de um operador que faz a ligação entre os diversos conjuntos de entrada, que são os operadores **E** e **OU**. Em termos da teoria clássica dos conjuntos, o operador **E** se traduz pela operação de intersecção de conjuntos (um elemento deve estar em um conjunto **E** no outro conjunto), enquanto que o operador **OU** se traduz pela operação de união de conjuntos (um elemento deve estar em um conjunto **OU** no outro conjunto). A definição desses operadores na teoria clássica dos conjuntos é simples, visto que a um elemento só é permitido dois estados: o de pertencer ou não-pertencer a um determinado conjunto. Mas e quanto a teoria dos conjuntos nebulosos, onde a pertinência de um elemento a um conjunto pode assumir uma infinidade de valores?

Existem diversos métodos, desenvolvidos no âmbito da lógica nebulosa, para a operacionalização desses operadores, mais ou menos adequados conforme as necessidades da aplicação sendo modelada. Neste trabalho, optou-se pelos operadores convencionais inicialmente desenvolvidos pelo criador da lógica nebulosa:

- Intersecção (operador **E**): definida pela operação matemática **mínimo**, isto é, a pertinência de um determinado elemento na intersecção de dois conjuntos nebulosos é o **menor valor** de pertinência encontrado nos valores de pertinência deste elemento nos 2 conjuntos;
- União (operador **OU**): definida pela operação matemática **máximo**, isto é, a pertinência de um determinado elemento na união de dois conjuntos nebulosos é o maior valor de pertinência encontrado nos valores de pertinência deste elemento nos 2 conjuntos.

O conhecimento subjetivo do especialista definindo o sistema pode ser representado não só na elaboração dos conjuntos nebulosos (“o que é um valor alto?”, “que valor deixa dúvidas entre alto e médio?”) mas também pode (e deve!) ser representado na fase de elaboração das regras. Por exemplo, se a instrução da mãe for mais importante que a instrução do pai, a regra pode refletir esse conhecimento, dando um maior peso ao valor da variável “instrução da mãe” do que a variável “instrução do pai”, da seguinte forma: “se porcentagem de mães com nível superior é ALTA e porcentagem de pais com nível superior é BAIXA, o nível de capital cultural é MÉDIO”.

Uma característica dos sistemas de raciocínio nebuloso que cabe destacar é o fato de que todas as regras contribuem **ao mesmo tempo** para se chegar ao resultado final do processamento, diferente de outros tipos de sistemas e modelos onde existe uma aplicação serial de regras (isto é, as regras são aplicadas uma após a outra). Esta é uma característica de similaridade com o raciocínio humano, onde vários fatores (pensamentos, informações, experiências, intuições) contribuem, ao mesmo tempo, para que uma pessoa chegue a uma decisão final, a uma conclusão sobre um determinado assunto.

Uma vez montado o sistema, fornece-se a ele os valores das entradas (isto é, as porcentagens de mães e pais com nível superior). O sistema verifica a pertinência desses valores nos diversos conjuntos nebulosos definidos para as “entradas”, e através de algumas operações matemáticas, define os valores correspondentes nos conjuntos definidos para a “saída”. Finalmente, converte-se os conjuntos nebulosos de saída (já alterados pelas entradas) em um único número, que é assim, o resultado final do processamento<sup>5</sup>.

---

<sup>5</sup> Para detalhes de implementação computacional, ver Cox, 1994.



## **2.3.2. Técnicas de análise exploratória espacial**

Finalizando este capítulo, será apresentada a teoria por trás das ferramentas e técnicas de análise exploratória espacial (*Exploratory spatial data analysis - ESDA*) que serão utilizadas para caracterizar a relação entre o grau de urbanização e o indicador de perfil de capital cultural.

### **2.3.2.1. Mapas coropléticos**

A principal ferramenta de exibição dos dados será o mapa coroplético. Neste tipo de mapa, cada objeto espacial (no nosso caso, municípios do Estado de São Paulo) é apresentado com uma cor que identifica a característica sendo estudada, podendo ser uma classe de valores ou um valor específico:

Uma alternativa e talvez a forma de exibição mais comumente utilizada para dados de área é o mapa coroplético. É um mapa onde cada uma das áreas é colorida (ou sombreada) de acordo com uma escala discreta baseada no valor do atributo de interesse naquela área (Bailey e Gatrell, 1995, p.255).

No caso da apresentação de valores contínuos (como por exemplo o IDH-M, que varia teoricamente entre 0 e 1, podendo assumir qualquer valor entre esses extremos), grande cuidado há que se ter na definição das classes (intervalos de valores) que irão representar os dados (o número de classes, o tamanho de cada classe, como os valores do atributo serão distribuídos pelas classes, etc.) pois, ainda como dizem Bailey e Gatrell, “mapas coropléticos podem ser muito enganosos. Escolhas alternativas de intervalos de classes para as cores ou sombreamentos podem levar a impressões visuais bem diferentes de tendências ou padrão espacial no mapa resultante.” (Bailey e Gatrell, 1995, p.256).

Dentre os vários métodos possíveis para a definição dessas classes, destaca-se o método chamado “quebras naturais”, método este que será utilizado para a primeira apresentação dos dados deste trabalho. Este método de classificação tenta identificar os limites das classes procurando por agrupamentos e padrões inerentes aos dados, utilizando um algoritmo denominado Otimização de Jenk (Dent, 1985).

### **2.3.2.2. Média móvel espacial**

Possivelmente o mapa coroplético elaborado como apresentado no item anterior já apresenta algum agrupamento ou tendência nos dados, isto é, regiões onde os valores tendem a ter um certo comportamento, por exemplo, uma região de valores especialmente “altos” ou “acima da média”. Uma forma de tornar esses possíveis agrupamentos mais aparentes é o cálculo (e posterior representação na forma de mapa) da média móvel espacial.

A média móvel espacial é uma forma simples de explorar a variação da tendência espacial dos dados. Este cálculo reduz a variabilidade espacial, gerando uma superfície com dados menos flutuantes que os dados originais (Câmara et al, 2002).

O cálculo realizado é simples: troca-se o valor originalmente atribuído a um determinado município pela média dos valores apresentados pelos municípios vizinhos. A Figura 5 apresenta um exemplo deste cálculo, para uma região hipotética.

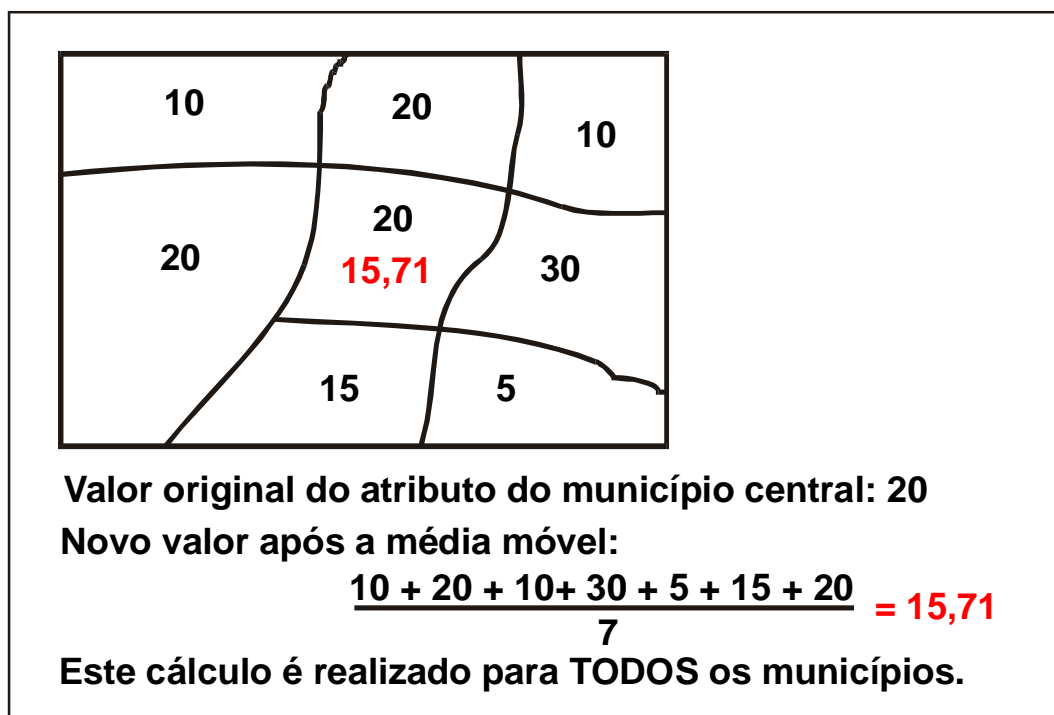


Figura 5 - Média móvel espacial.

Esta técnica admite duas variantes: deslocamento espacial (*spatial lag*) e janela espacial (*spatial window*). A diferença entre essas duas variantes é simplesmente o fato de que, no cálculo relativo ao deslocamento espacial não se considera, para efeito de cálculo da média, o valor do atributo do próprio objeto espacial para o qual se está calculando a média móvel (o valor 20 do município central, como apresentado no exemplo acima). Já na variante janela espacial este valor entraria no cálculo (ainda no exemplo acima, o novo valor da média seria  $10+20+10+30+5+15+20+20 / 8 = 16,25$ ).

### 2.3.2.3. Gráfico de espalhamento de Moran (*Moran scatterplot*)

O objetivo principal deste gráfico é revelar a associação espacial possivelmente existente entre o valor do atributo de um objeto espacial com os valores do mesmo atributo nos objetos vizinhos, especificamente com relação a média geral dos valores. Busca-se com essa técnica revelar a seguinte questão: se o valor do atributo em questão estiver acima (ou abaixo) da média em um determinado município, será que os valores desse mesmo

atributo estarão também acima (ou abaixo) da média nos municípios vizinhos? Em outras palavras, temos alguma região de valores “altos” (valores acima da média) ou “baixos” (valores abaixo da média) ?

Este gráfico é construído da seguinte forma: em primeiro lugar, calcula-se a média geral do valor do atributo sendo estudado, relativa a toda área de estudo. Em seguida, realiza-se, para cada objeto espacial, o cálculo de dois valores:

- o desvio em relação a média do atributo do objeto (valor do atributo do objeto **menos** o valor da média geral do atributo de todos os objetos); e
- a média dos desvios dos vizinhos do objeto em questão.

Finalmente, elabora-se um gráfico de dispersão de pontos, onde cada ponto, que representa um objeto espacial (no caso deste trabalho, um município da nossa área de estudo), é registrado de tal forma que o valor do desvio do seu atributo fique registrado no eixo x (eixo horizontal), enquanto que o valor da média dos desvios dos vizinhos fique registrada no eixo y (eixo vertical). A Figura 6 exemplifica este procedimento:

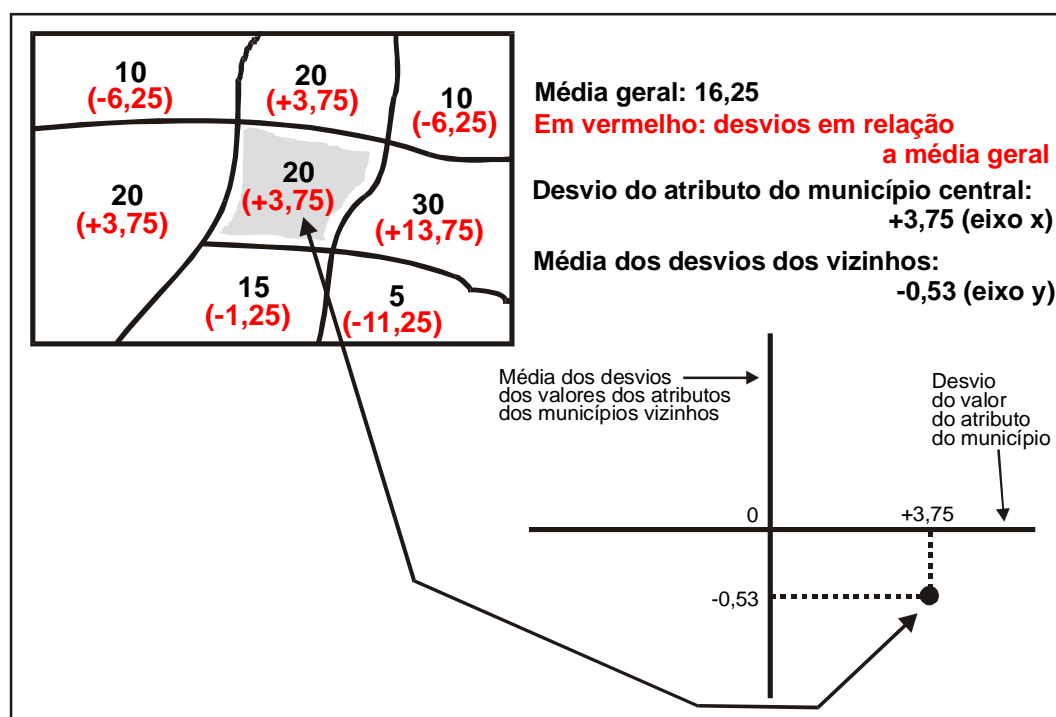


Figura 6 - Diagrama de espalhamento de Moran.

Mas afinal, o que representa este gráfico? O método de construção acima descrito “espalha” pontos que representam os municípios por quatro quadrantes, que significam:

- O quadrante localizado no canto superior direito representa objetos (municípios) que possuem atributos “altos” (isto é, valores de atributos acima da média geral), e seus vizinhos, em média, também possuem atributos “altos”. Ou seja, apresenta uma estrutura de dependência espacial onde o valor do atributo de um objeto está relacionado aos valores dos objetos vizinhos, formando uma “região” de valores “altos”;
- O quadrante localizado no canto inferior esquerdo representa objetos que possuem atributos “baixos” (isto é, valores de atributos abaixo da média geral), e seus vizinhos, em média, também possuem atributos “baixos”. Da mesma forma que o item anterior, apresenta uma estrutura de dependência espacial

onde o valor do atributo de um objeto está relacionado aos valores dos objetos vizinhos, desta vez formando uma “região” de valores “baixos”;

- O quadrante localizado no canto inferior direito representa objetos que possuem atributos “altos”, porém seus vizinhos em média tem atributos “baixos”. Apresenta uma região onde a estrutura espacial de dependência discutida nos quadrantes anteriores não se verifica;
- Finalmente, o quadrante localizado no canto superior esquerdo representa objetos com atributos “baixos”, porém seus vizinhos em média tem atributos “altos”. Este quadrante possui o mesmo significado que o item anterior.

Mais importante e representativo que o diagrama de Moran é a sua representação cartográfica: atribue-se uma determinada cor ao município conforme o quadrante do gráfico em que ele se localize, e desta forma podemos visualizar as “regiões” (se houverem) de valores “altos” ou “baixos” do atributo, bem como as regiões onde essa relação de dependência não se apresenta. A Figura 7 é um exemplo da aplicação prática da técnica aqui exposta, sendo os municípios com relação “alta-alta” (quadrante superior direito) representados na cor vermelha e os municípios com relação “baixa-baixa” (quadrante inferior esquerdo) representados na cor rosa.

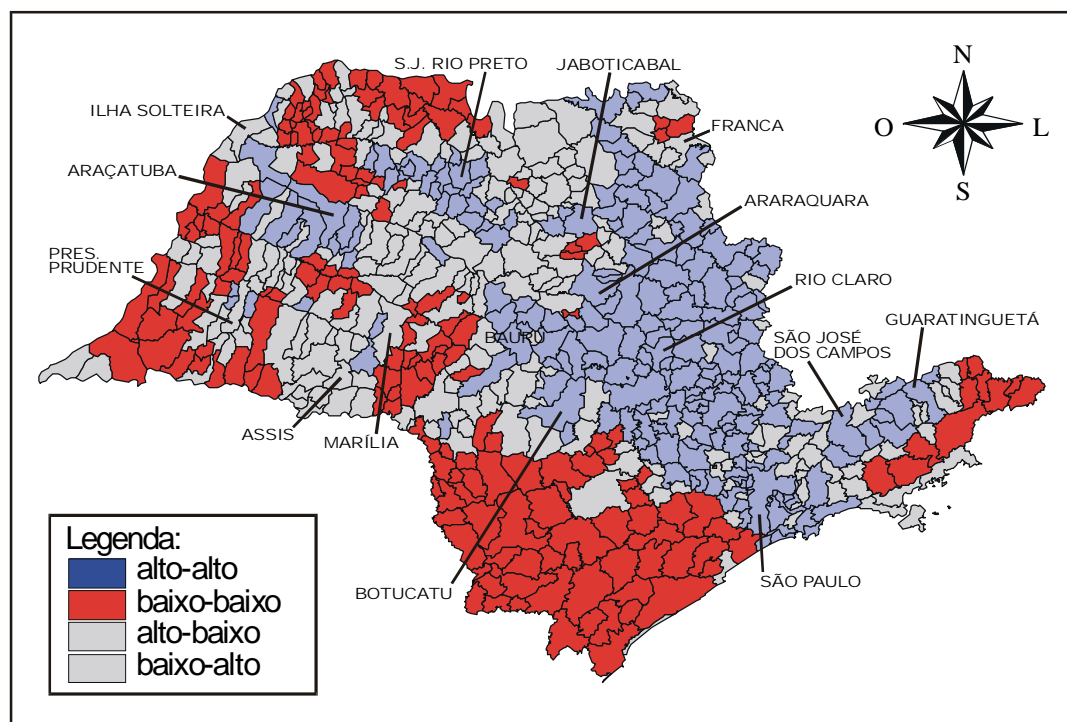


Figura 7 - Representação cartográfica do diagrama de espalhamento de Moran para o IDH-M dos municípios do Estado de São Paulo.

#### 2.3.2.4. Índice local de associação espacial (*Local indicator of spatial association - LISA*) e seu mapeamento (*LISA map*)

As técnicas descritas nas seções anteriores visavam tornar aparente possíveis agrupamentos e padrões inerentes aos valores do atributo sendo estudado. O que se busca é, portanto, a caracterização de uma possível estrutura de dependência espacial, isto é, se o valor do atributo de um objeto (um município) está relacionado, de alguma forma, aos valores do mesmo atributo nos objetos vizinhos. Formalmente falando, estamos buscando caracterizar a existência de autocorrelação espacial. Uma das ferramentas estatísticas disponíveis para se verificar esta autocorrelação espacial de forma geral para todo o conjunto de dados é o índice global de Moran (para fórmulas e detalhes de implementação computacional, ver Câmara et al, 2002; Neves et al, 2000; Anselin, 1992 e Bailey e Gattrel, 1995).

É necessário, após o cálculo deste índice, estabelecer sua significância estatística. A forma mais comum de realização deste teste é

denominado “teste de pseudo-significância”, e é construído da seguinte forma:

- permuta-se, aleatoriamente, os dados entre as diversas áreas, gerando uma nova configuração espacial. Por exemplo, associa-se o IDH-M de São Paulo à cidade de São Carlos, o de São Carlos à Botucatu, o de Botucatu à Presidente Prudente, etc.);
- calcula-se um novo índice global de Moran para esta nova configuração de dados;
- repete-se este processo (100, 200 vezes), criando-se uma distribuição empírica do índice global;
- verifica-se, a partir desta distribuição empírica, a probabilidade do número “real” (isto é, o índice calculado inicialmente) acontecer. Isto significa fazer a seguinte pergunta: “Qual a probabilidade deste índice global de Moran ter acontecido por puro acaso?” Se o valor deste índice corresponder a um “extremo” desta distribuição empírica, então pode-se dizer que o mesmo tem significância estatística.

O índice global de Moran é um único número, que representa o grau de autocorrelação espacial existente no conjunto completo de dados sendo analisado. É útil na caracterização da região de estudo como um todo, porém quando este universo de estudo é composto por um grande número de objetos, como por exemplo o é o Estado de São Paulo, com seus 645 municípios, é muito provável que existam diferentes regimes de associação espacial, isto é, regiões específicas (grupos de municípios) onde apareçam máximos locais de autocorrelação espacial e desta forma a dependência espacial seja ainda mais pronunciada (Câmara et al, 2002).



Para superar este problema, existe a possibilidade de se utilizar um indicador **local** de associação espacial. Este tipo de indicador pode ser calculado para cada objeto da região de estudo e, da mesma forma que o indicador global, vai caracterizar a relação de dependência espacial, só que neste caso para aquele objeto e aquela região de vizinhança específicas.

Desta forma, um indicador local de associação espacial permite a identificação de agrupamentos de objetos com valores de atributos semelhantes, objetos anômalos (*outliers*) e a existência de mais de um regime espacial (Neves et al, 2000).

O indicador local que será utilizado neste trabalho é o índice local de Moran. Porém mais importante que o valor calculado para o índice de uma determinada área, é o valor da significância<sup>6</sup> do índice calculado para cada área, e é este valor que iremos mapear (*LISA map*). Na Figura 8, é apresentado um exemplo onde o índice local de Moran foi calculado para cada município do Estado de São Paulo, e os municípios onde este índice apresentou significância estatística são apresentados com as cores rosa e vermelho. As áreas onde o índice não apresentou significância estatística são apresentadas com a cor branca.

---

<sup>6</sup> O processo de cálculo da significância do índice local de Moran é, *mutatis mutandis*, o mesmo apresentado para o índice global de Moran.

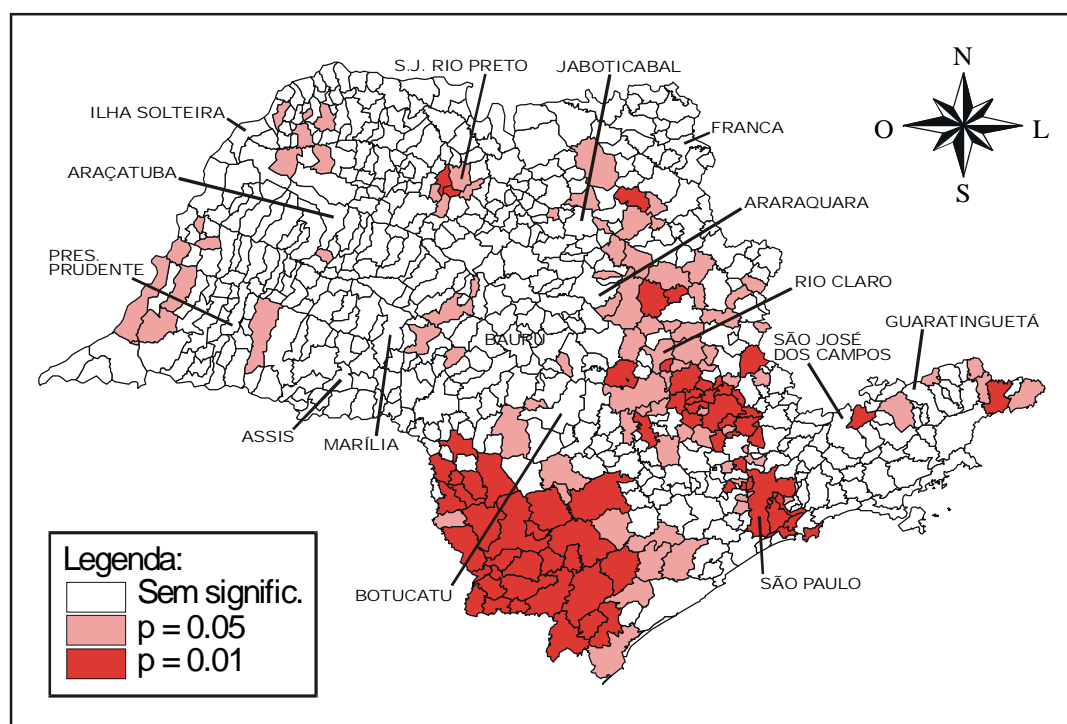


Figura 8 - LISA map referente ao IDH-M para os municípios do Estado de São Paulo.

### 2.3.2.5. Mapa de Moran (*Moran map*)

A última ferramenta que será apresentada, o mapa de Moran, é construída combinando-se as duas ferramentas anteriores, o gráfico de espalhamento de Moran com o *LISA map* da seção anterior. Isto é feito da seguinte forma: apresenta-se os objetos espaciais conforme a posição que eles apareceram no gráfico de espalhamento de Moran (com uma cor para cada quadrante), mas **apenas** para os objetos cujo índice local de associação espacial apresentou significância estatística. É, desta forma, um *LISA map* que apresenta os valores que caracterizam as regiões, em especial as classes alto-alto ou baixo-baixo, de nosso interesse. A Figura 9 apresenta um exemplo deste mapa, construído a partir dos mapas que formaram os exemplos anteriores.

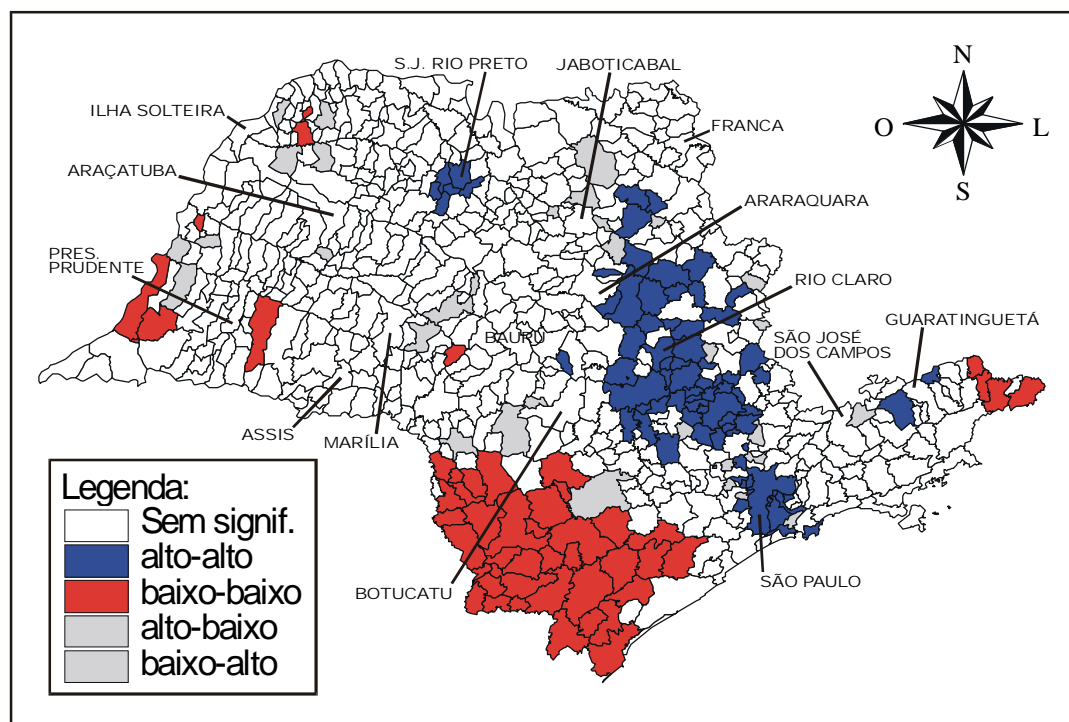


Figura 9 - Mapa de Moran do IDH-M para os municípios do Estado de São Paulo.