



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES  
**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS**

## INTRODUÇÃO AO GEOPROCESSAMENTO

### ANÁLISE DE MOBILIDADE REGIONAL E DA URBANIZAÇÃO DISPERSA A PARTIR DE FRACTAIS E MAPAS AUTO-ORGANIZÁVEIS

Rayanna Barroso de Oliveira Alves

INPE  
São José dos Campos  
2021

## RESUMO

A identificação de padrões e processos nas cidades contemporâneas dos efeitos do crescimento espacial, suas causas e consequências de fenômenos tem sido bastante estudadas e tem sido um grande desafio para a ciência. Dessa forma, este trabalho permitiu a utilização de um banco de dados censitário e de entrevista de levantamentos a respeito de origem e destino da população residente no município de São José dos Campos e seus inter-relacionamentos com as cidades do Valo do Paraíba, Região Metropolitana de São de Paulo, Campinas e Baixada Santista para fins de trabalho, estudo, comércio, serviços e lazer. Assim, foi desenvolvido um diagnóstico de caracterização da dinâmica inter e intra-regionais. Para tal, foram utilizadas redes neurais não-supervisionadas para analisar conjuntamente aspectos socioeconômicos, natureza, tipologia e frequência (intensidade) dos deslocamentos, com fins à identificação de "clusters", ou seja, agrupamentos ou concentrações de ocorrência de deslocamentos. Estes estudos foram articulados com análises de morfologia urbana por meio de métricas fractais, a partir da delimitação dos tecidos urbanos em imagens de satélite Landsat 5 - TM, o que se constituiu em um contraponto para a investigação sobre mobilidade. Este trabalho, analisou quantitativamente o chamado fenômeno da “regionalização do cotidiano”, o qual postula que o avanço nas tecnologias de transporte e telecomunicações permitem que a escala de atividades cotidianas das pessoas se estenda para além dos limites de uma única cidade, englobando um conglomerado de cidades e uma ou mais regiões metropolitanas, o que, em contrapartida, demanda localizações estrategicamente posicionadas frente às vias de acesso inter-regionais rápidas. O aumento do poder de mobilidade conduz à nucleação de assentamentos urbanos, seja na forma de loteamentos isolados, tipologias condominiais diversificadas ou empreendimentos imobiliários de usos múltiplos, e à consequente fragmentação do tecido urbano, podendo causar impactos ambientais intensos.

## 1. INTRODUÇÃO

Segundo Reis (2006), a urbanização dispersa se materializa no espaço intra-urbano e metropolitano ou regional no formato de novas áreas de expansão e renovação do tecido urbano, apresentando descontinuidades. Buchell et al., (1998) definem a dispersão como “intrusão de baixa densidade de residências e outros usos não-residenciais na zona rural, bem como em áreas não desenvolvidas, constituindo-se em uma modalidade de consumo da terra de forma espalhada, imprevisível e, por vezes, segregadora”. Dessa forma, definições precisas dos padrões de dispersão no cenário urbano podem ser caracterizadas utilizando medidas espaciais.

Segundo Reis (2006), o fenômeno da dispersão urbana, reporta-se a duas escalas espaciais, ou seja, dois contextos distintos, porém, interrelacionados entre si. A primeira diz respeito às áreas metropolitanas, que se dispersam em crescentes núcleos ou polos, intervalados de vazios, com redução de densidades de ocupação, formando o que alguns autores chamam de nebulosa urbana.

A segunda escala é referente ao tecido urbano, onde se definem relações físicas e jurídicas entre o público e o privado do espaço urbano, sua produção material, bem como sua apropriação, uso e transformação. Nela, a dispersão se evidencia pelo esgarçamento crescente do tecido dos principais núcleos urbanos, em suas áreas periféricas, bem como pela formação de constelação ou nebulosas de núcleos urbanos e bairros isolados em meio ao campo, de diferentes dimensões, integrados em uma área metropolitana ou em um conjunto ou sistema de áreas metropolitanas (REIS, 2006).

A dispersão urbana é caracterizada na literatura internacional como uma forma distinta de crescimento urbano, que possui caráter difuso, polinucleado e ineficiente. Alguns estudos têm defendido os benefícios do estilo disperso de desenvolvimento urbano e argumentam, particularmente com relação aos moldes do modelo americano de dispersão, que os padrões de “suburbanização” são resultados das forças de mercado livre, escolha do consumidor e o reflexo do sistema democrático de controle da terra (Carliner, 1999; Easterbrook, 1999).

De uma forma mais objetiva, a urbanização dispersa se materializa no espaço, tanto intra-urbano quanto metropolitano ou regional, sob a forma de novas áreas de expansão e renovação do tecido urbano, apresentando descontinuidades, núcleos isolados, empreendimentos de grande porte ocupando vazios urbanos de áreas consolidadas, enovação urbana e reconstrução em áreas degradadas (Reis, 2006). Estes empreendimentos, geralmente condominiais, podem ter apenas uma finalidade, como a

residencial, porém os de maior porte usualmente comportam múltiplas finalidades, incluindo residências, escritórios, indústrias, lazer, comércio, serviços diversos, como é o caso de Alphaville, na Grande São Paulo.

Segundo Hodge (1992), há um crescente consenso em meio à comunidade científica de que o processo de globalização não somente influencia a estrutura econômica de grandes cidades, mas também a sua estrutura espacial de modo geral. De acordo com investigações nesta linha, estruturas urbanas emergentes apontam para uma transição do modelo monocêntrico do pós-guerra para o que se denomina de “região urbana dispersa ou policêntrica” (Clark et al., 1994).

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 EVOLUÇÃO HISTÓRICA E PANORAMA ATUAL**

Origens da dispersão urbana podem ser encontradas, segundo Reis (2006), “na segunda metade do século XX no que alguns autores chamam de campos urbanos, nos quais estabeleceu-se um processo em que a população migrava de vez para as periferias das grandes cidades ou residia nas cidades médias e trabalhava no campo.

As atividades tipicamente urbanas se deslocavam para o campo, dispondo-se ao longo dos grandes eixos de transporte ou dando origem a uma série de polos, separados entre si por áreas de atividade rural, cujos trabalhadores permaneciam residindo nas cidades – os chamados *continuum* urbanizados.

O primeiro *continuum* urbanizado, com essas características, formou-se nos Estados Unidos, no eixo entre Nova York, Filadélfia e Washington, ou segundo alguns, entre Boston, Nova York e Washington. Entre 1970 e 1990, processos semelhantes começaram a ocorrer em outras regiões, sobretudo na Europa, em países diferenciados como Itália, Holanda e Espanha”.

No Brasil, nesse mesmo período, podemos constatar tendências semelhantes em várias regiões. O exemplo mais destacado é o da formação de um eixo com características específicas, entre a Baixada Santista, a Região Metropolitana de São Paulo, Jundiaí e a Região Metropolitana de Campinas; e outro eixo ligando Sorocaba à Região Metropolitana de São Paulo e o Vale do Paraíba, em direção ao Rio de Janeiro.

No Vale do Paraíba, a dispersão urbana teve início com a construção da via Dutra e com a vinda das indústrias que saíram da periferia de Região Metropolitana de São Paulo em direção ao interior, concentrando-se em seus dois maiores centros São José dos

Campos e Taubaté, instalando-se principalmente ao longo desta rodovia. Particularmente em São José, este processo de dispersão foi intensificado pela formação do Parque Aeronáutico, com a criação do CTA (Centro Tecnológico Aeroespacial) no final da década de 50, do INPE (Instituto de Pesquisas Espaciais) em 1971, e a posterior criação da EMBRAER em 1970.

Segundo Reis (2006), “esses projetos incluíam a transferência de quadros profissionais altamente selecionados, formados em São Paulo, em outras capitais ou mesmo no exterior, com hábitos tipicamente metropolitanos, que de início causavam algum impacto nessas localidades, contrastando com os padrões tradicionais de vida ali existentes”.

“Em São José dos Campos e em Taubaté, como em outras cidades do Vale do Paraíba, o urbano já não se concentra no interior das cidades. As fábricas estão dispostas ao longo das principais rodovias. Os condomínios e loteamentos fechados são construídos nas áreas mais agradáveis, fora das cidades (entre 5 e 10 quilômetros) e mesmo em municípios vizinhos.

O comércio, os serviços, locais de entretenimento e lazer se deslocam para as margens das rodovias, de forma a atender aos consumidores de diversos municípios. Vários dos centros universitários ficam fora das cidades, isolados no campus, e são servidos por linhas de ônibus fretados e por vans.

A urbanização avança em várias direções na Mantiqueira, basicamente com a formação de condomínios para residências de recreio, nos caminhos para São Francisco Xavier e Campos do Jordão, atingindo antigas localidades no Estado de Minas Gerais. No lado oposto, avança em direção a Jambeiro e Paraibuna, ou, para o sul, em direção a Guararema, que já pertence à Região Metropolitana de São Paulo. Essas extensões se acentuaram um pouco com a Rodovia Carvalho Pinto e deverão sofrer novo impulso com a duplicação da Rodovia dos Tamoios”.

## **2.2 MOBILIDADE INTER E INTRA-REGIONAL**

Os impactos desses novos modos de vida no ambiente urbano se fazem sentir pelo que se está convencendo chamar de “regionalização do cotidiano”. No caso de São José dos Campos, pode-se observar que há pessoas que trabalham ou estudam diariamente em cidades vizinhas do Vale do Paraíba, realizam compras semanais em Taubaté, por exemplo, e saem para se divertir durante a semana (cinema, restaurantes, barzinhos) em

Santa Branca ou Jacareí, e nos fins-de-semana dirigem-se a São Paulo, a chácaras em Jambeiro, Monteiro Lobato, Paraibuna ou regiões serranas, ou ainda a segundas residências no litoral, de forma habitual. Em outras palavras, a amplitude das atividades rotineiras transcende o nível urbano, estendendo-se a uma escala de caráter regional amplo.

De acordo com Reis (2006), a regionalização do cotidiano implica necessariamente o aumento da mobilidade da população e dos serviços. Para este mesmo autor, as relações entre mobilidade e dispersão tornaram-se evidentes já a partir da transição entre as décadas de 50 e 60, em que o sistema industrial passou a se reorganizar em escala regional, com empresas recrutando e transportando (por ônibus fretados) seus empregados num raio de cem quilômetros ao redor das fábricas. Uma vez que o mercado laboral superava os limites municipais, com alta mobilidade no território, a consequência lógica foi a dispersão crescente dos bairros residenciais, como resultado da busca por melhores condições de vida.

“No caso dos trabalhadores mais pobres, em especial os não -especializados, a saída foi residir perto dos novos locais de trabalho. Já os técnicos de nível médio e alto e trabalhadores não qualificados passaram a procurar locais para habitação com custos imobiliários mais reduzidos, em locais afastados dos centros das cidades e mais próximos das indústrias. Numerosas famílias passaram a se estabelecer em cidades médias, desde que no âmbito do universo regional da descentralização industrial, com menor custo de vida e, na medida do possível, melhores condições ambientais”.

Esta reorganização implantada no mercado de trabalho pelo setor industrial terminou por induzir também a mobilidade nas áreas de comércio, nos serviços, no ensino e no lazer, levando ao surgimento de deslocamentos cotidianos em escala regional para a consecução de tais finalidades.

Cada vez mais pessoas, atraídas por promessas de segurança e qualidade de vida, decidem morar no interior e enfrentar a estrada para trabalhar na capital. No sentido contrário, inúmeras pessoas encontraram emprego ou estudo nas cidades vizinhas.

Considerando-se que há poucas décadas, um meio comum de transporte ao litoral eram os animais, e nestes casos o tempo de viagem contabilizava dois a três dias, não é descartável conjecturar-se a possibilidade de que, em um futuro próximo, as aeronaves tornar-se-ão um meio de transporte regional habitual. Estudos neste sentido apontam para a provável existência das chamadas “aerotrópoles”, cidades dispersas que se organizarão em torno de aeroportos, estes distribuídos de forma hierárquica em praticamente quase todas as cidades de porte médio (ULI, 2002; El Nasser, 2003; Mutzabaugh, 2003).

A título de exemplificação, a cidade de Indaiatuba, situada na Região Metropolitana de Campinas, comporta um condomínio residencial de alto padrão, no qual

as residências dispõem-se em torno de uma pista para pouso e decolagem de aeronaves de pequeno porte, de forma a permitir que os hangares de cada unidade residencial tenham acesso a vias para taxeeamento interligadas à pista principal. Em suma, se por um lado as rodovias foram decisivas para a dispersão urbana no século XX, por outro, os aeroportos regionais (e particulares) despontarão como os novos polos indutores da urbanização dispersa nas próximas décadas deste século.

### **2.3 REDES NEURAIS E MAPAS AUTO-ORGANIZÁVEIS**

Redes neurais artificiais (RNA) podem ser basicamente definidas como uma estrutura computacional de processamento paralelo maciçamente distribuído, a qual consiste de unidades de processamento, também chamadas de neurônios ou nós, organizadas em uma sequência de camadas. Os neurônios são responsáveis pelo armazenamento do conhecimento adquirido pelo sistema, o qual deve ser disponibilizado para usos futuros (HAYKIN, 1999).

Segundo Fischer et al., (2000), as redes neurais são capazes de aprender e tomar decisões, baseando-se em informação incompleta, ruidosa ou nebulosa, e esta é precisamente a razão pela qual as mesmas podem ser facilmente adequadas para lidar com problemas espaciais.

Embora RNA sejam comumente consideradas como pertencentes ao amplo ramo de inteligência artificial (AI), Fischer e Abrahart (2000) postulam que implementações de redes neurais para análise e modelagem de dados geográficos deveriam ser preferencialmente atribuídas ao domínio de inteligência computacional (IC). Estes autores argumentam que as implementações de RNA sob a forma de aproximadores de funções e classificadores de padrões por antero-propagação conseguem apenas processar dados numéricos (baixo nível), ao passo que sistemas de IA constituem-se em sofisticadas plataformas de IC dotadas de ferramentas especiais para incorporar conhecimento na forma de informações não-numéricas ou regras e restrições operacionais.

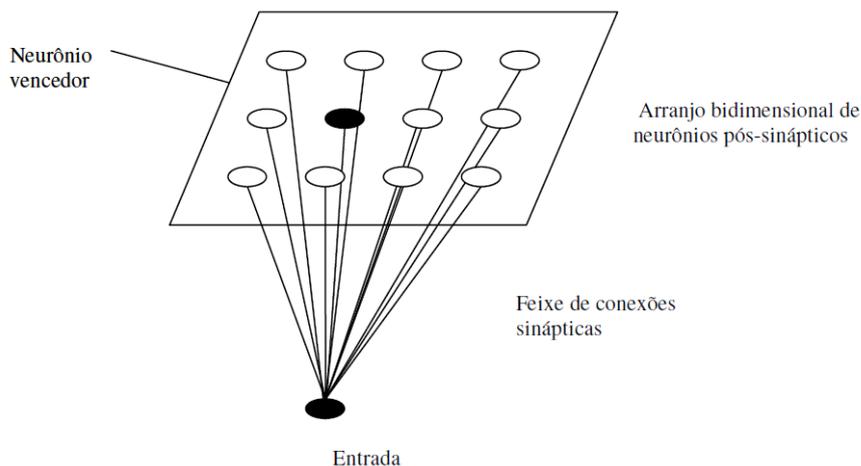
Mapas auto-organizáveis (ou “Self-Organizing Maps” – SOM) constituem uma classe especial de redes neurais (ou grades neurais), que se baseiam em aprendizagem competitiva. Os neurônios de saída da grade competem entre si para serem ativados ou disparados, com o resultado que apenas um neurônio de saída, ou um neurônio por grupo, está ligado em um instante de tempo. Um neurônio de saída que vence a competição é chamado de neurônio vencedor. Uma forma de induzir esta competição entre os neurônios

de saída é usar conexões laterais inibitórias, como por exemplo caminhos de realimentação negativa (Haykin, 1999).

Segundo este mesmo autor, em um mapa auto-organizável, os neurônios estão colocados em nós de uma grade, que é normalmente uni- ou bidimensional. Mapas de dimensionalidade mais alta são também possíveis, mas não são tão comuns. Os neurônios se tornam seletivamente sintonizados a vários padrões de entrada (estímulos) ou classes de padrões de entrada no decorrer de um processo de aprendizagem. As localizações dos neurônios assim sintonizados (neurônios vencedores) se tornam desordenadas entre si de forma que um sistema de coordenadas significativo para diferentes características de entrada é criado sobre a grade (modelo de Kohonen).

Um mapa auto-organizável é, portanto, caracterizado pela formação de um mapa topográfico dos padrões de entrada no qual as “localizações espaciais (coordenadas) dos neurônios na grade são indicativas das características estatísticas intrínsecas contidas os padrões de entrada”, daí o nome mapa auto-organizável (Figura 1).

Figura 1: Grades neurais no modelo de Kohonen.



Fonte: HAYKIN, 1999.

Uma vez que a grade tenha sido apropriadamente inicializada, há três processos essenciais envolvidos na formação do mapa auto-organizável:

1) Competição - Para cada padrão de entrada, os neurônios de grade calculam seus respectivos valores de uma função discriminante, a qual fornece a base para a competição entre os neurônios. O neurônio particular com o maior valor da função discriminante é declarado vencedor da competição.

2) *Cooperação* - O neurônio vencedor determina a localização espacial de uma vizinhança topológica de neurônios excitados, fornecendo assim a base para a cooperação entre os neurônios vizinhos.

3) *Adaptação Sináptica* - Este último mecanismo permite que os neurônios excitados aumentem seus valores individuais da função discriminante em relação ao padrão de entrada, através de ajustes adequados aplicados a seus pesos sinápticos. Os ajustes são feitos de modo que a resposta do neurônio vencedor à aplicação subsequente de um padrão de entrada similar é melhorada” (HAYKIN, 1999).

Em outras palavras, o algoritmo SOM envolve três passos básicos – amostragem, casamento por similaridade e atualização – que são repetidos até que a formação do mapa de características esteja completa. O algoritmo pode ser resumido como segue:

1. *Inicialização*: Refere-se a escolha de valores aleatórios para os vetores de peso iniciais  $w_j(0)$ . A única restrição é que os  $w_j(0)$  sejam diferentes para  $j = 1, 2, \dots, l$ , onde  $l$  é o número de neurônios na grade. Pode ser desejável manter a magnitude dos pesos pequena. Um outro modo de inicializar o algoritmo é selecionar os vetores de peso  $\{w_j(0)\}_{j=1}^l$  a partir do conjunto disponível dos vetores de entrada  $\{x_i\}_{i=1}^N$  de uma maneira aleatória.

2. *Amostragem*: Retirada de uma amostra  $x$  do espaço de entrada com uma certa probabilidade; o vetor  $x$  representa o padrão de ativação que é aplicado à grade. A dimensão do vetor  $x$  é igual a  $m$ .

3. *Casamento por Similaridade*: Encontro do neurônio com o melhor casamento (vencedor)  $i(x)$  no passo de tempo  $n$  usando o critério da mínima distância euclidiana:

$$i(x) = \arg \min_j \|x(n) - w_j\|, j=1,2,\dots,l \quad (1)$$

4. *Atualização*: Ajuste os vetores de peso sináptico de todos os neurônios usando a fórmula de atualização

$$w_j(n+1) = w_j(n) + \eta(n) h_{j,i(x)}(n) (x(n) - w_j(n)) \quad (2)$$

onde  $\eta(n)$  é o parâmetro da taxa de aprendizagem e  $h_{j,i(x)}(n)$  é a função de vizinhança centrada em torno do neurônio vencedor  $i(x)$ ; ambos  $h(n)$  e  $h_{j,i(x)}(n)$  são variados dinamicamente durante a aprendizagem para obter melhores resultados.

5. *Continuação*: Continua-se com o passo 2 até que não sejam observadas modificações significativas no mapa de características.

Em suma, o mapa auto-organizável proposto por Kohonen é uma rede neural engenhosa construída em torno de uma grade uni- ou bidimensional de neurônios para capturar as características importantes contidas em um espaço de entrada (dados) de interesse. Dessa forma, ele fornece uma representação estrutural dos dados de entrada pelos vetores de peso dos neurônios como protótipos.

O algoritmo SOM, conforme dito anteriormente, é inspirado na neurobiologia, incorporando todos os mecanismos que são básicos para a auto-organização: competição, cooperação e auto-amplificação. Ele pode assim servir como modelo genérico para descrever a emergência dos fenômenos de ordenação coletiva em sistemas complexos após iniciar a partir da desordem total (HAYKIN, 1999).

## 2.4 FRACTAIS

Durante séculos, os objetos e os conceitos da filosofia e da geometria euclidiana foram considerados como os que melhor descreviam o mundo em que vivemos. A descoberta de geometrias não-euclidianas introduziu novos objetos que representam certos fenômenos do Universo, tal como se passou com os fractais. Assim, considera-se hoje que tais objetos retratam formas e fenômenos da Natureza.

Em 1872, Karl Weierstrass encontrou o exemplo de uma função com a propriedade de ser contínua em todo seu domínio, mas em nenhuma parte diferenciável. O gráfico desta função é chamado atualmente de fractal. Em 1904, Helge von Koch, não satisfeito com a definição muito abstrata e analítica de Weierstrass, deu uma definição mais geométrica de uma função similar, atualmente conhecida como Koch *snowflake* (ou floco de neve de Koch), que é o resultado de infinitas adições de triângulos ao perímetro de um triângulo inicial. Cada vez que novos triângulos são adicionados, o perímetro cresce, e fatalmente se aproxima do infinito. Dessa maneira, o fractal abrange uma área finita dentro de um perímetro infinito.

Um fractal é um objeto geométrico que pode ser dividido em partes, cada uma das quais semelhante ao objeto original. Diz-se que os fractais têm infinitos detalhes, são geralmente auto-similares e independem de escala. Em muitos casos, um fractal pode ser gerado por um padrão repetido, tipicamente um processo recorrente ou iterativo (MANDELBROT, 1982).

Os fractais apresentam estruturas, por assim dizer, ego-semelhantes. Este conceito pode ser entendido através do exemplo prático de “irmãos gêmeos idênticos”, onde existe a igualdade na semelhança física, porém suas ‘personalidades’ são diferentes”. Isto ocorre

no âmbito da geometria, quando inicialmente as curvas de determinados objetos são alimentadas pelos mesmos dados, mas em determinado momento, há um desvio nos valores dos dados. Por exemplo, quando se observa dois fractais em uma escala 1:1, estes têm exatamente a mesma aparência, mas se observados em uma dimensão 1:1.000.000, as figuras são completamente diferentes.

Ademais, nem todo fractal possui repetitividade, pois dependendo dos dados inseridos (principalmente no domínio do tempo), este não terá em escalas menores a mesma aparência, apresentando distorções. Os fractais podem ser agrupados em três categorias principais.

A formação dos fractais é determinada por categorias, são elas:

- Sistema de funções iteradas. Estas possuem uma regra fixa de substituição geométrica. Conjunto de Cantor, tapete de Sierpinski, Sierpinski gasket, curva de Peano, floco de neve de Koch, curva do dragão de Harter-Heighway, T-Square e esponja de Menger são alguns exemplos deste tipo de fractal.
- Fractais definidos por uma relação de recorrência em cada ponto do espaço (tal como o plano complexo). Exemplos deste tipo são o conjunto de Mandelbrot e o fractal de Lyapunov. Estes também são chamados de fractais de fuga do tempo.
- Fractais aleatórios. São gerados por processos estocásticos ao invés de determinísticos, como por exemplo, terrenos fractais e o voo de Lévy. Além disso, os fractais também podem ser classificados de acordo com sua auto-similaridade. Existem três tipos de auto-similaridade encontrados em fractais:
  - Auto-similaridade exata: é a forma em que a auto-similaridade é mais marcante, evidente. O fractal é idêntico em diferentes escalas. Fractais gerados por sistemas de funções iterativas geralmente apresentam uma auto-similaridade exata.
  - Quase-auto-similaridade: é uma forma mais solta de auto-similaridade. O fractal aparenta ser aproximadamente (mas não exatamente) idêntico em escalas diferentes. Fractais quase-auto-similares contêm pequenas cópias do fractal inteiro de maneira distorcida ou degenerada. Fractais definidos por relações de recorrência são geralmente quase-auto-similares, mas não exatamente auto-similares.
  - Auto-similaridade estatística: é a forma menos evidente de auto-similaridade.

O fractal possui medidas numéricas ou estatísticas que são preservadas em diferentes escalas. As definições de fractais geralmente implicam alguma forma de auto-similaridade estatística (mesmo a dimensão fractal é uma medida numérica preservada em diferentes escalas). Fractais aleatórios são exemplos de fractais que possuem auto-similaridade estatística, mas não são exatamente nem quase auto-similares.

Entretanto, nem todos os objetos auto-similares são considerados fractais. Uma linha real (uma linha reta Euclidiana), por exemplo, é exatamente auto-similar, mas o argumento de que objetos Euclidianos são fractais é defendido por poucos. Mandelbrot argumentava que a definição de fractal deveria incluir não apenas fractais "verdadeiros", mas também objetos Euclidianos tradicionais, pois números irracionais em uma linha real representam propriedades complexas e não repetitivas.

É válido mencionar que, em virtude de o fractal possuir uma granulometria infinita, nenhum objeto natural pode sê-lo de fato. Os objetos naturais podem exibir uma estrutura semelhante ao fractal, porém com uma estrutura de tamanho limitado.

#### **2.4.1 MÉTRICAS FRACTAIS NA ANÁLISE DA URBANIZAÇÃO DISPERSA**

O uso de conceitos de métricas fractais remete, neste estudo em particular, ao âmbito da “Ecologia da Paisagem”. Este termo foi introduzido pela primeira vez em 1939, quando o geógrafo alemão Carl Troll (Troll, 1939) definiu o objetivo dessa nova ciência como sendo o estudo de uma entidade total espacial e visual (paisagem), integrando a geosfera, biosfera e noosfera – a esfera da consciência e mente humana.

A paisagem pode ser entendida, segundo Zonneveld (1972), como “uma parte do espaço na superfície terrestre abrangendo um complexo de sistemas caracterizado pela atividade geológica, da água, do ar, de plantas, de animais e do homem por suas formas fisionômicas resultantes, que podem ser reconhecidos como entidades”.

O estudo do relacionamento espacial entre os elementos de paisagem constitui um tema central de pesquisa na Ecologia de Paisagem, tendo em vista que a estrutura horizontal da paisagem relaciona à distribuição de objetos ecológicos, energia calórica, nutrientes e minerais com o tamanho, a forma, o número, o tipo e a configuração das manchas, corredores e matriz (Forman et al., 1986). Para estes autores, uma mancha – retalho ou remendo (tradução do inglês “patch”) – pode ser definida como uma superfície não linear que difere em aparência de seu entorno.

As manchas variam em tamanho, forma, tipo, heterogeneidade e características de borda. Em adição, as manchas sempre se encontram embebidas em uma matriz – uma

área de entorno com diferente estrutura e composição. Há ainda o conceito de corredores, que representam os eixos de ligação entre os elementos de uma mesma classe da paisagem.

No estudo da urbanização dispersa, a aglomeração urbana principal e seus respectivos núcleos dispersos correspondem às manchas, ao passo que toda a área de estudo, isto é, a região circundante de usos não-urbanos constitui a paisagem. Especificamente no contexto deste trabalho, não se utilizará o conceito de corredores, embora seu uso seja recomendável em trabalhos futuros, onde as principais vias de interligação entre São José dos Campos e cidades vizinhas na região do Vale do Paraíba e em outras regiões atuarão como eixos ou corredores de conectividade.

Para o desenvolvimento do presente trabalho, foram utilizadas as seguintes métricas:

- *Number of Patches* - NP (Número de Manchas) – Esta é uma medida simples da intensidade da subdivisão ou fragmentação de um determinado tipo de mancha, expressa por:

$$NP = n_i \quad (3)$$

onde  $n_i$  equivale ao número de manchas da paisagem pertencentes à classe  $i$ .

- *Aggregation Index* - AI (Índice de Agregação) – Este índice é calculado a partir de uma matriz de adjacência, a qual mostra a frequência com a qual diferentes pares de manchas de mesma classe aparecem lado a lado no mapa. Em oposição a todas as outras métricas baseadas em adjacências, este índice se baseia em adjacências afins, computadas usando-se o método de contagem simples, no qual a aresta de cada célula é contada apenas uma única vez. Somente adjacências internas (entre células contidas na paisagem) são usadas no cálculo desta métrica, excluindo-se as adjacências externas (entre células contidas na paisagem e as de fronteira), e consequentemente a influência da fronteira da paisagem neste cálculo. A máxima agregação é atingida quando a mancha consiste de uma única e compacta mancha, que não necessariamente representa uma mancha perfeitamente quadrada. O Índice de Agregação da Paisagem é dado por:

$$AI = \left[ \frac{g_{ii}}{\max \rightarrow g_{ii}} \right] \quad (100) \quad (4)$$

onde  $g_{ii}$  é o número de adjacências afins entre pixels da classe  $i$ , baseado no método de contagem simples, e  $\max\text{-}g_{ii}$  é o número máximo de adjacências afins entre pixels da classe  $i$ , também baseado no método de contagem simples.

- Radius of Gyration - GYRATE (Raio de Rotação) – Este índice é uma medida da extensão da mancha, e é, portanto, afetado tanto pelo tamanho como pela compactidade da mesma. Ele equivale à distância média entre cada célula da mancha e o centroide (centro de massa) da mancha, sendo expresso por:

$$GYRATE = \frac{\sum_{r=1}^z h_{ijr}}{z} \quad (5)$$

onde  $h_{ijr}$  representa a distância (m) entre a célula  $ijr$  (localizada dentro da mancha  $ij$ ) e o centróide da mancha  $ij$ , baseada na distância entre os centros geométricos das células, e  $z$  corresponde ao número de células da mancha  $ij$ .

- Patch Area – AREA (Área da Mancha) – Equivale à área ( $m^2$ ) de cada mancha compreendida na paisagem, dividida por 10.000, para a conversão em hectares, sendo dada por:

$$AREA = a_{ij} \left[ \frac{1}{10.000} \right] \quad (6)$$

- Largest Patch Index – LPI (Índice de Predominância de Mancha) – Este índice quantifica, no nível da classe, o percentual representado pela mancha de maior dimensão em relação à área total da paisagem. E como tal, este índice expressa uma medida simples de dominância, calculada por:

$$LPI = \frac{\max_{j=1}^n (a_{ij}) (100)}{A} \quad (7)$$

onde  $a_{ij}$  é a área ( $m^2$ ) da mancha  $ij$ , e  $A$  corresponde à área total da paisagem ( $m^2$ ).

- Fractal Dimension Index – FRAC (Índice de Dimensão Fractal) – Este índice é de grande utilidade, porque ele expressa a complexidade da forma ao longo de um amplo intervalo de escalas espaciais (tamanhos de mancha). Assim sendo, ele supera uma das maiores restrições de métricas limitadas como a razão área-perímetro, enquanto medida de complexidade da forma.

$$FRAC = \frac{2 \ln (0,25 p_{ij})}{\ln a_{ij}} \quad (8)$$

onde  $p_{ij}$  é o perímetro (m) da mancha  $ij$ , e  $a_{ij}$  é a área ( $m^2$ ) da mancha  $ij$ .

- Contiguity Index – CONTIG (Índice de Contiguidade) – Este índice determina a conectividade espacial ou contiguidade de células em uma mancha, de modo a fornecer uma medida de configuração espacial da fronteira da mancha, e portanto, de forma. O CONTIG é calculado pela convolução de uma janela 3x3 em uma imagem digital binária, na qual os pixels dentro da mancha de interesse são assinalados como 1, e o fundo (todos os outros tipos de mancha) são assinalados como 0. Um filtro com valores 2 é atribuído para sinalizar relações verticais e horizontais entre pixels na imagem, e o valor 1 é atribuído para assinalar relações diagonais. Esta combinação de valores inteiros pondera pixels contíguos ortogonalmente com maior intensidade do que aqueles contíguos diagonalmente; contudo, seu processamento computacional permanece relativamente simples. O pixel central da janela é assinalado como 1, de forma a assegurar que uma mancha contendo um único pixel na imagem de saída tenha valor 1 ao invés de 0. O valor de cada pixel na imagem de saída é calculado por uma função que considera o número e a localização dos pixels de mesma classe na janela móvel (3x3). O valor de contigüidade de um pixel na imagem de saída é a soma dos produtos entre o valor do pixel na janela móvel e o correspondente valor do pixel na imagem de entrada. Assim, manchas contíguas de maiores dimensões resultam em valores de índice de contigüidade igualmente maiores.

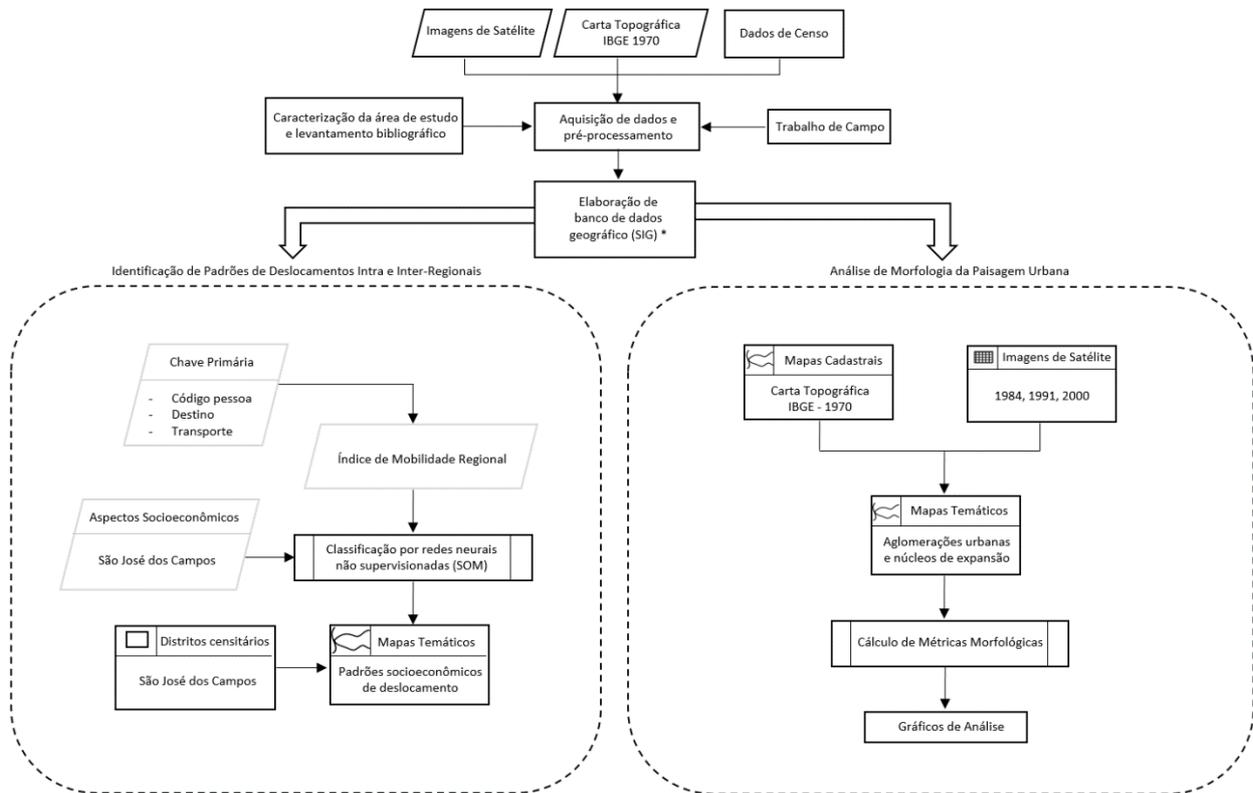
$$CONTIG = \frac{\left[ \sum_{r=1}^z c_{ijr} \right] - 1}{v - 1} \quad (9)$$

onde  $c_{ijr}$  é o valor de contigüidade para o pixel  $r$  da mancha  $ij$ ,  $v$  é a soma dos valores da janela móvel 3x3; e  $a_{ij}$  é a área da mancha  $ij$  em termos de número de células.

### 3. METODOLOGIA

O OMT-G da metodologia desenvolvida para o trabalho está de acordo com a Figura 2.

Figura 2: Fluxograma OMT-G.



Fonte: Autor.

Vale salientar que o banco de dados foi disponibilizado.

#### 3.1 AMOSTRAGEM ESTRATIFICADA POR SETORES CENSITÁRIOS DE SÃO JOSÉ DOS CAMPOS

Todos os dados sobre mobilidade inter e intra-regional relativos ao município de São José dos Campos foram repassados para o desenvolvimento do presente trabalho, pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE. Os questionários foram obtidos diretamente em campo. Em média, foram coletadas de uma a duas entrevistas por quadra com tamanho pequeno ou médio, e de três a seis (ou até mais) entrevistas, no caso de quadras de grandes extensões, perfazendo um total de 4.260 questionários, levantados no período de agosto/2005 a abril/2006.

Optou-se pela aplicação de questionários origem-destino (O-D) junto à população de São José dos Campos. Como um dos interesses da pesquisa era cruzar as informações de mobilidade regional com dados socioeconômicos obtidos do censo de 2000, toda a coleta de dados foi feita por amostragem estratificada com base na delimitação dos setores censitários definidos para a cidade (área urbanizada do município) em 2000.

Os questionários O-D regionais foram estruturados em três seções:

I) Dados Pessoais – contendo informações de cunho pessoal, bem como dados de escolaridade e nível de ocupação;

II) Dados sobre Percurso de Vida – contendo informações sobre local de nascimento, migração intra e inter-urbana e respectivas razões;

III) Dados sobre Deslocamentos Regionais – compreendendo informações sobre deslocamentos em função da finalidade (estudo, trabalho, comércio, serviços, lazer e segunda residência ou residência de veraneio), da frequência (diária ou pendular, até 3 vezes/semana, semanal em dia útil ou em fim-de-semana, quinzenal, mensal, bimestral etc.) e da modalidade de transporte (veículo particular, ônibus interurbano ou de turismo, van, veículo de empresa, ônibus fretado, aeronave etc.).

Na condução dos questionários, o procedimento era selecionar de forma aleatória, em cada quadra, uma pessoa residente (ou que trabalhasse) com padrão socioeconômico semelhante à média da quadra. Dentro de um mesmo setor, procurava-se variar a gama de sexo, idade e nível de ocupação dos entrevistados, visando-se evitar enviesamento dos dados.

### **3.2 URBANIZAÇÃO DISPERSA**

Foi realizada uma vetorização das manchas urbanas de São José dos Campos e dos demais municípios do Vale do Paraíba a partir da carta topográfica do Instituto Brasileiro de Embora de 1970.

Também foram utilizadas imagens do Satélite Landsat 5, sensor TM, com resolução espacial de 30 metros dos anos de 1984, 1991 e 2000 para análise intervalada de aproximadamente uma década. Para essa etapa foi utilizado o software SPRING.

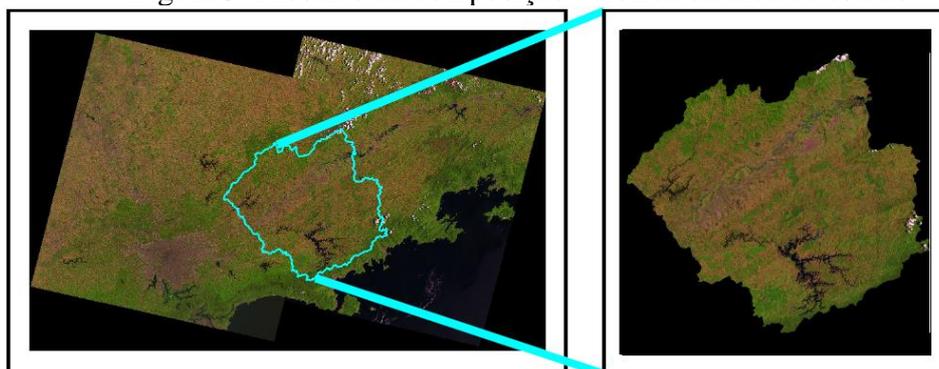
Cada uma das cenas das imagens TM foi submetida a registro, procedimento destinado a ajustar a cena a um sistema de projeção geográfica, com base em pontos de

controle obtidos originalmente em uma carta topográfica do IBGE, utilizada como referência.

Após o registro da primeira cena, a mesma foi utilizada para fornecer pontos de controle a fim de co-registrar as demais cenas. As cenas já registradas foram então mosaicadas (unidas em um mesmo layer) e submetidas a equalização (uniformização dos seus níveis de cinza em vista de variações nas calibrações do sensor ou nas condições atmosféricas no momento da aquisição das cenas).

Já equalizadas, as cenas ficam aptas a receberem uma composição colorida específica, por meio de um triplete de bandas espectrais, utilizando-se o sistema aditivo de cores (RGB – “red, green, blue” ou vermelho, verde e azul). Sobre a composição colorida das cenas mosaicadas, é feito um recorte das áreas de interesse através de uma máscara vetorial, que representa o limite de um conjunto de municípios, considerados de destaque para a pesquisa sobre urbanização dispersa (Figura 3).

Figura 3: Mosaico da composição colorida da área de estudo.



Fonte: INPE, 2006.

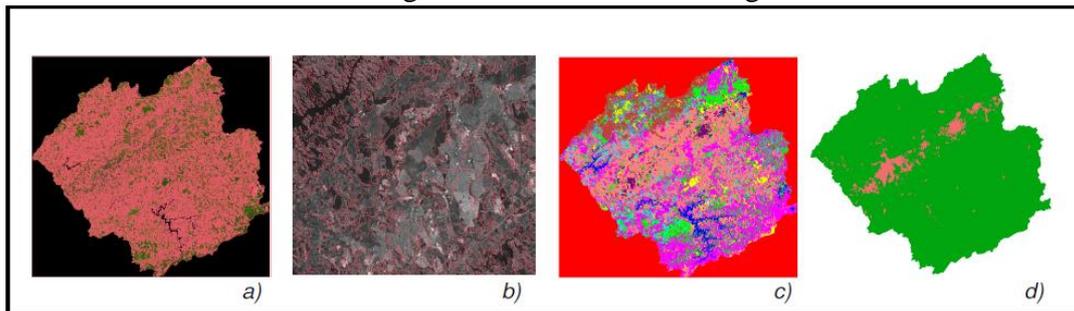
Para se extrair informações sobre os limites das aglomerações urbanas principais e áreas de urbanização dispersa, procedeu-se inicialmente a uma classificação automática das cenas mais recentes (2000), feita a partir de uma segmentação das imagens. A segmentação consiste na compartimentalização da cena em segmentos (conjunto de pixels) homogêneos do ponto de vista da média e variância do nível de cinza dos seus pixels constituintes. Cada segmento é associado a uma classe (abstrata), com uma determinada cor.

Essa classificação inicial é então remapeada para duas únicas classes, gerando assim um mapa binário, com as cores verde – que corresponde às áreas não urbanas, e rosa, referente às áreas urbanas, como apresentado na Figura 3.

A partir dos limites das áreas urbanas gerados pela classificação automática, e com base nas respectivas composições coloridas das imagens de anos anteriores (19845 e 1991), foram feitas interpretações visuais de modo a se reconstituir as aglomerações urbanas principais e núcleos dispersos para as décadas passadas.

A Figura 4 apresenta em (a) a segmentação da imagem e entorno. Em (b) o detalhamento da segmentação; (c) corresponde a classificação inicial da imagem com classes abstratas e em (d) classificação final com as áreas urbanas em rosa e em verde as áreas não-urbanas.

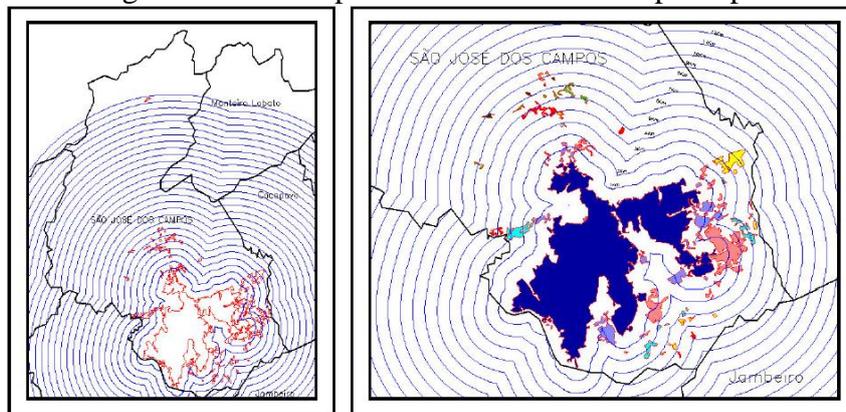
Figura 4: Processo metodológico.



Fonte: Autor.

Para subsidiar as análises estatísticas de núcleos de urbanização dispersa, foram gerados círculos concêntricos a partir do marco zero das cidades, espaçados entre si de 1 km. Com base nessa delimitação espacial, foi levantado o número total de ocorrências de núcleos dispersos e respectivas áreas em função de sua distância ao centro oficial. Também foram geradas linhas de igual distância entre si (isolinhas), com espaçamento de 1 km (Figura 4), a partir do contorno da aglomeração urbana principal de cada uma das cidades, como método complementar. Estes procedimentos encontram-se descritos mais pormenorizadamente em Pereira et al., (2005).

Figura 5: Buffer a partir da mancha urbana principal



Fonte: Autor.

As isolinhas, em azul, representa o limite da mancha urbana principal para fins de análises estatísticas de urbanização dispersa em São José dos Campos. À esquerda, encontra-se o limite do município, com a área urbana e os núcleos dispersos em vermelho. À direita, observa-se as respectivas distâncias em km a partir do limite da mancha, em cor azul marinho, e os núcleos dispersos com suas respectivas cores atribuídas de acordo com a predominância de sua área em função da distância.

Esses círculos concêntricos além de buffers gerados a partir dos limites da aglomeração urbana principal foram utilizados nas análises de métricas fractais, para se avaliar a eventual mudança de comportamento das mesmas em função do maior ou menor distanciamento dos núcleos urbanos dispersos em relação à aglomeração principal.

Com base em círculos concêntricos e buffers gerados a partir dos limites da aglomeração urbana principal, classificaram-se os núcleos de dispersão em função de sua posição em relação ao perímetro da aglomeração urbana principal, utilizando-se como critério a predominância da área do núcleo em uma dada faixa de distância. Por exemplo, se um determinado núcleo disperso apresentar 60% de sua área na faixa de distância de 4 km, 25% na faixa de 5 km, e 15% na faixa de 6 km, então o núcleo será classificado como pertencente à faixa de distância de 4 km.

Com vistas à análise da progressividade da extensão, complexidade e agregação espacial dos núcleos de dispersão em função do seu maior ou menor distanciamento em relação à aglomeração principal, foram utilizados respectivamente a “Área ou Tamanho Médio da Mancha”, o “Índice de Dimensão Fractal” e o “Índice de Agregação”, gerados por classe de distância e coletivamente para os núcleos pertencentes a uma mesma faixa.

As análises morfológicas da urbanização dispersam foram conduzidas com base em mapas temáticos originados a partir da classificação de imagens de sensores aerotransportados para o ano de 1970, e de sensores orbitais (LS5-TM) para os anos de 1984, 1991 e 2000, como apresentado anteriormente.

No ambiente SPRING, os polígonos referentes aos núcleos urbanos principais foram diferenciados, sendo associados a classes “NP” (Núcleo Principal), e os de dispersão associados a classes “ND” (Núcleo Disperso), do respectivo município. Para análises generalizadas da dispersão no Vale do Paraíba, foram gerados layers (planos de informação) em que todos os núcleos de dispersão da região foram associados a uma única classe ND, e todas as manchas urbanas principais foram indistintamente associadas à classe NP.

Este procedimento de geração de layers foi reproduzido para as quatro datas do estudo. Assim, os arquivos contendo o mapeamento dos núcleos urbanos principais e dispersos para os anos de 1970, 1984, 1991 e 2000 foram exportados em formato ASCII, os quais tiveram seus cabeçalhos removidos para serem lidos pelo programa Fragstats ®.

Para a caracterização da urbanização dispersa por intensidade de ocorrência e dimensões dos núcleos de dispersão, processaram-se os dados acima para a obtenção dos índices: “Número de Manchas” (individualmente por município e para todo o Vale do Paraíba), “Raio de Rotação” (por município) e “Área ou Tamanho Médio da Mancha” (por município), cujas saídas numéricas foram convertidas para planilhas em Excel, de forma a serem visualizadas sob a forma de gráficos.

### **3.3 MOBILIDADE REGIONAL**

#### **3.3.1 GERAÇÃO DO ÍNDICE DE MOBILIDADE REGIONAL – IMR**

O IMR, em uma tentativa de simplificação conceitual e conseqüentemente matemática, se utiliza apenas de dois parâmetros: finalidade e frequência dos deslocamentos. Era preciso que o índice exprimisse o padrão subliminar do agente do deslocamento, reconhecendo que algumas finalidades implicam maior sofisticação que outras, e sobretudo, que a maior frequência do deslocamento era indicativa de um maior poder de mobilidade.

A análise de padrões de mobilidade regional em associação com padrões socioeconômicos através do uso de redes neurais não-supervisionadas (SOM). Para tanto, foi necessário que toda a informação levantada sobre o perfil dos deslocamentos fosse condensada em único número. Neste sentido, foi concebido o “Índice de Mobilidade Regional – IMR”, calculado de forma agregada para cada setor censitário, uma vez que os próprios dados socioeconômicos utilizados nesta pesquisa são os produzidos pelo IBGE por setor censitário.

O IMR foi desenvolvido seguindo uma tabela de frequência e finalidades de deslocamento.

Tabela 1: Finalidade do descolamento

<i>FINALIDADE DO DESLOCAMENTO</i>	<i>VALOR CORRESPONDENTE</i>
<i>Estudo</i>	4
<i>Trabalho</i>	4
<i>Comércio</i>	5
<i>Serviços</i>	4,5
<i>Lazer/Recreação</i>	3
<i>Veraneio (Segunda Residência)</i>	2
<i>Ausência de Deslocamento</i>	0

Fonte: INPE, 2006.

Tabela 2: Frequência do descolamento

<i>FREQÜÊNCIA DO DESLOCAMENTO</i>	<i>VALOR CORRESPONDENTE</i>
<i>Diária ou Pendular</i>	100
<i>Até 3 vezes por semana</i>	80
<i>Semanal em Dia Útil</i>	70
<i>Semanal em Fim-de-Semana</i>	50
<i>Quinzenal</i>	35
<i>Mensal</i>	25
<i>Bimestral</i>	15
<i>Outros</i>	10
<i>Ausência de Deslocamento</i>	1

Fonte: INPE, 2006.

### 3.3.2 IDENTIFICAÇÃO DE CLUSTERS DO IMR E DADOS SOCIOECONOMICOS

Os clusters do IMR e dos dados socioeconômicos foram identificados a partir da seleção de 11 variáveis obtidas a partir do censo do IBGE 2000 para São José dos Campos, como apresentado na Tabela 3.

Tabela 3: Variáveis socioeconômicas simples e agregadas para a análise de *clusters*.

<b>COMBINAÇÃO DE VARIÁVEIS ISOLADAS</b>	<b>VARIÁVEL AGREGADA CORRESPONDENTE</b>
<i>(Rendimento mensal de mulheres chefes de família) / (Nº de mulheres chefes de família*)</i>	<i>Renda Média Mensal de Mulheres Chefes de Família</i>
<i>(Rendimento mensal de homens chefes de família) / (Nº de homens chefes de família*)</i>	<i>Renda Média Mensal de Homens Chefes de Família</i>
<i>(Rendimento mensal de chefes de família) / (Nº de chefes de família*)</i>	<i>Renda Média Mensal de Moradores no Setor</i>
<i>(Nº de chefes de família com rendimento até 0,5 SM**) / (Nº de chefes de família*)</i>	<i>Percentual de Chefes de Família com Renda Média Mensal até 0,5 SM</i>
<i>(Nº de chefes de família com rendimento de 0,5 a 1 SM**) / (Nº de chefes de família*)</i>	<i>Percentual de Chefes de Família com Renda Média Mensal de 0,5 a 1 SM</i>
<i>(Nº de chefes de família com rendimento de 1 a 2 SM**) / (Nº de chefes de família*)</i>	<i>Percentual de Chefes de Família com Renda Média Mensal de 1 a 2 SM</i>
<i>(Nº de chefes de família com rendimento &gt; 20 SM**) / (Nº de chefes de família*)</i>	<i>Percentual de Chefes de Família com Renda Média Mensal &gt; 20 SM</i>
<i>(Nº de chefes de família sem rendimento) / (Nº de chefes de família*)</i>	<i>Percentual de Chefes de Família sem Rendimento</i>
<i>(Nº de chefes de família sem instrução ou com menos de 1 ano de estudo) / (Nº de chefes de família*)</i>	<i>Percentual de Chefes de Família sem Instrução ou com Menos de Um Ano de Estudo</i>
<i>(Nº de chefes de família com 17 anos de estudo ou mais) / (Nº de chefes de família*)</i>	<i>Percentual de Chefes de Família com Dezessete Anos de Estudo ou Mais</i>

\* com e sem rendimento.

\*\* SM = salário mínimo.

Fonte: INPE, 2006.

Essas variáveis, juntamente com o IMR, foram normalizadas através da subtração de cada índice da média geral (obtida em relação aos 729 setores censitários) e da subsequente divisão pelo respectivo desvio padrão.

Dessa forma, o software SOMPAK foi alimentado com as 11 variáveis em formato texto. Inicialmente, foi solicitado ao programa que produzisse um resultado preliminar, agrupando os mais de 700 setores censitários de São José dos Campos em 25 clusters ou neurônios de acordo com afinidades em termos de padrões socioeconômicos e de mobilidade regional.

Esses neurônios foram reagrupados visualmente, de modo a se obter apenas seis grandes grupos ou clusters de setores censitários. O reagrupamento obedeceu a critérios de proximidade (ou similaridade) entre os neurônios, correspondente a tons de cinza mais claros. Após esse reagrupamento, por meio da identificação dos neurônios por códigos de coluna-linha e de rotinas no programa Excel, os seis grupos finais foram mapeados no aplicativo TerraView7 sobre o mapa de setores censitários de São José enquanto “classes de padrões socioeconômicos e de mobilidade regional”.

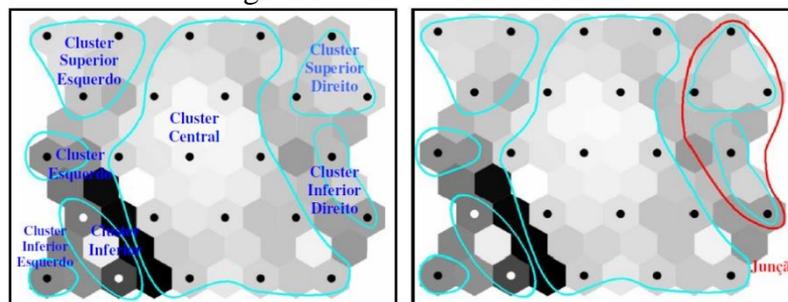
Também para a análise foi utilizado o software R para melhor visualização e validação da escolha dos valores de *clusters* para a análise.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 ANÁLISE DO IMR ATRAVÉS DO ALGORÍTMO SOM

O processamento dos dados socioeconômicos e de mobilidade regional através do algoritmo SOM no ambiente SOMPAK produziu como saída uma matriz com 25 neurônios. A reclassificação destes neurônios em seis grupos não foi imediata. A princípio, delinear-se sete grupos e foi verificado que haveria três possíveis junções entre o cluster central, o superior direito e o inferior direito (Figura 6).

Figura 6: Matriz de saída SOM.

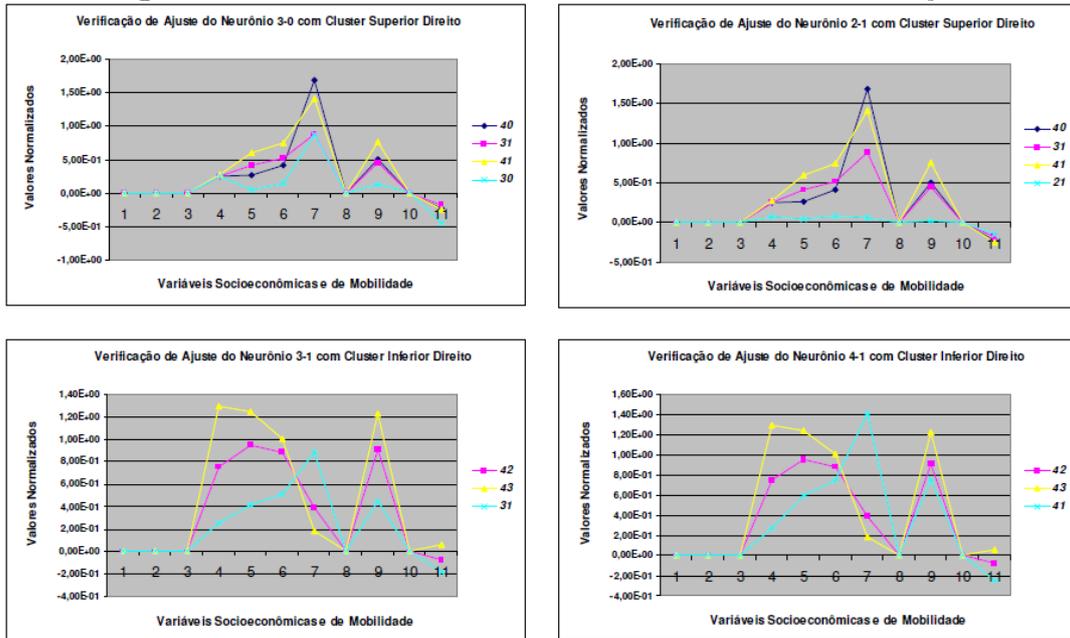


Fonte: Autor.

Uma das possibilidades (cluster central e cluster inferior direito) foi descartada inicialmente, visto que os hexágonos de fronteira entre esses dois agrupamentos possuíam tons de cinza demasiado escuros. Assim sendo, para se escolher entre (i) a junção do cluster central com o superior direito, ou (ii) a junção do cluster superior direito com o inferior direito, recorreu-se a uma análise de gráficos, nos quais se plotaram o comportamento da média de cada neurônio do cluster considerado em relação à média de cada um dos neurônios de fronteira do cluster a ser agregado.

A Figura 7 apresenta quatro desses gráficos, e indica que a junção mais conflituosa seria entre o cluster superior direito e o neurônio 2-1 (coluna-linha), visto que a curva referente à média deste neurônio, em cor azul claro, para as onze variáveis utilizadas apresenta um comportamento por demais anômalo em relação às demais curvas. Em vista disso, a solução foi a junção entre o cluster superior direito e o inferior direito.

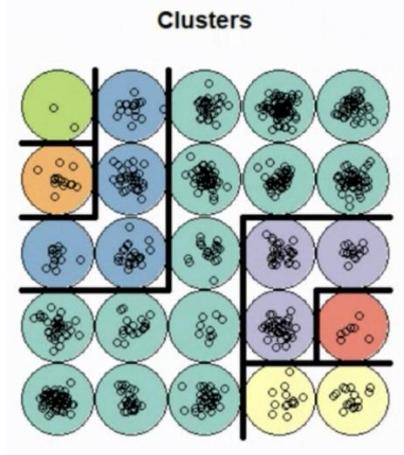
Figura 7: Gráficos de análises de *clusters* com neurônios fronteiros.



Fonte: Autor.

O software R Studio permitiu uma melhor visualização da divisão dos clusters. A Figura 8 apresenta o conflito dos clusters na subdivisão 7.

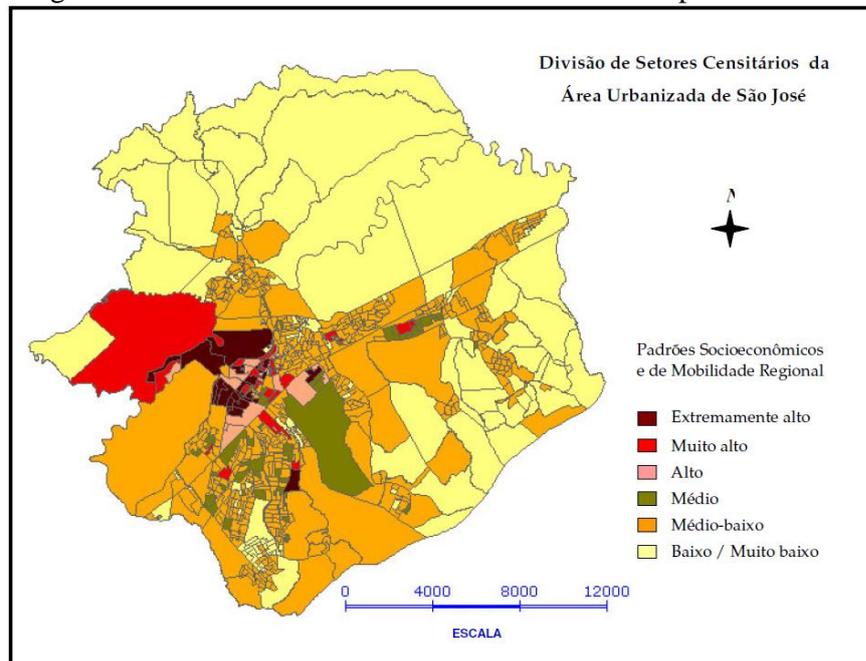
Figura 8: Subdivisão dos clusters com conflito.



Fonte: Autor.

A espacialização destes seis grupos no mapa de setores censitários de São José dos Campos, feita através do aplicativo TerraView, como apresentado na Figura 9.

Figura 9: Espacialização das classes de padrão socioeconômico e de mobilidade regional nos setores censitários de São José dos Campos.



Fonte: Autor.

A cor amarelo-clara, referente ao padrão muito baixo ou baixo, corresponde aos bairros periféricos e zonas rurais do município, incluindo bairros como o Campo dos Alemães, a Chácara Araújo, Sol Nascente, entre outros, bem como as favelas do Banhado e da margem direita da Dutra, sentido São Paulo – Rio.

As áreas relativas ao padrão médio-baixo, em tom laranja, se referem aos bairros também periféricos de classe média-baixa, tais como Santana e Alto da Ponte ao norte; Vila Industrial, Jardim Diamante e Novo Horizonte à leste; Jardim Portugal, Jardim Madeira e Jardim Estoril ao sul; e Jardim das Indústrias e Jd. Por do Sol a oeste.

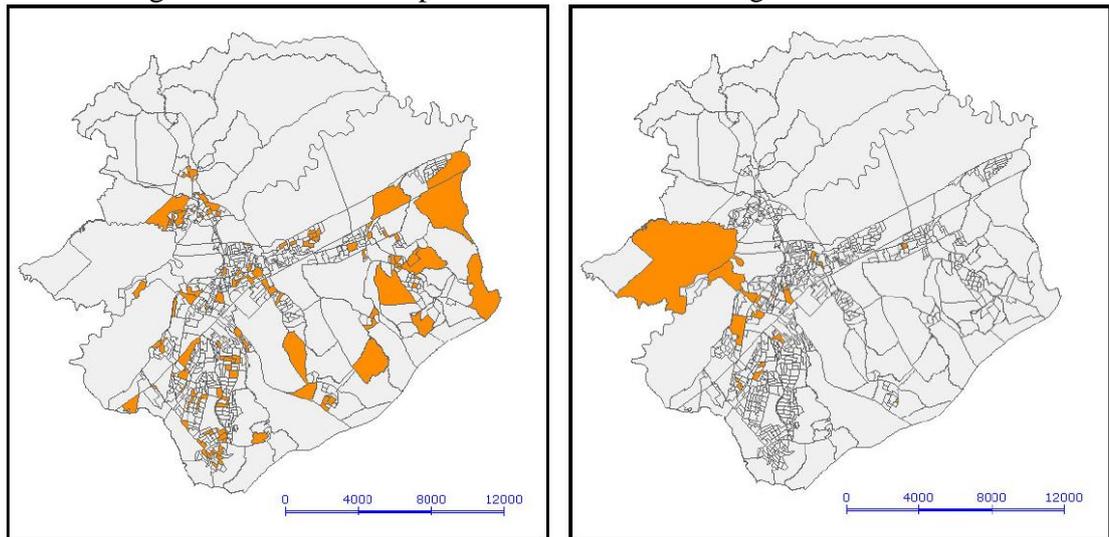
O padrão alto, em cor salmon, abrange setores localizados em bairros como Aquarius, Jardim Esplanada, Jardim Nova América, bem como setores da ala residencial de oficiais do CTA. A cor vermelha, referente ao padrão muito alto, corresponde a setores como o Condomínio Floresta, os Condomínios Urbanova I, III a VII, Condomínio Residencial Planalto, além de setores localizados nos bairros Floradas de São José, Jardim Residencial (vizinho ao Condomínio Quinta das Flores), Anchieta-Esplanada, Jardim Oswaldo Cruz entre outros.

Por fim, o padrão extremamente alto, indicado com a cor marrom escuro, refere-se a setores como os Condomínios Urbanova II, Quinta das Flores, Chácara dos Eucaliptos, Esplanada do Sol, Bosque Imperial, Altos do Esplanada, Parque Residencial

Aquarius, o bairro Serimbura, partes do Jd. Esplanada II, do Jd. Apolo I e II e da Vila Adyana, além da ala residencial de brigadeiros do CTA.

Foram conduzidas consultas espaciais no TerraView, a fim de se verificar os setores censitários geradores de deslocamentos regionais específicos, indicativos de padrões socioeconômicos (Figura 10).

Figura 10: Consultas espaciais de deslocamento regional.



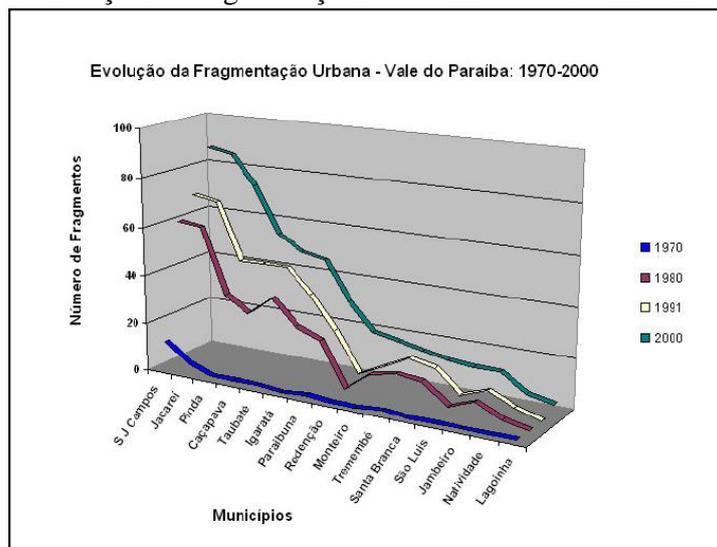
Fonte: Autor.

Na consulta espacial referente aos deslocamentos para o sul de Minas, grande parte dos setores geradores (em cor laranja) correspondem quase que exclusivamente aos setores com padrão baixo/muito baixo e médio-baixo. Por sua vez, os deslocamentos a São Paulo referem-se majoritariamente aos setores com padrão médio, alto, muito alto e extremamente alto.

#### **4.2 ANÁLISE DA MORFOLOGIA DA URBANIZAÇÃO DISPERSA ATRAVÉS DE MÉTRICAS FRACTAIS**

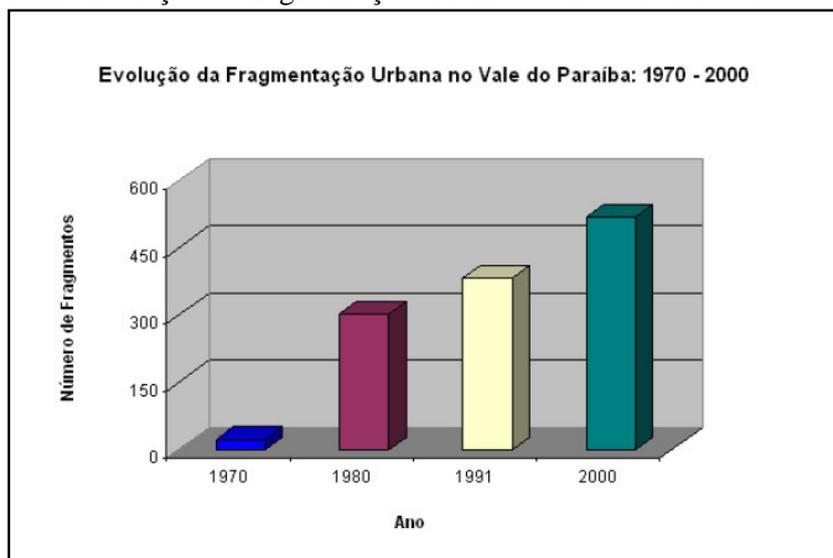
A análise morfológica da dispersão urbana indicou a crescente fragmentação do tecido urbano ou aumento de núcleos dispersos (“Number of Patches”) nas quatro últimas décadas, principalmente nas maiores cidades do Vale do Paraíba (Figura 11), como São José, Jacareí e Taubaté, e de forma geral no Vale propriamente dito (Figura 12).

Figura 11: Evolução da fragmentação urbana – cidades do Vale: 1970 - 2000.



Fonte: Autor.

Figura 12: Evolução da fragmentação urbana – Vale do Paraíba: 1970 - 2000.



Fonte: Autor.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho objetivou descrever e analisar quantitativamente os fenômenos correlatos de mobilidade inter e intra-regional e urbanização dispersa, baseando-se em formulações e postulados teóricos acerca destes fenômenos encontrados na literatura científica no âmbito de urbanismo.

A metodologia se utilizou de ferramentas técnico e metodológico aportado pelo Sensoriamento Remoto e pela Geoinformação.

A análise espacial da mobilidade regional juntamente com indicadores de renda e educacionais foi realizada através do algoritmo de mapas auto-organizáveis, que se constitui em uma modalidade de redes neurais não-supervisionadas, e apresentou um resultado a contento, revelando padrões coerentes de mobilidade e socioeconômicos da cidade de São José dos Campos.

Por sua vez, a análise da dispersão urbana concentrou-se não apenas em São José, como também nas principais cidades do Vale do Paraíba, uma vez que o próprio estudo da mobilidade transcende o nível do município de São José. Como se dispunha de um 90 banco de dados para os anos de 1970, 1980, 1991 e 2000, ampliou-se a escala temporal da análise para este intervalo de quatro décadas, uma vez que o fenômeno da urbanização dispersa pressupõe a crescente fragmentação do tecido urbano ao longo do tempo.

Sugere-se a realização de um trabalho mais recente para avaliar a mobilidade inter e intra-regional e urbanização dispersa para comparar com o trabalho desenvolvido.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Burchell, R. W.; Shad, N. A. **The incidence of sprawl in the United States**. Washington, D.C.: National Academy Press, 1998. (TCRP Report H 10).
- Carliner, M. S. Comment on Karen A. Danielsen, Robert E. Lang, and William Fulton's "Retracting suburbia: smart growth and the future of housing", **Housing Policy Debate**, v. 10, n. 3, p. 549-553, 1999.
- Clark, W. A. V.; Kuijpers-Linde, M. Commuting in restructuring urban regions, **Urban Studies** (Special Issue: Globalisation, World Cities and the Randstad), v. 31, n. 3, p. 465-484, Apr. 1994.
- Easterbrook, G. Comment on Karen A. Danielsen, Robert E. Lang, and William Fulton's "Retracting suburbia: smart growth and the future of housing", **Housing Policy Debate**, v. 10, n. 3, p. 541-547, 1999.
- El Nasser, H. **New 'cities' springing up around many U.S. airports**. 2003. Disponível em < <http://www.usatoday.com/travel/news/2003/09/25-airport-cities.htm>>. Acessado em 29/04/2021.
- Fischer, M. M.; Abrahart, R. J. Neurocomputing – tools for geographers. In: Openshaw, S.; Abrahart, R. J. ed. **GeoComputation**. New York: Taylor & Francis, 2000. p. 187-217.
- Forman, R. T. T.; Godron, M. **Landscape Ecology**. New York: John Wiley & Sons, 1986. 619 p.
- Haykin, S. S. **Neurais networks: a comprehensive foundation**. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 1999. 842p.
- Hodge, D. C. Urban congestion: reshaping urban life, **Urban Geography**, v. 13, p. 577-588, 1992.

Mandelbrot, B. B. **The Fractal Geometry of Nature**. New York: W.H. Freeman, 1982. 480p.

Mutzabaugh, B. **Secondary airports become a first choice**. 2003. Disponível em <<http://www.usatoday.com/travel/bonus/2003-09-17-secondary.htm>>. Acessado em 29/05/2021.

Reis, N. G. **Notas sobre urbanização dispersa e novas formas de tecido urbano**. São Paulo: Via das Artes, 2006. 201p.

Troll, C. Luftbildplan und ökologische Bodenforschung, **Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin**, v. 7, n. 8, p. 241-298, 1939.

Urban Land Institute (ULI). **Will the "aerotropolis" replace the metropolis?** Disponível em <<http://www.uli.org/AM/Template.cfm?Section=Home&CONTENTID=21387&TEMPLATE=/CM/ContentDisplay.cfm>>. Acessado em 29/04/2021.

Zonneveld, I. S. **Land evaluation and land(scape) science**. Use of Aerial Photographs in Geography and Geomorphology. Enschede, Holanda: ITC, 1972. (ITC Textbook of Photo-Interpretation, v. VII).